

Edisi November 2011

SUARA BUKIT KOTOTABANG



BMKG

Redaksi

Email

stgaw.kototabang@bmg.go.id

Website

<http://gawkototabang.wordpress.com>

Telp/Fax

(0752)7446089; (0752)7446449

SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab

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

Editor

Dra. Nurhayati, M.Sc.
Dr. Edvin Aldrian, B.Eng, M.Sc.
DR. Ir. Dodo Gunawan, DEA
DR. Wandono
Dr. Hamdi Rivai

Redaktur

Sugeng Nugroho, M.Si

Redaktur Pelaksana

Agusta Kurniawan, M.Si.
Alberth Cristian Nahas, S.Si.
Carles Siregar, ST.
Yosfi Andri, ST.

Design Layout

Asep Firman Ilahi, Ah MG.
Aulia Rinadi, Ah. MG.

Sekretariat

Irwin. A
Darmadi, AMd.
Yosi Juwita, AMd.

Kontak Redaksi

STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

Jln. Raya Bukittinggi-Medan Km.17, Palupuh, Kab. Agam, Prop. Sumatera Barat

Surat : PO BOX 11 Bukittinggi 26100

Telp\Fax : 0752-7446449, 0752-7446089

Email : stagaw.kototabang@bmgk.go.id

Website : <http://gawkototabang.wordpress.com/>

COVER STORY



Salah satu jembatan rel kereta api di Padang Panjang, Sumatera Barat, dipadukan dengan bukit yang kaya dengan pepohonan sebagai latar belakang dipilih sebagai sampul majalah Suara Bukit Kototabang edisi Desember 2011.

koleksi Foto :
Agusta Kurniawan, 2011



KATA PENGANTAR

Pertama-tama, kami sebagai redaksi majalah Suara Bukit Kototabang mengucapkan syukur ke hadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang dapat menerbitkan majalah Suara Bukit Kototabang Edisi Desember 2011.

Berkaitan dengan banyak kejadian bencana alam yang terjadi di dunia ini, khususnya di Indonesia, bencana banjir, gempa bumi, angin ribut, kenaikan aktivitas gunung berapi, Redaksi turut mengucapkan duka yang sedalam-dalamnya kepada segenap masyarakat khususnya yang tertimpa musibah, semoga diberi kekuatan atas cobaan yang menimpanya.

Pada edisi kali ini, majalah dibagi menjadi empat bagian utama, yaitu bagian pertama : *Science & Tech* berisi tentang ilmu pengetahuan dan teknologi, bagian kedua *GAW On The Spot* berisi tentang berbagai aktivitas terpilih di stasiun GAW Bukit Kototabang, bagian ketiga *News* berisi tentang kunjungan-kunjungan ke Stasiun GAW oleh berbagai instansi baik dari BMKG maupun instansi lain pada periode Juli hingga November 2011, dan bagian terakhir *Miscellaneous* mengulas tentang hal-hal lain yang belum tercakup pada ketiga bagian sebelumnya.

Redaksi juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang berperan secara langsung dan tidak langsung dalam menyukseskan pembuatan dan penerbitan majalah ini. Semoga tulisan dalam majalah ini dapat bermanfaat bagi semua pembacanya.

Bukit Kototabang, November 2011

Redaksi Suara Bukit Kototabang

DAFTAR ISI

Cover
Susunan Redaksi
Kata Pengantar
Daftar Isi

I. *Science & Tech*

- I.1 PERUBAHAN IKLIM DAN UPAYA MITIGASI MELALUI CDM (Clean Development Mechanism) -(Asep Firman Ilahi)
- I.2 PENTINGNYA PENGUKURAN KONSENTRASI GAS RUMAH KACA (Alberth Christian nahas)
- I.3 HUBUNGAN PERKEMBANGAN KOTA DENGAN TINGKAT KENYAMANAN TERMAL DI KOTA PEKAN BARU PERIODE TAHUN 1982-2002 (Sugeng Nugroho)
- I.4 TEKNOLOGI REMOTE SENSING UNTUK PENGAMATAN CURAH HUJAN DI WILAYAH SUMATERA BARAT (Sugeng Nugroho)

II. *GAW On The Spot*

- II.1 KUNJUNGAN DEPUTI KLIMATOLOGI (Dr. WIDADA SULISTYA) KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG-(Agusta Kurniawan)
- II.2 KUNJUNGAN DARI STASIUN TV KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG-(Agusta Kurniawan)
- II.3 AUDIT SISTEM DAN KINERJA STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG OLEH EMPA (Laboratorium Pemerintah Swiss Untuk Pengujian Material dan Penelitian) - (Agusta Kurniawan)
- II.4 3rd ASIAN GAW WORKSHOP ON GREENHOUSE GASES DI SEOUL KOREA -(Asep Firman Ilahi dan Agusta Kurniawan)

III. *News*

- III.1 PENGUCAPAN SUMPAH/JANJI PEGAWAI NEGERI SIPIL (PNS) DI LINGKUNGAN BALAI BESAR METEOROLOGI, KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA WILAYAH I DI HOTEL PANGERAN BEACH-PADANG -(Agusta Kurniawan)
- III.2 KUNJUNGAN TIM PUSARPEDAL KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG UNTUK SURVEI PENGUKURAN GRK(GAS RUMAH KACA) DI SUMATERA BARAT-(Agusta Kurniawan)
- III.3 PRAKTEK KERJA LAPANGAN (PKL) MAHASISWA UNIVERSITAS NEGERI PADANG (UNP) DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG-(Agusta Kurniawan)
- III.4 PEMASANGAN INTERNET MENGGUNAKAN VSAT IP DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG-(Agusta Kurniawan)
- III.5 PERAWATAN DAN PERBAIKAN ARWS_GSMSYS OLEH TEKNISI PUSAT INSTRUMENTASI REKAYASA DAN KALIBRASI BMKG DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG-(Agusta Kurniawan)

IV. *Miscellaneous*

- IV.1 MAHASISWI JURUSAN FISIKA UNIVERSITAS ANDALAS (UNAND) MERAKIT SENDIRI PROTOTYPE ALAT PENGUKUR GAS KARBON MONOKSIDA (CO) DAN MEMBANDINGKANNYA DENGAN INSTRUMEN DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG-(Agusta Kurniawan)

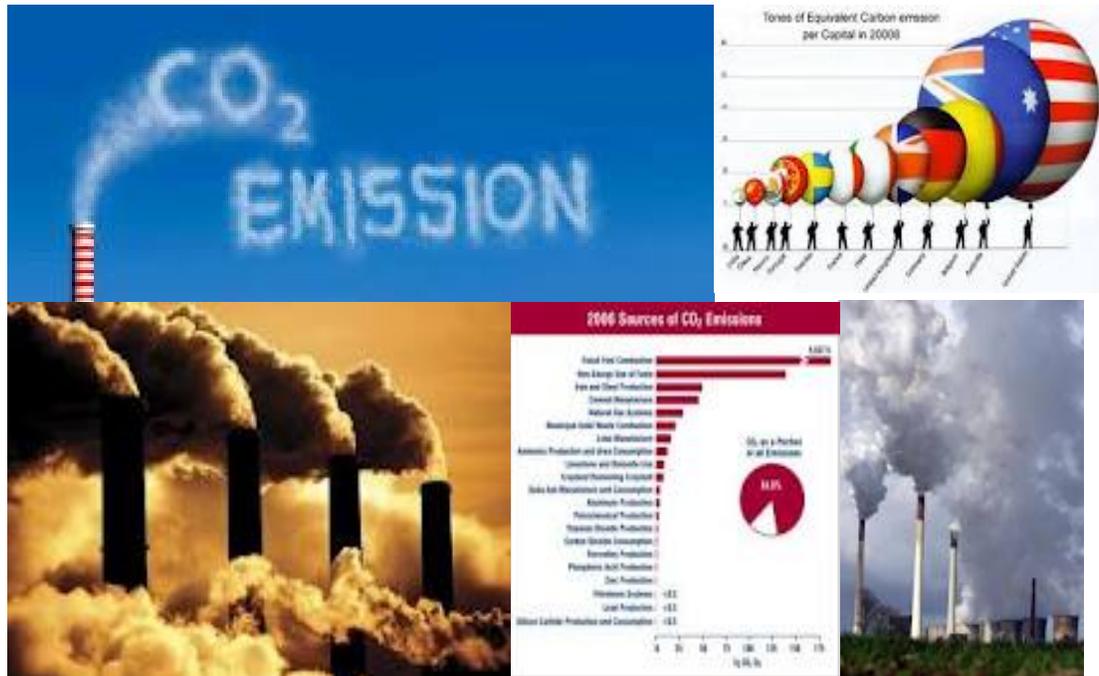
PERUBAHAN IKLIM DAN UPAYA MITIGASI MELALUI CDM (Clean Development Mechanism)

Asep Firman Ilahi

Asep.Firman@bmgk.go.id

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang

Perubahan Iklim



Gambar 1. Emisi dan sumber gas CO₂

Perubahan iklim merupakan topik yang hangat diperbincangkan oleh para pakar di seluruh dunia. Salah satu issue pemanasan global, adalah meningkatnya permukaan laut sekitar 0,32 – 0,49 m hingga akhir abad ini. 0,2 – 0,37 m dari peningkatan ini adalah merupakan ekspansi panas dari air laut itu, sedangkan keseluruhannya merupakan dari air segar yang meleleh dari es glasier.

Peningkatan permukaan air laut akan terus bertambah sampai akhir abad ke-21, karena perubahan panas yang mencapai kedalaman laut sangat lambat. Setelah 500 tahun peningkatan permukaan air laut akan mencapai setengah dari ekstensi maksimumnya, yang mana berhubungan 0,5:2 m untuk perubahan CO₂ dan 1:4 m terhadap penambahan CO₂.

Gunung es akan menghilang dalam waktu 200 – 300 tahun. Bentangan es Greenland akan meleleh sempurna apabila kenaikan temperatur 3 K dan peningkatan permukaan laut 7 mm /tahun dalam jangka waktu 1000 tahun.

Sesuai dengan temuan terakhir, tidak seperti pada abad ke-21, bahwa cakupan es antartika barat yang bersebalahan dengan lantai samudera dapat naik akibat pemanasan dan hasilnya dalam kenaikan permukaan laut sekitar 4 – 5 m. Kontribusinya terhadap kenaikan permukaan laut diperkirakan kurang dari 3 mm/tahun. Sementara itu, pelelehan sempurna cakupan es antartika timur setidaknya 15 juta tahun dan akan meningkatkan permukaan laut sekitar 60 m akan memerlukan kenaikan temperatur sekitar 20 K dan waktu beberapa ribu tahun.

Perubahan iklim yang tidak diharapkan ini tidak dapat diatur dalam sebuah siklus iklim yang telah berubah oleh aktifitas antropogenik. Sejarah perubahan iklim di bumi menunjukkan bahwa perubahannya bukan hanya pada masa es saja, tetapi juga selama masa interglasier jangka pendek (beberapa tahun) telah terjadi osilasi temperatur. Masih dalam spekulasi yang tinggi untuk membuat suatu prakiraan seberapa cepat untuk mencapai kondisi "stabil" dari perubahan kedalam kondisi stabil yang lainnya.

Keseimbangan Radiasi

Iklim di bumi ditentukan oleh keseimbangan radiasi antara sebagian energi matahari yang diserap bumi / atmosfer dan radiasi yang dipancarkan oleh sistem atmosfer sesuai dengan temperaturnya. Dengan asumsi tersebut, seluruh energi matahari yang diserap oleh bumi / atmosfer dipancarkan sempurna (keseimbangan radiasi). Temperatur keseimbangan radiasi dari planet seperti bumi dapat ditentukan dengan :

$$T_{Planet} = \left[\frac{1-A}{4} \cdot \left(\frac{R_{matahari}^2}{R} \right)^{0.25} \right] T_{matahari} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana

- A = Albedo dari planet
 $R_{matahari}$ = Radius matahari sebesar $6,953 \cdot 10^8$ m
 R = Rata-rata jarak antara matahari dengan planet ($R_{bumi} = 1,495 \cdot 10^{11}$ m)
 $T_{matahari}$ = Temperatur efektif matahari.

Dari persamaan diatas dapat ditentukan temperatur keseimbangan radiasi bumi sebesar -19 °C, suhu rata-rata di permukaan bumi biasanya 15 °C, walaupun pengukuran terkini menunjukkan temperatur 14 °C ($15,6$ °C di belahan bumi utara dan $13,4$ °C di belahan bumi selatan, JONES, et. al. 1999).

Perbedaan antara temperatur keseimbangan radiasi dan temperatur riil di permukaan sekitar 33 K disebabkan karena efek gas rumah kaca di atmosfer.

Perubahan Keseimbangan

Keseimbangan radiasi artinya energi matahari yang diserap oleh bumi/atmosfer sama dengan energi yang dipancarkan :

$$E_{matahari} \cdot (a - A) = I \cdot \sigma \cdot T_{bumi}^4 \dots\dots\dots(2)$$

Dengan $A = 0,31$ Albedo dari bumi /atmosfer (termasuk awan), $I = 0,61$ emisi rata-rata radiasi gelombang panjang dari bumi / atmosfer, $\sigma = 5,67051 \cdot 10^{-8}$ $Wm^{-2}K^{-4}$ konstanta Stefan Boltzman dan T_{bumi} [K] = temperatur rata-rata permukaan bumi.

Turunan dari logaritma dari persamaan di atas :

$$dE_{matahari} = \frac{dl}{I} + \frac{A}{1-A} \cdot \frac{dA}{A} + 4 \frac{dT_{bumi}}{T_{bumi}} \dots\dots\dots(3)$$

Artinya temperatur permukaan bumi dengan rata-rata 15 °C, penurunan pada radiasi gelombang panjang yang ter-emisi dari bumi/atmosfer $\pm 1\%$ disebabkan kenaikan efek gas rumah kaca akan meningkatkan kenaikan sebesar $0,7$ K.

Perubahan temperatur yang sama akan dihasilkan dari kenaikan emisi sinar matahari 1% . Peningkatan Albedo 1% yang disebabkan peningkatan cakupan awan akan menghasilkan temperatur rata-rata permukaan bumi sebesar $0,3$ K. Sayangnya, sistem iklim sangat kompleks, lagipula model iklim digunakan dalam sistem interaksi permukaan – atmosfer – samudera.

Sistem Iklim

Perbedaan konstanta waktu dan interaksi pada komponen sistem iklim, akan menghasilkan variasi non-linear dan quasi-periodik internal dari sistem iklim. Perubahan dari satu komponen pada sistem dapat diperbaharui (diperkuat, diperlemah, ditunda atau dipercepat) oleh komponen iklim yang lain dari sistem, seperti efek asli dimodulasi dan dihasilkan perbedaan sesuai fungsi waktu dan tempat.

Perubahan iklim di troposfer dipengaruhi oleh perubahan bajet energi radiasi bumi / permukaan. Perubahan dari total bajet radiasi (gelombang pendek dan gelombang panjang) pada tropopaus dinamakan **Radiative Forcing (RF)**, dimana dapat ditentukan sebagai **fluks radian per unit area (Wm^{-2})**. Radiative Forcing dapat positif atau negatif, nilai **positif** menandakan **permukaan permukaan memanas**, sementara nilai **negatif** menandakan **permukaan mendingin**.

Dengan menggunakan Model Radiative Transfer, Radiative Forcing dapat ditentukan oleh perubahan komponen iklim, seperti kandungan struktur atmosfer, perubahan konsentrasi Gas Rumah Kaca, serta hasil perubahan temperatur permukaan setelah stratosfer mencapai nilai keseimbangan radiasi. Radiative Forcing merupakan perubahan ΔE dalam Wm^{-2} dapat ditransfer kedalam bentuk perubahan temperatur permukaan:

$$\Delta T = \Psi \cdot \Delta E \dots\dots\dots(.4)$$

dengan Ψ = parameter sensitif iklim ($KW^{-1}m^{-2}$), ΔE = rata-rata Radiative Forcing Global (Wm^{-2}), dengan catatan pendekatan global ini tidak dapat diaplikasikan pada efek regional atau lokal.

Komponen Sistem Iklim

- GEOSFER (Radiasi Ekstraterestrial, parameter orbital, tektonik permukaan, vulkanologi, komet dan asteroid)
- SAMUDERA (71% cakupannya, kapasitas panas dan konstanta waktu, sumber dan sistem sebaran panas yang disebabkan sirkulasi, salinitas dan kedalaman, sumber dan sebaran gas-gas, evaporasi dari H_2O).
- CRYOSFER (Cakupan 11% permukaan daratan seperti cakupan es di lautan, sungai, danau, gumpalan es, area cakupan salju, glasier dengan ketinggian 80 m dan konstanta waktu yang panjang).
- BIOSFER (Sumber dan sebaran gas-gas, aerosol, Albedo permukaan, manusia).
- ATMOSFER (Konstanta waktu yang pendek, awan dan aerosol, serapan gas-gas, kilat (thunderstorm), raksi fotokimia gas-gas, sirkulasi fluks panas laten dan panas terasa/sensibel).

Clean Development Mechanism (CDM)

Beberapa tahun setelah Konvensi Perubahan Iklim (UNFCCC) ditanda-tangani pada tahun 1992, upaya nyata pengurangan emisi gas rumah kaca (GHGs), sebagai akibat aktivitas manusia belum dapat ditunjukkan. Oleh karena itu pada *Conference of the Parties (COP)-3* tahun 1997 di Kyoto dicetuskanlah suatu protokol yang menawarkan *flexibility mechanism*, yang memungkinkan negara-negara industri memenuhi kewajiban pengurangan emisi GHGs-nya melalui kerjasama dengan negara lain baik berupa investasi dalam *emission reduction project* maupun *carbon trading*. Di bawah Kyoto Protocol, negara-negara industri diharuskan menurunkan emisi GHGs minimal 5% dari tingkat emisi tahun 1990, selama tahun 2008-2012. *Clean Development Mechanism (CDM)* telah dicantumkan dalam Protokol Kyoto Artikel 12 kepada *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)* dimana merupakan salah satu sarana penyedia fleksibilitas ke negara maju dalam komitmen pengurangan gas rumah kaca negara mereka di bawah Protokol Kyoto. CDM menawarkan *win-win solution* antara negara maju dengan negara berkembang dalam rangka pengurangan emisi gas rumah kaca (GHGs), dimana negara maju menanamkan modalnya di negara berkembang dalam proyek-proyek yang dapat menghasilkan pengurangan emisi Gas Rumah Kaca, dengan imbalan CER (*Certified Emission Reductions*), satu CER sama dengan 1 metrik ton CO_2 .

Menurut Protokol Kyoto/UNFCCC, tujuan CDM adalah membantu negara maju/industri memenuhi sebagian kewajibannya menurunkan emisi GHGs; dan membantu negara berkembang dalam upaya menuju pembangunan berkelanjutan dan kontribusi terhadap pencapaian tujuan Konvensi Perubahan Iklim (UNFCCC). Pengurangan Emisi dari proyek CDM harus mengakibatkan "manfaat riil, jangka panjang dan terukur" dan harus memberikan sifat tambahan. Manfaat bagi negara maju yang lebih sederhana adalah memenuhi sebagian

komitmennya untuk menurunkan GHGs dengan biaya jauh lebih murah bila dilakukan di negara sendiri. Negara berkembang (pada periode komitmen I : 2008-2012) belum diwajibkan menurunkan emisi GHGs.

CDM adalah salah satu dari tiga “mekanisme fleksibilitas” yang dibentuk Protokol Kyoto dalam kerangka upaya untuk penurunan keseluruhan biaya (target emisi) dengan mempertimbangkan akses peluang penghematan biaya dalam mengurangi emisi di negara-negara lain. Perunding Protokol dengan negara maju setuju dalam upaya mencari dan mendisain suatu sistem yang memenuhi mekanisme itu ‘yang menjanjikan keefektifan biaya’ selagi merujuk pada hak kekayaan dan integritas lingkungan.

Agar negara maju (dalam lampiran UNFCCC) mengambil bagian mekanisme fleksibilitas, mereka harus telah mensahkan Protokol Kyoto; mereka harus telah menghitung jumlah pengurangan emisi yang disebutkan; mereka harus mempunyai suatu inventarisasi Gas Rumah Kaca dan suatu pencatatan nasional; serta mereka harus melaporkan tiap tahun informasi terkait kepada Sekretariat UNFCCC. Untuk negara berkembang diharapkan dapat mengambil bagian dengan menjadi tuan rumah proyek CDM, mereka harus menunjuk suatu Otoritas Nasional (Designated National Authority/DNA) untuk mengatur aktivitas proyek CDM di negaranya.

Bagaimana cara kerjanya?

Di tingkat internasional, CDM diawasi oleh suatu Dewan Eksekutif yang menyetujui (dengan metodologi yang diakui) dalam penghitungan pengurangan emisi, memelihara pencatatan proyek, pengeluaran CERS, dan memproses pengakuan Designated Operational Entities (DOEs). DOEs baik badan hukum domestik maupun organisasi internasional yang mengesahkan usulan aktivitas proyek CDM, memverifikasi pengurangan emisi dari aktivitas proyek CDM dan meminta Dewan Eksekutif untuk mengeluarkan CERS. 2% retribusi dari CERS akan digunakan untuk membantu aktivitas adaptasi keuangan di negara berkembang termasuk meliputi biaya administratif.

Di tingkat negara, masing-masing tuan rumah (Designated National Authority /DNA) bertanggung jawab untuk menyetujui proyek yang diusulkan dan memastikan bahwa mereka berperan dalam pengembangan berkelanjutan negaranya. Sekarang ini tidak ada batasan banyaknya proyek yang dapat menjadi tuan rumah oleh suatu negara.

Di tingkat proyek, masing-masing proyek yang disampaikan harus meliputi dokumen disain proyek (project design document /PDD) yang menggunakan metodologi untuk menghitung pengurangan emisi potensial yang telah disetujui oleh Dewan Eksekutif CDM. Lebih 120 metodologi telah disetujui sampai saat ini untuk berbagai tipe proyek. Ada pengelompokan metodologi terpisah untuk proyek terkombinasi, proyek reboisasi juga proyek skala kecil.

Proyek CDM dapat diberikan CER bila pengurangan emisi :

- a. Real (emisi GHGs proyek CDM < *baseline*),
- b. *Measurable* (tingkat emisi GHGs proyek CDM dan *baseline* dapat ditentukan dengan tingkat akurasi tertentu).
- c. *Long-term benefit* (pengurangan emisi GHGs berlangsung terus menerus sepanjang jangka waktu proyek, dan

Memberikan kontribusi terhadap *sustainable development* di negara berkembang.

Bagaimana mekanisme pendanaan CDM

1. Bilateral : antar Pemerintah, antar swasta (dengan persetujuan Pemerintah), dan antara Pemerintah dengan swasta.
2. Multilateral : *pool* dana dari negara industri (Pemerintah atau swasta) pada 'Lembaga Independen' dan lembaga ini menyalurkan dana untuk proyek CDM.
3. Unilateral : *host country* melaksanakan proyek pengurangan emisi GHGs dengan biaya sendiri, yang dapat dipasarkan melalui pasar bebas.

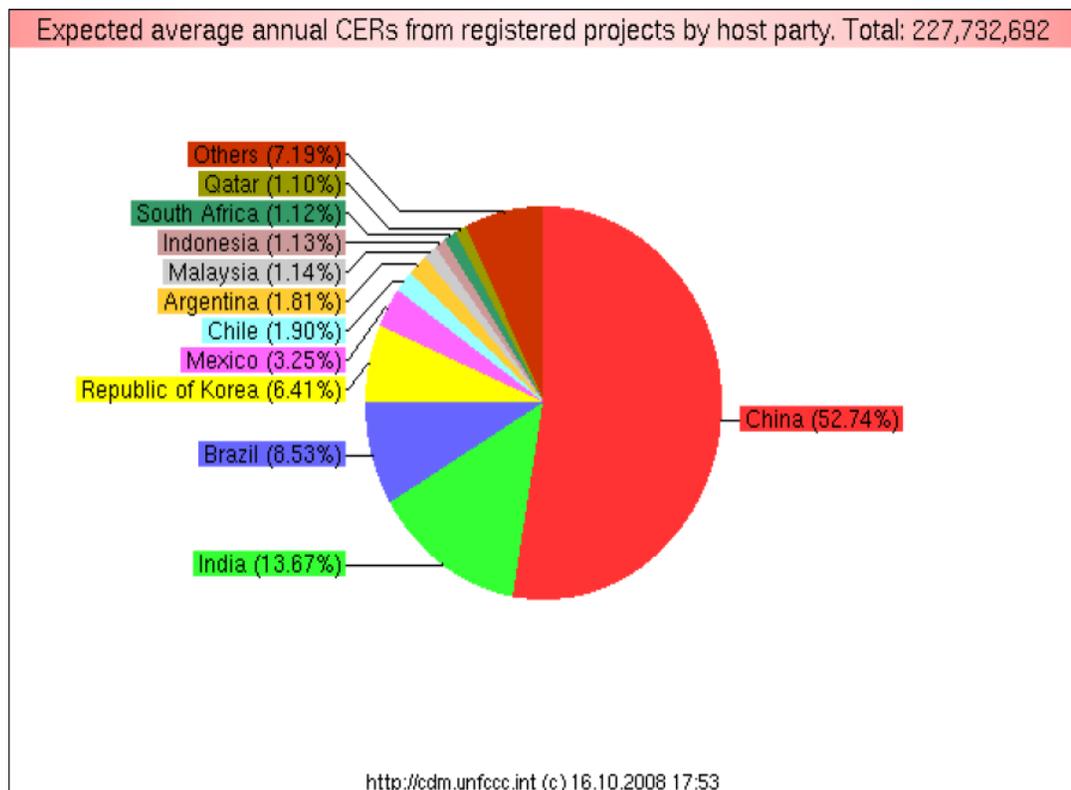
Berapa banyak proyek sudah menciptakan CER dan berapa harga yang mereka jual?

Sekarang ini ada lebih 3000 proyek CDM (belum semua disetujui) yang sepadan pengurangan total 2.7 milyar ton CO₂ sebelum 2012. Total 1184 proyek CDM telah dicatat (yang disetujui) sampai dengan 17 Oktober 2008, 39 proyek diantaranya merupakan proyek lima tahun yang lalu. Proyek ini akan menghadirkan total 1.3 milyar CERS pada akhir periode komitmen pertama Kyoto Protocol (2012). Sampai saat ini, bagaimanapun, lebih 750 juta CER telah dikeluarkan oleh Dewan Eksekutif CDM. Sekretariat UNFCCC memelihara pencatatan CER online: <http://cdm.unfccc.int/Issuance/IssuanceCERs.html>.

Negara-Negara yang mana sedang menjadi tuan rumah proyek CDM? Mengapa?

Persyaratan proyek CDM antara lain atas dasar suka rela (antar Pemerintah, antar swasta, dan antara Pemerintah dengan swasta); Disetujui oleh Pemerintah masing-masing; Memenuhi kriteria *additionality, real, measurable, long-term benefit*, dengan penjelasan seperti berikut : Pengertian *additional* dapat diterangkan dengan membandingkan terhadap *baseline* (keadaan tanpa proyek CDM). *Additionality* dapat ditinjau dari aspek pengurangan emisi GHGs, investasi, sumber dana, teknologi, dan regulasi.

Mayoritas proyek CDM dikembangkan di Asia dan Pacific (64% total CERS) yang diikuti oleh Negara-Negara Amerika Latin (32% total CERS). China sendiri menghadirkan 52% total CERS, yang diikuti oleh India 14%, dan Brazil dengan 9%. Seluruh sedikit proyek dikembangkan Afrika, Asia Tengah atau Timur Tengah.



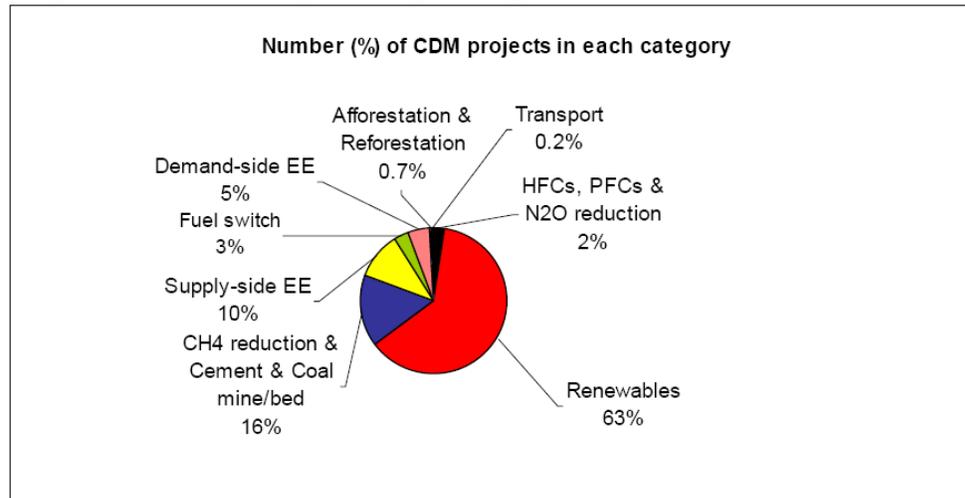
Gambar 2. Rata-rata CER yang dikeluarkan untuk proyek CDM pada beberapa negara tuan rumah CDM.

Alasan mengapa hanya segelintir negara-negara lokasi mayoritas proyek CDM bertalian dengan biaya yang harus ditanggung oleh pengembang proyek dalam melakukan suatu proyek CDM. Biaya ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk resiko pengiriman yang berhubungan dengan negara penyelenggara (mencakup keuangan proyek dan resiko operasional), ketersediaan tenaga ahli di negara penyelenggara (sebagai contoh DOEs), dan resiko yang berhubungan dengan dampak sosial yang lebih luas. Sampai taraf tertentu,

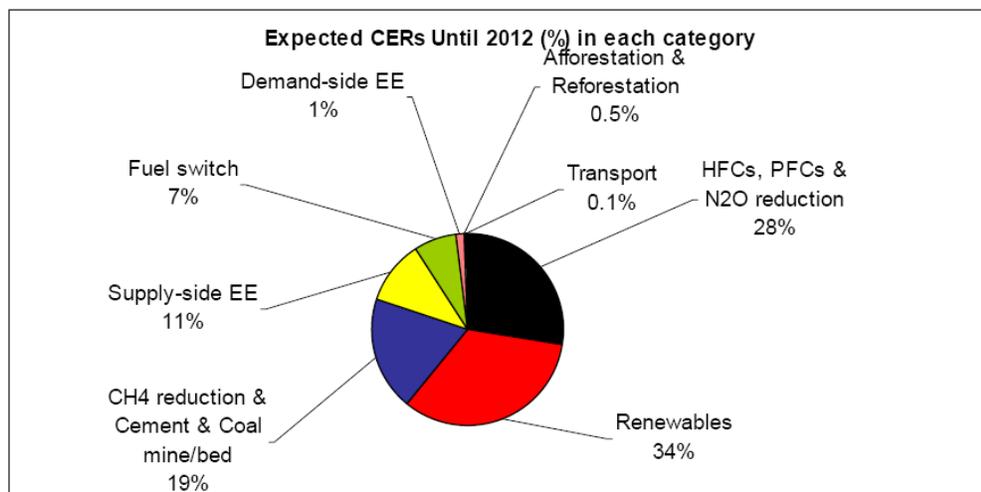
semakin berpengalaman suatu negara menjadi tuan rumah proyek CDM, akan memberikan akses lebih mudah untuk pengembang berikutnya.

Proyek jenis apa yang dikembangkan?

Yaitu jenis proyek yang mendukung sejumlah besar pengurangan Gas Rumah Kaca, jumlah proyek dapat diperbaharui (di tahun 2006 jumlah proyek pemusnahan gas HFC merupakan jumlah pengurangan GRK yang paling besar). Walaupun ada banyak proyek efisiensi energi dan energi dapat diperbaharui, proyek ini menghasilkan sedikit pengurangan keseluruhan dibanding penambahan gas (oleh karena relatif rendahnya dampak iklim yang berhubungan dengan gas rumah kaca lain diperbandingkan CO₂).



Gambar 3. Persentasi proyek CDM dalam beberapa kategori. Sektor sumber daya energi terbarukan memiliki peringkat paling besar dalam proyek CDM yang diikuti oleh pengurangan emisi CH₄, Semen dan Batubara.



Gambar 4. Persentasi jumlah CER yang diharapkan hingga tahun 2012 sesuai dengan sektornya.

CDM Sebagai Salah Satu Sumber Pendanaan Alternatif Bagi Pembangunan Kehutanan Dan Perkebunan Di Indonesia

Manfaat CDM bagi Indonesia merupakan peluang memperoleh dana luar negeri untuk mendukung program-program prioritas, penciptaan lapangan kerja dengan adanya investasi baru. Di sektor Kehutanan (sebagaimana dilansir Kementerian Kehutanan), CDM dapat diarahkan untuk mendukung :

1. Pembangunan hutan tanaman pada lahan hutan yang rusak,
2. Rehabilitasi areal bekas kebakaran,
3. Rehabilitasi hutan mangrove dan hutan gambut,

4. Agroforestry,
5. Penerapan RIL (*Reduced Impact Logging*),
6. Peningkatan permudaan alam,
7. Perlindungan terhadap *forest reserve* yang rawan perambahan,
8. Perlindungan terhadap hutan yang rawan kebakaran dan perambahan.

Adapun manfaat tidak langsung yang dapat dipetik Indonesia dapat berupa *Technology transfer*, *capacity building*, peningkatan kualitas lingkungan, serta peningkatan daya saing.

Dari sisi kepentingan nasional, CDM tidak menguntungkan apabila negara industri menggunakan dana ODA (*Official Development Assistance*). Sesuai dengan Agenda 21 UNCED (Komisi Ekonomi dan Pembangunan PBB), sumber dana kemitraan global menuju '*sustainable development*' adalah diluar ODA/*Official Development Assistance* (*new & additional* terhadap ODA *funding*). Tetapi dalam kenyataannya jumlah pemberian dana ODA semakin menurun sejak awal tahun 1990-an, yang kemungkinan dialihkan untuk membiayai komitmen lainnya, misal ke *Global Environment Facility* (GEF) untuk membiayai komitmen dibawah CCC (Konvensi Perubahan Iklim), CBD (Konvensi Keanekaragaman Hayati), CCD (Konvensi Penanggulangan Desertifikasi). Pengalihan dan ODA ke GEF untuk membiayai komitmen negara industri dibawah konvensi-konvensi diatas sebenarnya sudah menyalahi komitmen yang telah dibuat negara-negara industri sebelumnya yang dipertegas pada UNCED tahun 1992 tentang alokasi 0,7% dari GNP-nya untuk '*ODA funding*'. Sedangkan penggunaan '*ODA funding*' untuk membiayai CDM oleh negara maju merupakan pengalihan beban yang seharusnya tidak dipikul oleh negara berkembang (Kementerian Kehutanan).

Apakah Indonesia wajib mengikuti CDM

CDM adalah peluang investasi modal asing, jadi tidak ada kewajiban bagi Indonesia untuk mengikuti. Kewajiban Indonesia dalam hal ini bukan dalam konteks CDM tetapi kewajiban sebagai peratifikasi UNFCCC: berkewajiban memberikan laporan nasional secara periodik tentang hasil inventarisasi gas rumah kaca (sektor energi dan non-energi), serta upaya yang telah dilakukan dalam rangka menekan dampak negatif perubahan iklim. Sedangkan sebagai negara non-annex I (negara berkembang), Indonesia belum diwajibkan untuk menurunkan emisi gas rumah kacanya, dan berhak untuk mendapatkan bantuan dana (misal melalui GEF dll) untuk *capacity building* dan *technology transfer* dalam rangka menekan dampak negatif perubahan iklim.

Penutup

Perubahan iklim akibat mata rantai dari pemanasan global dan kenaikan gas rumah kaca saat ini sedang berlangsung di semesta ini. Efek dan dampak yang diakibatkan telah menyentuh seluruh sektor kehidupan masyarakat di planet ini. Upaya mitigasi dan pencegahan terus dilakukan oleh semua negara baik negara maju / industri maupun negara berkembang.

CDM merupakan salah satu upaya pencegahan sekaligus merupakan peluang investasi di Indonesia. Namun perlu diingat bahwa hukum Kyoto Protocol masih belum mengikat negara industri untuk melaksanakan komitmennya dibawah protokol tersebut, karena jumlah negara yang meratifikasi belum memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Demikian juga masalah metodologi, aturan, dan prosedur CDM. Dalam menyongsong era *carbon trading* melalui CDM, koordinasi antar pihak terkait sangat diperlukan, misal antara Dephutbun dengan Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, para pakar, instansi dan departemen terkait lainnya. Hal ini diperlukan baik dalam rangka penyiapan posisi Indonesia pada pertemuan-pertemuan negara para pihak (*Conference of the Parties*) mendatang; penyiapan institusi CDM di tingkat nasional; dan untuk keperluan *sharing* data dan informasi. Dan seiring dengan berlakunya desentralisasi, untuk keperluan implementasinya diperlukan koordinasi dengan Pemerintah Daerah dan *stakeholders* lain di daerah.

Disarikan dari beberapa sumber diantaranya :

- a. Feister, U.: Solar radiation in the climate system, aspect of integral and spectral measurement of solar irradiance with emphasis to the UV region., *DWD Meteorologisches Observatorium Potsdam, Germany, 2001*.
- b. Kementerian Kehutanan (1999, 2011).
- c. United Nations Framework Convention on Climate Change (Konvensi Perubahan Iklim).

PENTINGNYA PENGUKURAN KONSENTRASI GAS RUMAH KACA

Alberth Christian Nahas
alberth.christian@bmkgo.go.id
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang

Matahari merupakan sumber energi terbesar yang ada di bumi. Energi radiasi matahari yang masuk mempengaruhi seluruh aktivitas di bumi. Adanya lapisan atmosfer yang menyelubungi permukaan bumi menyebabkan tidak semua energi radiasi matahari dapat mencapai permukaan bumi. Atmosfer bumi disusun oleh berbagai gas dan aerosol. Komponen utama penyusun atmosfer adalah nitrogen (N_2) dan oksigen (O_2) dengan presentasi keduanya mencapai 99% (Jacob, 1999). Meskipun memiliki jumlah yang sangat dominan, konsentrasi kedua gas ini tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap dinamika yang terjadi di atmosfer. Adalah gas-gas dengan konsentrasi yang sangat kecil seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrous oksida (N_2O), ozon (O_3), dan CFC yang memiliki peranan penting di atmosfer. Gas-gas seperti CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6 , O_3 troposferik dan CFC dikenal sebagai gas rumah kaca (GRK).

GRK merupakan gas di atmosfer yang dapat menyerap dan mengemisikan kembali radiasi gelombang panjang, serta memiliki waktu tinggal yang sangat lama di atmosfer. Gas-gas ini menyebabkan terjadinya efek rumah kaca yang dapat menahan panas sehingga membuat permukaan bumi menjadi lebih hangat (IPCC, 2007). Sejatinya, keberadaan GRK di atmosfer sangatlah vital. Tanpa keberadaan GRK, temperatur rata-rata di permukaan bumi akan turun menjadi $-19^\circ C$ yang akan menyebabkan sebagian besar makhluk hidup tidak dapat tinggal di bumi. Jenis gas rumah kaca yang terdapat di atmosfer bumi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi GRK di atmosfer bumi

Jenis Gas	Jumlah di atmosfer (2005) ^{*)}
CO_2	379
CH_4	1,774
N_2O	0,319
CFC-11	$0,251 \times 10^{-3}$
CFC-12	$0,538 \times 10^{-3}$
CFC-113	$0,079 \times 10^{-3}$
HCFC-22	$0,169 \times 10^{-3+}$
HCFC-141b	$0,018 \times 10^{-3}$
HCFC-142b	$0,015 \times 10^{-3}$
CH_3CCl_3	$0,019 \times 10^{-3}$
CCl_4	$0,093 \times 10^{-3}$
HFC-125	$0,004 \times 10^{-3}$
HFC-134a	$0,035 \times 10^{-3}$
HFC-152a	$0,004 \times 10^{-3}$
HFC-23	$0,018 \times 10^{-3}$
SF_6	$0,006 \times 10^{-3-}$
CF_4 (PFC-14)	$0,074 \times 10^{-3}$
C_2F_6 (PFC-116)	$0,003 \times 10^{-3}$

Sumber: IPCC (2007) ^{*)}dalam *part per million* (ppm)

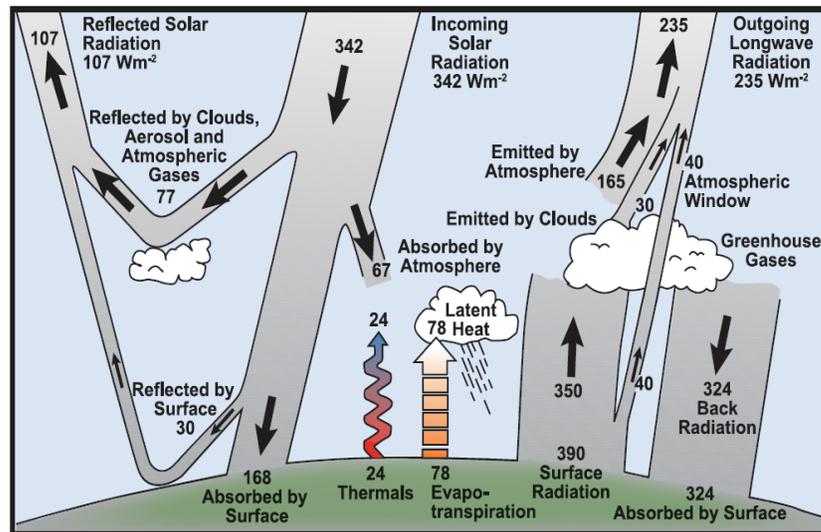
Selain gas-gas di atas, ada gas lain yang dapat diklasifikasikan sebagai GRK. Gas tersebut adalah uap air (H_2O) dan ozon troposfer. Bahkan, konsentrasi H_2O di atmosfer lebih banyak daripada CO_2 . Namun demikian, kedua gas ini tidak sepenuhnya bersifat sebagai GRK karena waktu tinggalnya tidak terlalu lama.

Bagaimana GRK dapat menyebabkan terjadinya efek rumah kaca berkaitan erat dengan sifat gas-gas tersebut yang dapat menyerap radiasi gelombang panjang atau radiasi inframerah. Inframerah memiliki panjang gelombang di antara sinar ultraviolet dan sinar tampak. Ketika radiasi inframerah melewati molekul GRK, maka akan terjadi penyerapan energi yang menyebabkan perubahan tingkat energi yang dimiliki oleh molekul tersebut. Perubahan tingkat energi ini disebut dengan keadaan tereksitasi. Akibat perubahan tingkat energi ini, molekul GRK menjadi tidak stabil. Untuk mengembalikan kestabilan molekulnya, maka gas rumah kaca akan mengemisikan kembali energi radiasi inframerah, baik ke atmosfer maupun ke permukaan

bumi. Pelepasan energi radiasi ini disertai dengan energi panas yang menyebabkan temperatur di atmosfer maupun di permukaan bumi menjadi lebih hangat.

GRK DAN PERUBAHAN IKLIM

Peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer menyebabkan terjadinya perubahan komposisi penyusun atmosfer. Hal ini juga mempengaruhi kesetimbangan energi radiasi matahari di atmosfer bumi. Efek rumah kaca yang ditimbulkan oleh keberadaan GRK menyebabkan permukaan bumi menjadi lebih hangat akibat energi panas yang tertahan di sekitar troposfer. Oleh karena itu, meningkatnya konsentrasi GRK menyebabkan terjadinya peningkatan temperatur di permukaan bumi.

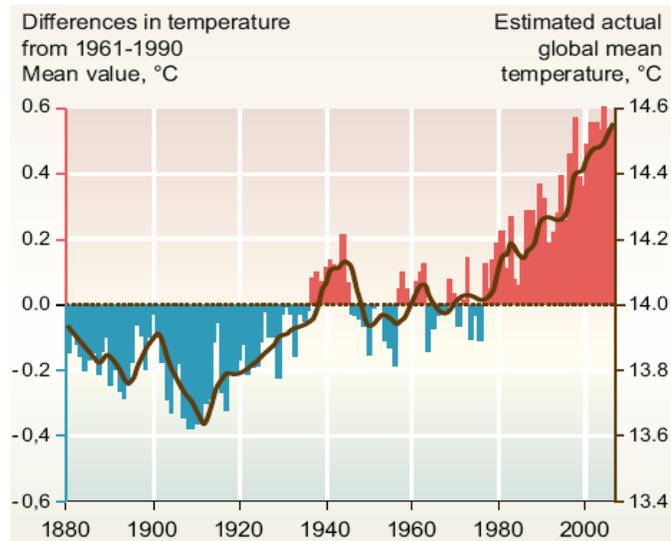


Gambar 1. Skema kesetimbangan energi radiasi yang diterima dan diemisikan oleh permukaan bumi dan atmosfer (Kiehl dan Trenberth, 1997)

Gambar 1 memperlihatkan bagaimana sistem atmosfer-permukaan bumi menjaga kesetimbangan energi radiasi yang diterima dari matahari. Pada gambar tersebut terlihat adanya bagian di atmosfer yang dapat merefleksikan, mengabsorpsi dan mengemisikan kembali energi radiasi. Dalam gambar tersebut juga terlihat bahwa keberadaan GRK di lapisan atmosfer memiliki peran yang signifikan pada kesetimbangan energi radiasi antara atmosfer dengan permukaan bumi. Hal ini ditandai oleh besarnya energi radiasi yang diemisikan balik ke permukaan bumi oleh gas-gas ini.

Problem mengenai peningkatan konsentrasi GRK mulai mendapat perhatian yang cukup serius. Pada tahun 1997, sebuah amandemen yang dikeluarkan oleh PBB untuk *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), dibuat di Kyoto. Amandemen yang kemudian dikenal dengan nama Protokol Kyoto ini memuat kebijakan yang harus diambil oleh negara-negara yang meratifikasinya supaya dapat menurunkan tingkat emisi GRK pada tingkatan tertentu sebelum tahun 2012. Ada enam GRK yang menjadi perhatian utama dalam Protokol Kyoto. Keenam gas tersebut adalah CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6 , HFC, dan PFC. Pilihan atas keenam gas ini didasari oleh peningkatan konsentrasinya yang sangat pesat dan juga akibat yang mungkin ditimbulkan.

Dampak dari peningkatan konsentrasi GRK terhadap perubahan komposisi di atmosfer terwujud dari fenomena yang dikenal dengan sebutan *global warming* atau pemanasan global. Pemanasan global terjadi karena peningkatan temperatur rata-rata di permukaan bumi. Gambar 2 memperlihatkan anomali temperatur permukaan bumi dibandingkan dengan temperatur *baseline* 1961-1990. Dari gambar tersebut terlihat bahwa sejak akhir tahun 1970an, temperatur permukaan bumi terus mengalami peningkatan.

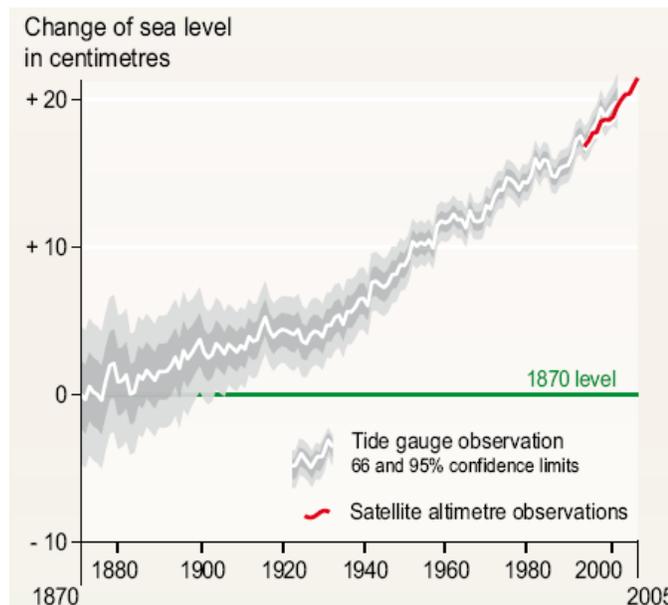


Gambar 2. Anomali temperatur rata-rata permukaan bumi dibandingkan temperatur rata-rata *baseline* 1961-1990 (Sumber: NOAA, 2008)

Peningkatan temperatur rata-rata permukaan bumi memicu serangkaian dampak yang dikenal dengan *climate change* (perubahan iklim). Perubahan iklim menyebabkan terjadinya peristiwa seperti peningkatan ketinggian muka air laut, mencairnya salju dan es, peningkatan frekuensi kejadian cuaca ekstrim, dan perubahan pada ekosistem.

Peningkatan ketinggian muka air laut

Ketinggian permukaan laut di permukaan bumi ternyata sejalan dengan terjadinya peningkatan temperatur. Data dari tahun 1961 mencatat laju peningkatan ketinggian permukaan laut mencapai 1,8 mm/tahun. Angka ini mengalami peningkatan sejak tahun 1993 menjadi 3,1 mm/tahun. Total peningkatan ketinggian permukaan laut pada abad ke-20 sebesar 17 cm lebih tinggi daripada hasil pengukuran tahun 1870 (Gambar 3).

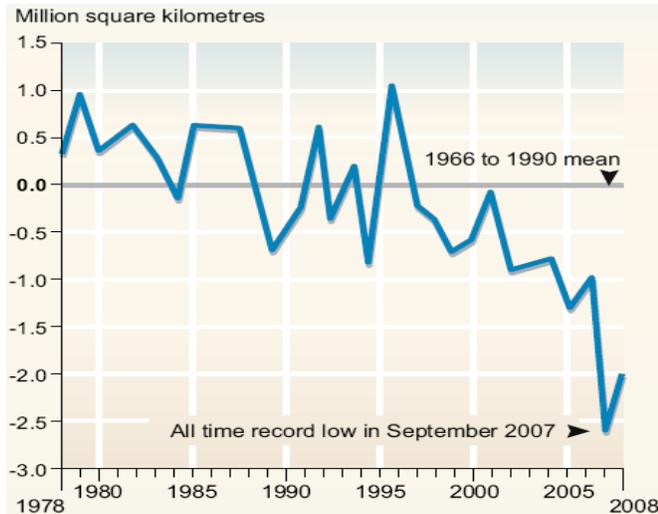


Gambar 3. Peningkatan ketinggian permukaan laut global (Sumber: GRID-Arendal, 2008)

Pencairan es dan salju

Peningkatan temperatur, terutama di daerah kutub bumi, menyebabkan terjadinya mencairnya es dan salju. Data satelit sejak tahun 1978 mencatat terjadinya penurunan luasan area es di Kutub Utara sebesar 2,7% setiap dekadanya. Selain itu, tutupan salju dan glasier di pegunungan juga mengalami penurunan di kedua belahan bumi. Kejadian ini tentu berdampak

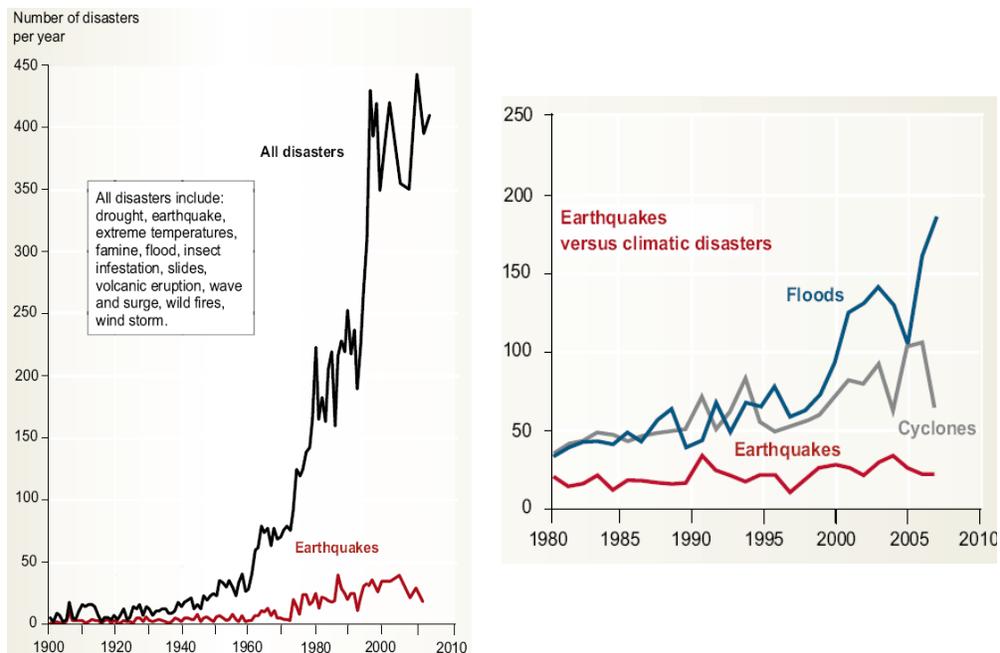
pada kehidupan di daerah tersebut. Banyak hewan endemik daerah tersebut, seperti beruang kutub dan burung penguin, ditemukan mati karena kerusakan habitat.



Gambar 4. Luasan es di belahan bumi utara (Sumber: NOAA, 2008)

Peningkatan frekuensi kejadian cuaca ekstrim

Dari tahun 1900 sampai dengan 2005, presipitasi di wilayah Amerika, Eropa bagian utara, Asia bagian tengah dan utara, mengalami peningkatan secara signifikan. Sebaliknya, daerah seperti Sahel, Afrika bagian selatan, dan beberapa daerah di Asia bagian selatan, total presipitasi mengalami penurunan. IPCC (2007) menyimpulkan bahwa wilayah-wilayah yang terkena dampak kekeringan semakin meningkat sejak dekade 1970an. Dalam 50 tahun terakhir, siang dan malam dengan temperatur yang cukup tinggi semakin sering dijumpai. Hal ini berdampak pada meningkatnya frekuensi hujan lebat dan badai.



Gambar 5. Perbandingan frekuensi gempa bumi dengan seluruh bencana alam (kiri) dan dengan kejadian banjir dan angin siklon (kanan) (Sumber: CRED, 2006, 2007)

Gambar 5 memperlihatkan perbandingan frekuensi terjadinya berbagai bencana alam. Gempa bumi mewakili jenis bencana alam yang tidak terkait dengan fenomena iklim. Kebalikannya, banjir dan angin siklon berkaitan erat dengan parameter-parameter iklim. Pada gambar sebelah kanan terlihat bahwa frekuensi gempa bumi hanya sedikit berfluktuasi, sementara itu banjir dan

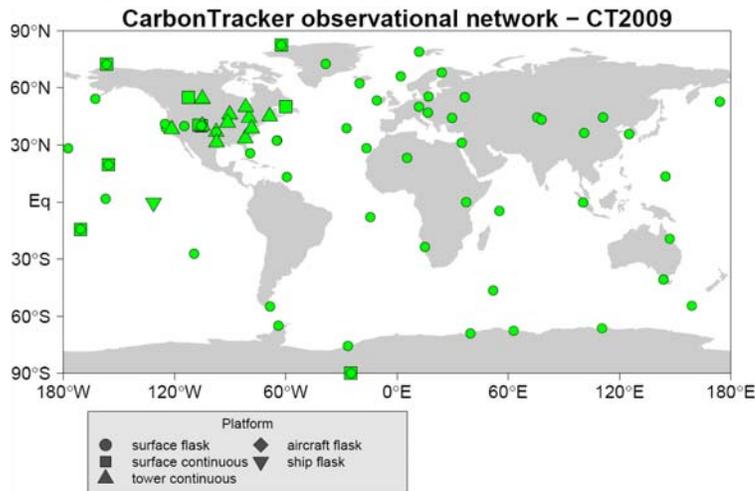
angin siklon frekuensinya terus mengalami peningkatan, terutama dalam kurun waktu 30 tahun terakhir.

PEMANTAUAN GAS RUMAH KACA

Global

World Meteorological Organization (WMO) pada tahun 1989 meluncurkan program *Global Atmosphere Watch* (GAW). Program ini diluncurkan sebagai upaya untuk memperoleh data atmosferik yang dapat dipercaya dan sistematis, termasuk di dalamnya data konsentrasi GRK. Pada tahun 1990, WMO mendirikan *World Data Centre for Greenhouse Gases* (WDCGG), di bawah komando *Japan Meteorological Agency* (JMA) di Tokyo, sebagai pusat data GAW yang bertugas untuk mengumpulkan, mengarsipkan, dan mendistribusikan data GRK dan gas terkait lainnya. Pada bulan Agustus 2002, WDCGG mengambil alih peranan *Norwegian Institute for Air Research* (NILU) sebagai pusat data ozon permukaan.

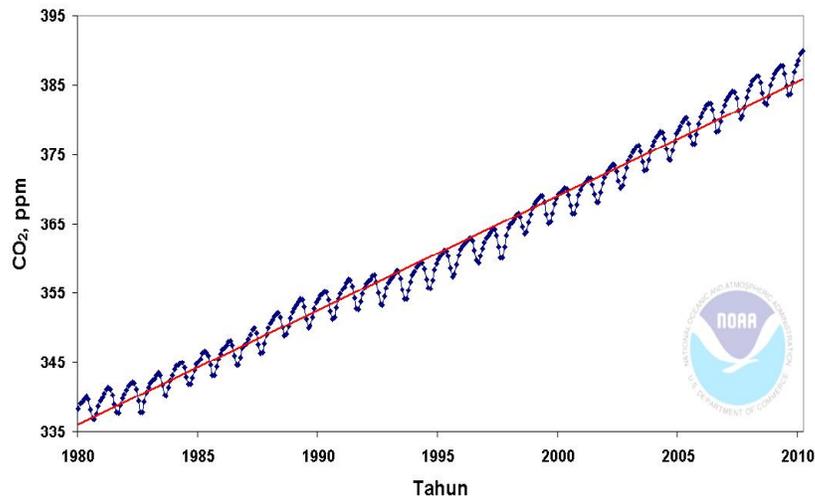
Pengukuran GRK secara global dilakukan oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) di bawah *Global Monitoring Division* (GMD). Pengukuran ini dilakukan di berbagai lokasi di bumi sehingga data yang dikumpulkan dapat merepresentasikan konsentrasi GRK di berbagai tipe lokasi dan iklim di bumi. Metode pengukuran yang dilakukan bersifat *sampling* dan *monitoring*. Pengukuran ada yang dilakukan secara *fixed site*, yang artinya pengukuran hanya dilakukan di tempat tersebut, dan ada pengukuran secara *moved site* dengan instrumen pengukur yang dibawa oleh pesawat udara atau kapal laut.



Gambar 6. Jaringan pemantauan GRK NOAA-GMD (Sumber: NOAA, 2009)

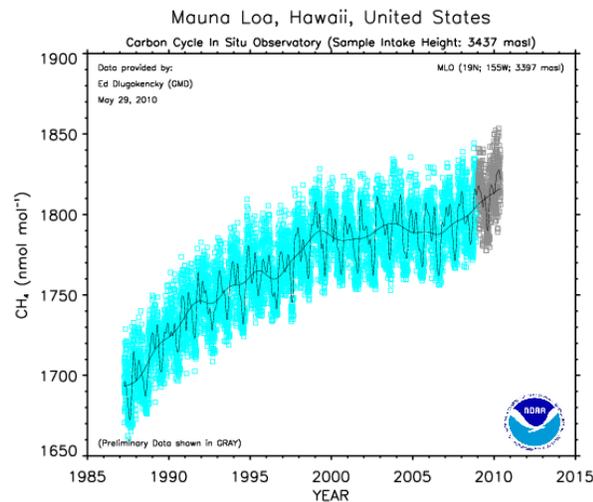
Tren Konsentrasi GRK Global

Tren konsentrasi CO_2 secara global diperlihatkan oleh Gambar 7. Dari gambar tersebut terlihat bahwa dari tahun 1980, konsentrasi CO_2 terus mengalami peningkatan. CO_2 merupakan jenis GRK yang paling banyak mendapat perhatian karena jumlahnya yang relatif lebih banyak dibandingkan dengan GRK lainnya. Selain itu, peningkatan konsentrasi CO_2 dikaitkan dengan aktivitas antropogenik yang mengacu pada



Gambar 7. Tren Konsentrasi GRK Global (Sumber: NOAA, 2010)

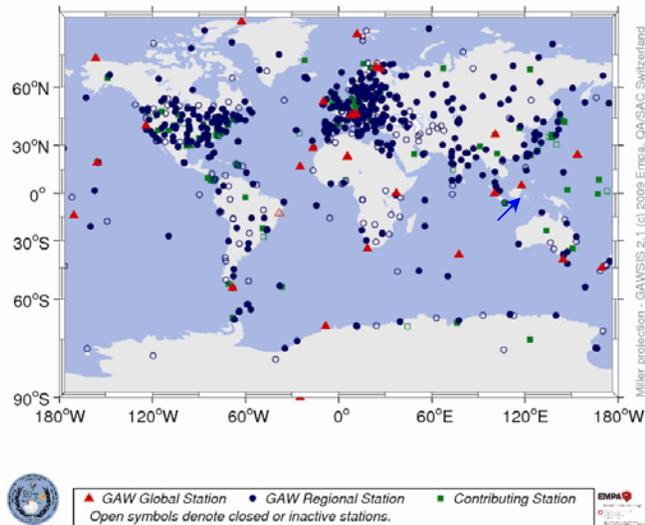
Konsentrasi GRK lainnya pada umumnya mengalami peningkatan meskipun dengan laju peningkatan yang tidak sama. Akan tetapi, khusus untuk CH_4 , konsentrasinya cenderung stabil, terutama sejak dekade 1990an. Hal ini dikarenakan, berkurangnya sumber emisi CH_4 dari sektor industri dan area lahan basah. Namun, sejak tahun 2007, konsentrasi CH_4 kembali mengalami tren peningkatan.



Gambar 8. Tren konsentrasi CH_4 di Mauna Loa, Amerika Serikat (Sumber: NOAA)

Indonesia (Bukit Kototabang)

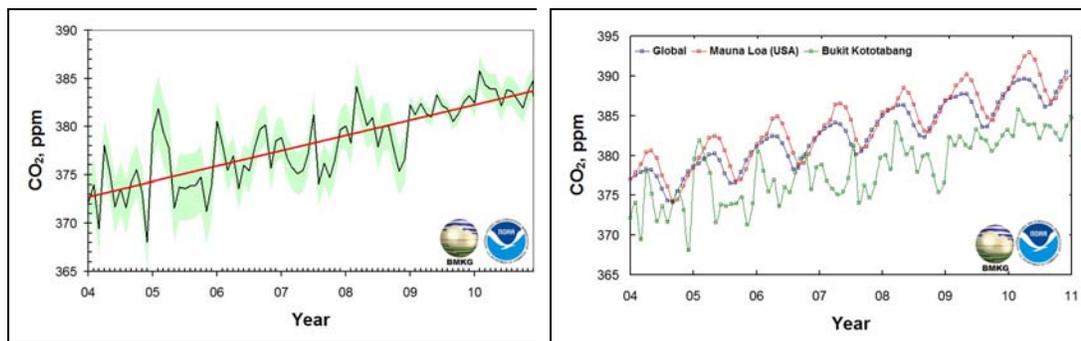
Pengukuran konsentrasi GRK di Indonesia salah satunya dilakukan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang. Stasiun ini terletak pada lokasi yang jauh dari pemukiman dan aktivitas manusia agar udara yang diukur benar-benar alami sehingga dapat dijadikan referensi udara bersih baik dalam lingkup nasional maupun internasional. Secara geografis Stasiun GAW Bukit Kototabang terletak pada $100,32^\circ\text{BT}$, $0,20^\circ\text{LS}$ dan pada ketinggian 864.5 meter di atas permukaan laut. Daerah sekitar stasiun merupakan kawasan hutan hujan tropis yang rapat dimana tajuk diantara pepohonannya bertaut. Lokasi stasiun berada sekitar 3 kilometer dari lokasi pemukiman penduduk. Stasiun ini merupakan bagian dari jaringan stasiun GAW yang ada di seluruh dunia (Gambar 9). Pengukuran konsentrasi GRK di Bukit Kototabang merupakan pengukuran yang dilakukan secara kontinu dan memiliki rentang data terpanjang di Indonesia. Selain itu, sebagai bagian dari jaringan pemantauan GRK NOAA-GMD, data hasil pengukuran di Bukit Kototabang dapat dibandingkan dengan data hasil pengukuran di tempat lain.



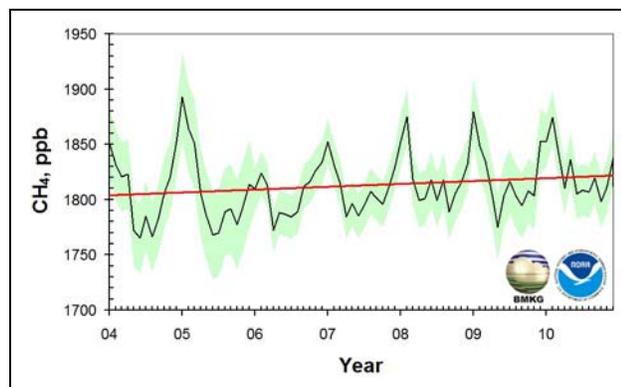
Gambar 9. Jaringan Stasiun GAW di seluruh dunia (panah biru = Bukit Kototabang)

Tren Konsentrasi GRK Bukit Kototabang

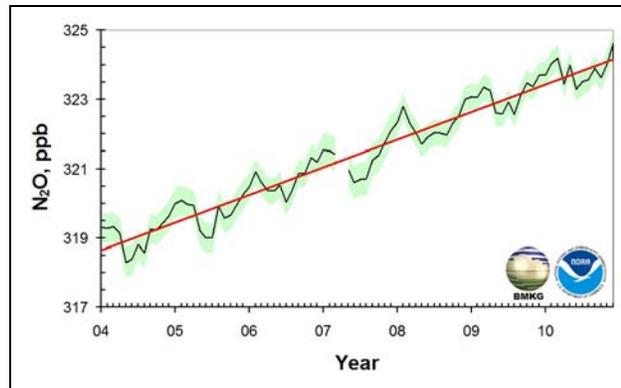
Pengukuran konsentrasi GRK di Bukit Kototabang dilakukan terhadap empat jenis GRK, yaitu CO_2 , CH_4 , N_2O , dan SF_6 . Tren Konsentrasi CO_2 diperlihatkan pada Gambar 10. Dari gambar tersebut terlihat bahwa konsentrasi CO_2 di Bukit Kototabang juga mengalami peningkatan. Hal ini sama dengan yang terjadi pada konsentrasi CO_2 global. Kesamaan tren ini dapat terjadi karena GRK bersifat sebagai *well-mixed gas*, yaitu gas yang dapat tercampur dengan baik di atmosfer, sehingga pola tren konsentrasinya di semua tempat di bumi hampir seragam.



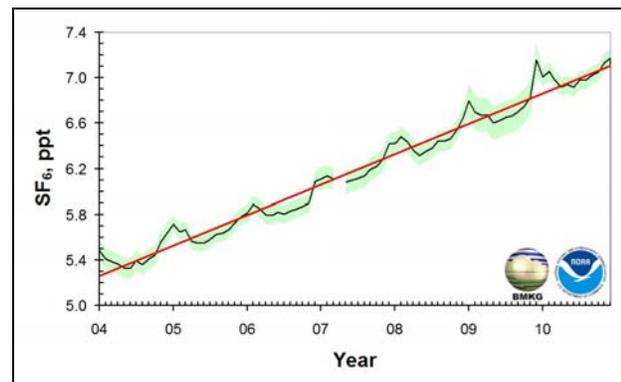
Gambar 10. Tren konsentrasi CO_2 di Bukit Kototabang dan perbandingannya dengan rata-rata global dan Mauna Loa periode 2004-2010.



Gambar 11. Tren konsentrasi CH_4 di Bukit Kototabang.



Gambar 12. Tren konsentrasi N_2O di Bukit Kototabang.



Gambar 13. Tren konsentrasi SF_6 di Bukit Kototabang.

PROGRAM PENGUKURAN KONSENTRASI GRK DI BUKIT KOTOTABANG

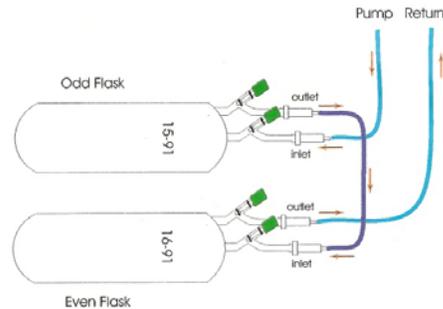
Pengukuran konsentrasi GRK di Bukit Kototabang dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *sampling* dan *monitoring*. Metode *sampling* dilakukan dengan mengambil udara ambien dari ketinggian ± 32 m. Hal ini dimaksudkan untuk meminimalkan pengaruh dari permukaan. Instrumen yang digunakan adalah *Airkit Flask Sampler* (Gambar 14). Udara ambien dari inlet dimasukkan ke dalam dua buah tabung gelas 2,5 L. Udara yang dimasukkan ke dalam tabung tersebut sebelumnya dihilangkan terlebih dulu kandungan uap airnya sehingga udara tersebut menjadi kering.



Gambar 14. *Airkit Flask Sampler*

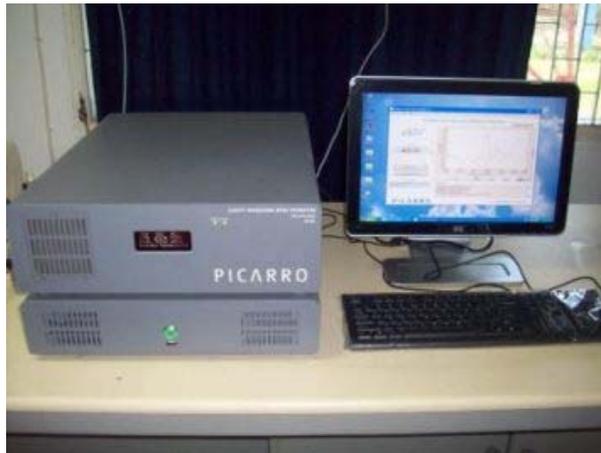
Cara kerja instrumen ini adalah dengan menyusun tabung gelas seperti pada Gambar 17, kemudian instrumen dinyalakan. Dalam waktu ± 8 menit, udara ambien dari luar dikompaksi ke dalam tabung pada tekanan 3 psig. Setelah selesai, kedua tabung tersebut dikemas ke dalam kotak yang kemudian dikirim ke Boulder, Amerika Serikat untuk dianalisis lebih lanjut. Untuk analisis CO_2 dilakukan dengan menggunakan metode *Non-Dispersive Infra Red* (NDIR),

sedangkan untuk gas lainnya digunakan *Gas Chromatography*. Hasil analisis dari udara ambient dikirimkan kembali ke Bukit Kototabang berupa data GRK dan beberapa gas lainnya.



Gambar 15. Susunan *Airkit Flask Sampler*

Namun demikian, sejak awal 2011, kegiatan ini dihentikan sementara. Untuk saat ini, pemantauan GRK di Bukit Kototabang dilakukan dengan menggunakan instrumen yang bersifat monitoring dengan komponen yang dianalisis adalah CO_2 dan CH_4 , ditambah dengan kandungan uap air.



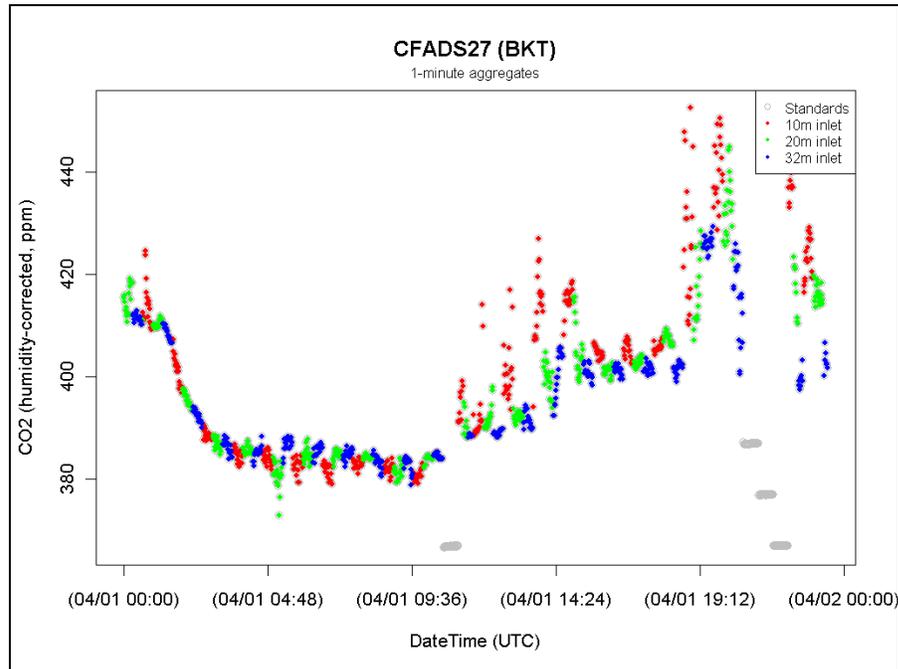
Gambar 16. Picarro G1301 $\text{CO}_2\text{-CH}_4\text{-H}_2\text{O}$ Analyzer

Sejak akhir tahun 2008, BMKG menambah satu unit instrumen untuk melakukan pengukuran konsentrasi gas rumah kaca. Instrumen tersebut adalah Picarro G1301 $\text{CO}_2\text{-CH}_4\text{-H}_2\text{O}$ Analyzer. Sebagaimana layaknya suatu instrumen, agar dapat mempertahankan kinerja dari instrumen tersebut, sekaligus memperoleh data yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya, maka diperlukan suatu sistem kalibrasi dan perawatan yang memadai. Oleh karena itu, pada tahun 2009, melalui kerja sama dengan kolega dari Empa dan MeteoSwiss, dilakukan instalasi sistem inlet dan kalibrasi instrumen Picarro. Kegiatan ini dilaksanakan oleh Dr. Jörg Klausen bersama dengan staf SPAG Bukit Kototabang.

Inlet atau masukan udara merupakan gerbang awal suatu proses pengukuran. Sistem inlet yang baik akan menjamin sampel udara yang akan dianalisis akan terjaga kualitasnya dan tidak mengalami perubahan. Sistem inlet Picarro menggunakan tiga jenis masukan udara yang dibedakan berdasarkan ketinggian masing-masing inlet. Tiga inlet tersebut adalah inlet 10 m, inlet 20 m, dan inlet 32 m. Perbedaan masing-masing inlet ini dimaksudkan untuk mengetahui profil pengukuran konsentrasi gas rumah kaca terhadap pengaruh ketinggian. Gas rumah kaca, utamanya karbon dioksida (CO_2) sangat dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik dan vegetasi. Kedua faktor ini dapat sangat berfluktuasi terhadap hasil pengukuran konsentrasi gas rumah kaca yang dibedakan ketinggiannya. Hasil pengukuran dengan sistem ini telah memperlihatkan hal tersebut, seperti ditunjukkan oleh Gambar 16. berikut.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa variasi konsentrasi CO_2 terhadap ketinggian inlet paling jelas terlihat pada waktu malam hari. Sementara itu, pada siang hari, konsentrasi CO_2 terlihat

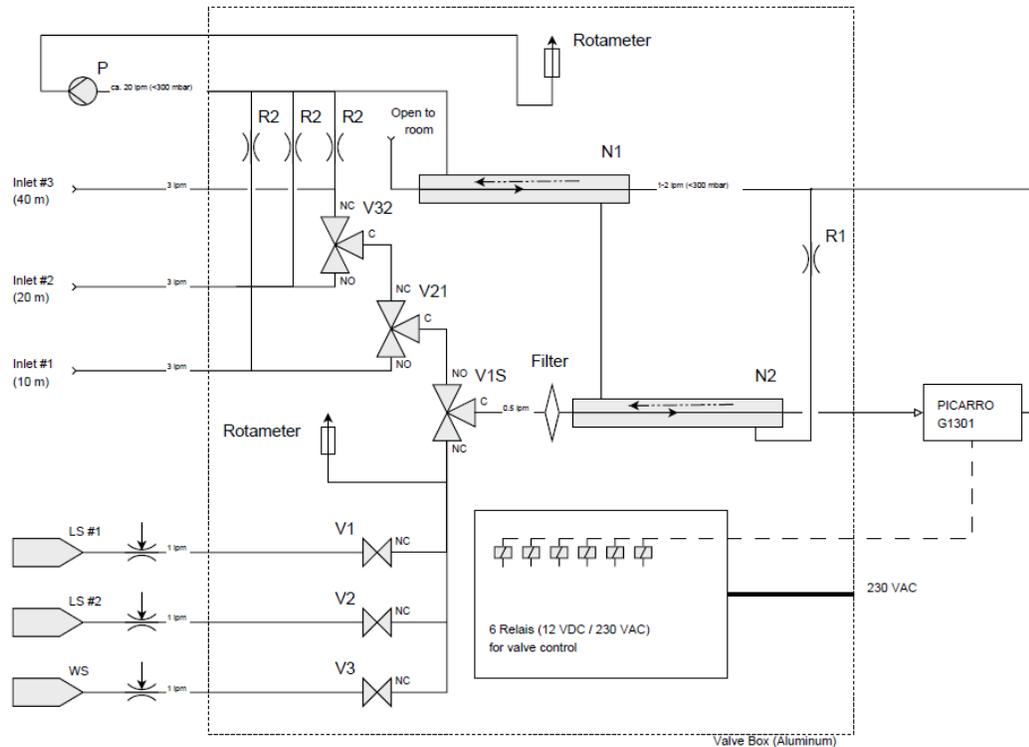
cukup konsisten untuk semua ketinggian. Konsentrasi CO_2 pada malam hari juga cenderung lebih tinggi daripada konsentrasi siang hari. Hal ini dipengaruhi beberapa hal di antaranya respirasi vegetasi di sekitar lokasi, stabilitas *mixing height*, dan proses *updraft* dan *downdraft* massa udara.



Gambar 17. Konsentrasi karbon dioksida di Bukit Kototabang yang diukur pada tanggal 1 April 2010.

Sistem kalibrasi Picarro dilakukan dengan menambahkan *calibrator unit* yang dilengkapi dengan gas standar. *Calibrator unit* yang digunakan dibuat oleh Empa dan merupakan perangkat yang berisi pengaturan *channel* aliran udara/gas yang akan masuk ke dalam instrumen dan sistem pengeringan udara. Pengaturan *channel* aliran udara yang masuk dilakukan secara otomatis berdasarkan periode waktu tertentu yang telah terprogram dalam suatu rangkaian (*sequence*). Setiap *sequence* memiliki periode pengambilan udara dari 3 inlet dan 3 buah gas standar, dimana setiap udara/gas tersebut memiliki periode pengukuran antara 10 menit sampai dengan 30 menit. Setiap *channel* aliran udara/gas, baik yang berasal dari gas standar maupun inlet, akan masuk ke dalam *calibrator unit* terlebih dahulu untuk dihilangkan kadar airnya. Maksud dari penghilangan kadar air ini adalah untuk memperoleh konsentrasi karbon dioksida yang berasal dari udara kering.

Gambar 18 memperlihatkan skematik rangkaian instrument-kalibrator-gas standar pengukuran konsentrasi gas rumah kaca. Pada gambar tersebut, komponen-komponen yang terdapat dalam *calibrator unit* ditandai oleh kotak dengan garis putus-putus. Komponen utama dari bagian ini antara lain sistem pengering (*drying unit*, menggunakan nafion dryer, Müller), sistem relay (pengatur buka tutup *channel*, Distrelec), sistem katup (terbuat dari solenoid, Bürkert), dan bagian pendukung lainnya.



Gambar 18. Plumbing diagram calibrator unit Picarro G1301 terinstal di Bukit Kototabang

Untuk terus menunjang kontinuitas pengukuran gas rumah kaca dengan menggunakan sistem inlet dan kalibrasi yang memadai, maka kedepannya perlu diupayakan untuk dapat menyediakan kelengkapan instrumen, inlet, dan kalibrasi. Kelengkapan tersebut antara lain gas standar, pompa internal dan eksternal, serta suku cadang instrumen dan *calibrator unit*. Dengan memelihara pengukuran yang terkalibrasi dan termonitor, maka akan diperoleh data hasil pengukuran yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

REFERENSI

IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. IPCC, Valencia.

Jacob, D.J. 1999. *Introduction to Atmospheric Chemistry*. Princeton University Press, New Jersey.

Kiehl, J.T. and K.E. Trenberth. 1997. Earth's Annual Global Mean Energy Budget. *Buletin of American Meteorology Society* 78(2): 197-208

HUBUNGAN PERKEMBANGAN KOTA DENGAN TINGKAT KENYAMANAN TERMAL DI KOTA PEKAN BARU PERIODE TAHUN 1982-2002

Sugeng Nugroho

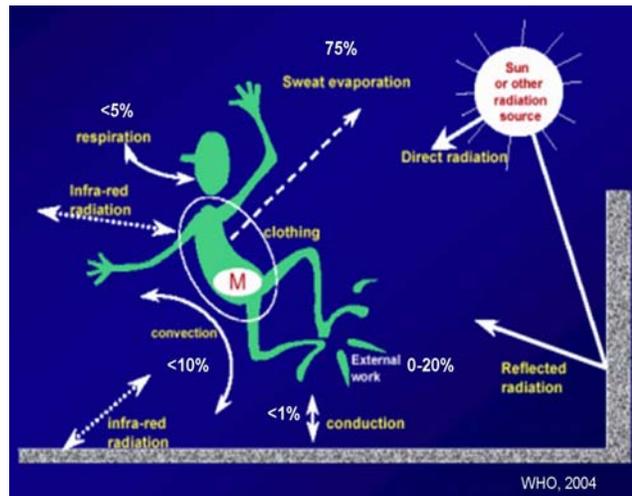
sugeng.nugroho@bmkgo.go.id

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang

1. Tingkat Kenyamanan Termal

Tingkat kenyamanan termal (*thermal comfort*) sangat berpengaruh terhadap kegiatan dan aktivitas manusia, terutama dalam kaitannya dengan suhu tubuh manusia. Peranan unsur-unsur iklim sangat menentukan tingkat kenyamanan di suatu wilayah, karena unsur-unsur tersebut secara langsung mempengaruhi kegiatan manusia yang berada didalamnya.

Di daerah beriklim tropis dan lembab, temperature udara dan terutama kelembaban udaranya yang relative tinggi merupakan penyebab utama situasi tidak nyaman secara thermal bagi manusia. Selain factor klimatis, tingkat kenyamanan thermal seseorang juga dipengaruhi factor-faktor lain yaitu: jenis pakaian yang dikenakan, tingkat aktifitas, dimensi tubuh dan tingkat kebasahan kulit (keringat) orang tersebut.



Gambar 1. Faktor-faktor yang mempengaruhi Tingkat Kenyamanan Termal

Dari berbagai sumber referensi, setidaknya ada tiga pemaknaan kenyamanan thermal. Pertama, pendekatan *thermophysiological*, ke dua pendekatan *heat balance* (keseimbangan panas) dan ke tiga adalah pendekatan psikologis. Kenyamanan thermal sebagai proses *thermophysiological* menganggap bahwa nyaman dan tidaknya lingkungan thermal akan tergantung pada menyala dan matinya signal syarat reseptor thermal yang terdapat di kulit dan otak.

Pada pendekatan *heat balance* (keseimbangan panas) nyaman thermal dicapai bila aliran panas ke dan dari badan manusia seimbang dan temperatur kulit serta tingkat berkeringat badan ada dalam range nyaman. Pada pendekatan psikologis kenyamanan thermal adalah kondisi pikiran yang mengekspresikan tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan thermalnya. Di antara tiga pemaknaan tersebut, pemaknaan berdasarkan pada pendekatan psikologis lebih banyak digunakan oleh para pakar pada bidang ini.

Dengan pemaknaan kenyamanan thermal sebagai kondisi pikir yang mengekspresikan tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan thermalnya maka berarti kenyamanan thermal akan melibatkan tiga aspek yang meliputi fisik, fisiologis dan psikologis. Dengan demikian pemaknaan kenyamanan thermal berdasarkan pendekatan psikologis adalah pemaknaan yang paling lengkap.

Salah satu standart indeks yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kenyamanan termal adalah *physiological equivalent temperature* (PET). PET merupakan model yang digunakan untuk menyatakan tingkat kenyamanan termal berdasarkan keseimbangan energi tubuh manusia. PET dinyatakan dalam satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$) sehingga hasilnya akan lebih mudah dimengerti dibandingkan dengan hasil dari indeks kenyamanan termal lainnya.

Bertambahnya jumlah penduduk, urbanisasi yang tidak terkendali di daerah perkotaan dan ditambah dengan pertumbuhan ekonomi tinggi akan mendorong meningkatnya aktivitas manusia di dalamnya, akibatnya dapat dilihat di daerah perkotaan permukaan lahan dapat berubah total dengan cepat. Aktivitas dan perkembangan kota mempunyai pengaruh terhadap lingkungan fisik seperti iklim.

Bangunan-bangunan di perkotaan akan merubah kekasapan permukaan wilayah kota yang secara tidak langsung akan berpengaruh pada beberapa unsur iklim setempat, seperti arah dan kecepatan angin. Jumlah penduduk serta aktivitasnya akan menghasilkan bahang, sehingga suhu udara di perkotaan menjadi lebih tinggi. Selain itu daerah perkotaan juga merupakan penghasil emisi gas rumah kaca, dimana salah satu akibat yang ditimbulkan adalah semakin tingginya suhu udara, yang selanjutnya akan berpengaruh pada tingkat kenyamanan termal di wilayah tersebut.

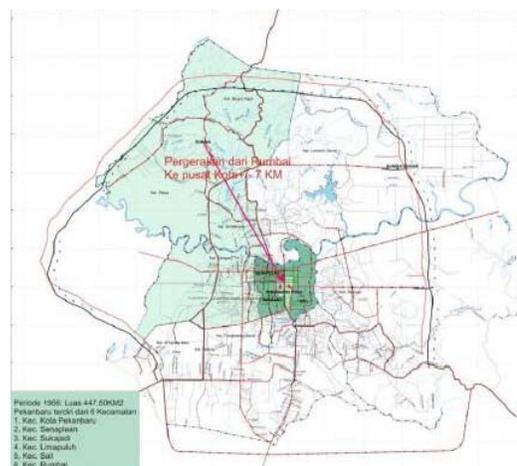
2. Perkembangan Kota Pekanbaru

Pada awal berdirinya, secara administratif tahun 1956 Kota Pekanbaru terdiri dari 2 wilayah kecamatan, yaitu Kecamatan Senapelan dan Kecamatan Limapuluh dengan luas wilayah 19.81 km^2 . Perkembangan selanjutnya pada tahun 1966 wilayah administratif Kota Pekanbaru disempurnakan lagi dengan semakin padatnya jumlah penduduk. Wilayah Pekanbaru dibagi menjadi 6 wilayah kecamatan, yaitu: Kecamatan Pekanbaru Kota, Kecamatan Limapuluh, Kecamatan Sukajadi, Kecamatan Senapelan, Kecamatan Sail dan Kecamatan Rumbai. Dengan masuknya Kecamatan Rumbai ini maka luas wilayah Pekanbaru bertambah menjadi 62.96 km^2 . Pada periode antara tahun 1966 hingga 1987 terjadi perluasan wilayah kota menjadi 632.26 km^2 . Seiring dengan penambahan luas wilayah, maka jumlah kecamatan bertambah dari 6 menjadi 8 kecamatan. Dua kecamatan tambahan yaitu Kecamatan Bukit Raya dan Kecamatan Tampan.

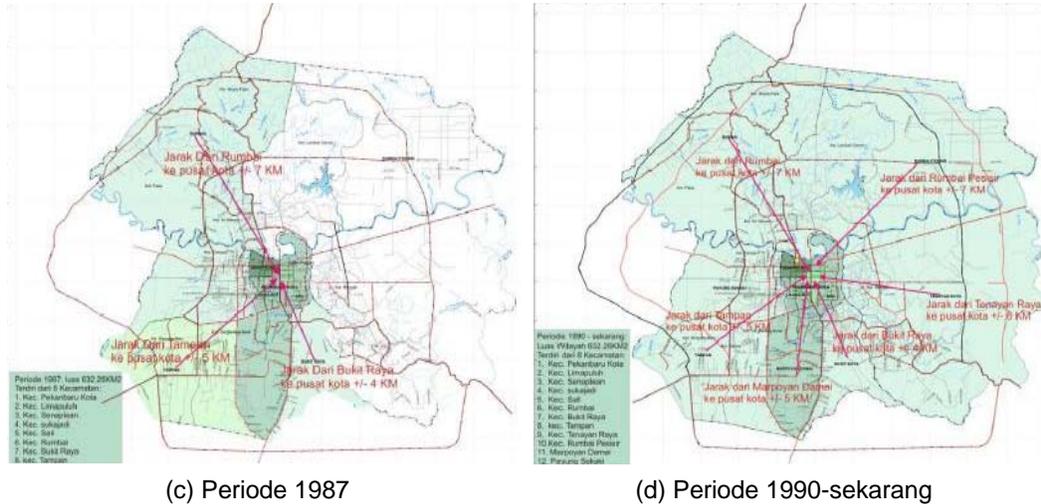
Perkembangan Kota Pekanbaru bertambah pesat selama orde baru. Pada periode akhir ini terjadi perkembangan jumlah penduduk pada daerah-daerah Pekanbaru, namun secara luas wilayah Pekanbaru tidak mengalami peningkatan, hal ini mengakibatkan tingginya kepadatan penduduk. Pada Periode ini juga Kecamatan Tampan dimekarkan menjadi Kecamatan Marpoyan Damai dan Kecamatan Payung Sekaki.



(a) Periode 1956



(b) Periode 1966



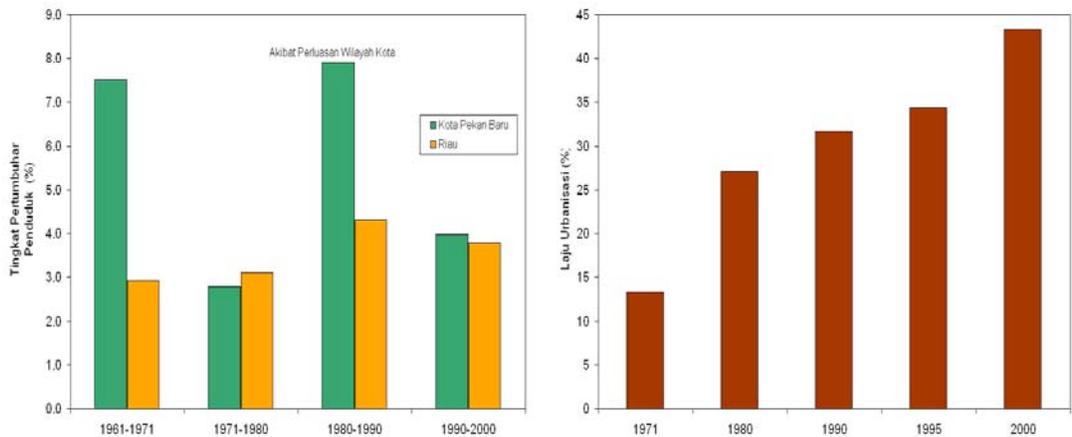
(c) Periode 1987

(d) Periode 1990-sekarang

Gambar 2. Tahap Perkembangan Kota Pekanbaru

Jumlah penduduk Kota Pekanbaru tahun 1965 mencapai 82500 jiwa, tahun-tahun berikutnya jumlah penduduk Pekanbaru mengalami peningkatan yang cukup pesat pada Tahun 1970 jumlah penduduk sudah mencapai 132068 jiwa atau naik 12%. Dalam kedudukannya sebagai ibu kota Provinsi Riau dan ditambah lagi potensi yang dimilikinya, Kota Pekanbaru sebagai pusat pemerintahan, pusat pendidikan, pusat perdagangan dan juga pusat industri, banyaknya orang berdatangan dan menetap di Pekanbaru maka terjadi lonjakan jumlah penduduk mencapai 397400 jiwa dengan kepadatan rata-rata sebesar 890 jiwa per kilometer² pada periode akhir 1970-an hingga tahun 1990-an.

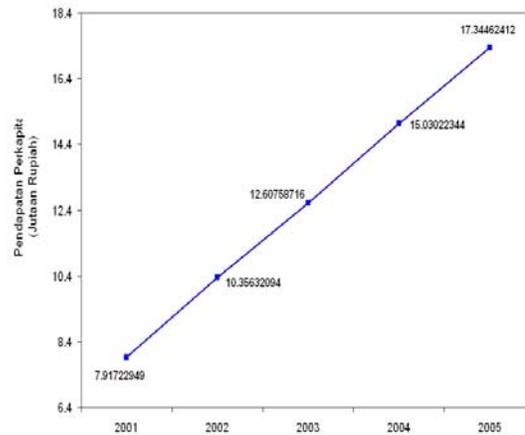
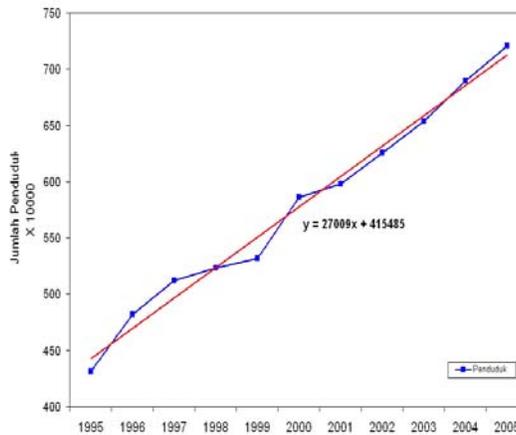
Dalam kurun waktu 10 tahun (tahun 1995 – 2005) secara rata-rata penduduk di Kota Pekanbaru mengalami peningkatan sebesar 4.8% per tahun. Angka ini masih di atas pertumbuhan rata-rata penduduk secara nasional yang berkisar pada angka 1.34%. Hal ini tidak lepas dari perkembangan Kota Pekanbaru yang sangat pesat terutama di sektor perekonomian yang ditandai dengan banyaknya pertumbuhan sentra-sentra kegiatan sehingga menarik penduduk di sekitar wilayah kota untuk mencari lapangan kerja di Kota Pekanbaru.



(a) Perbandingan Tingkat Pertumbuhan Penduduk di Pekanbaru dan Riau

(b) Laju Urbanisasi di Provinsi Riau

Gambar 3. Tingkat Pertumbuhan Penduduk dan Laju Urbanisasi



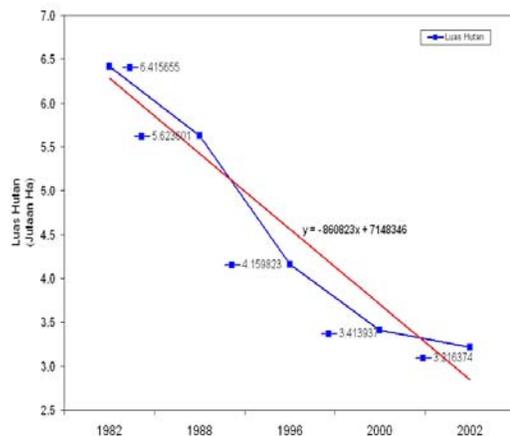
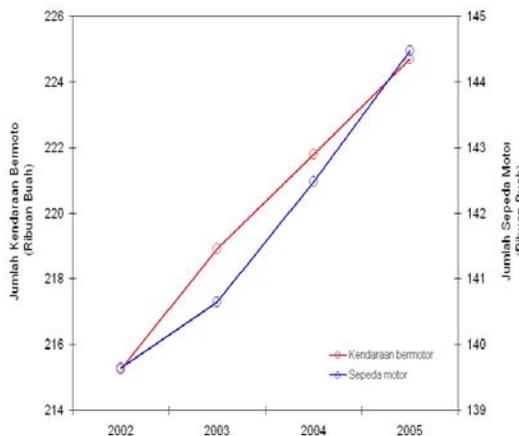
(a) Kenaikan Jumlah Penduduk

(b) Peningkatan Pendapatan Perkapita

Gambar 4. Kenaikan Jumlah Penduduk dan Peningkatan Pendapatan Perkapita Warga Masyarakat Kota Pekanbaru

Pada saat ini, pertumbuhan dan perkembangan kota Pekanbaru relatif lebih cepat, hal ini disebabkan banyaknya urbanisasi dan migrasi penduduk dari daerah lain yang masuk kota Pekanbaru untuk mencari nafkah. Dengan semakin meningkatnya perkembangan kota, menyebabkan meningkatnya kegiatan penduduk di segala bidang yang pada akhirnya meningkatkan pula tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap penyediaan fasilitas dan utilitas perkotaan serta kebutuhan lainnya bagi warganya, terutama kebutuhan akan lahan. Hal ini tampak cukup jelas terlihat di Kota Pekanbaru dengan dikembangkannya kawasan Payung Sekaki yang semula lahan rawan banjir menjadi pusat retail baru Mal Sentra Komersial Arengka dan terminal bus Bandaraya Payung Sekaki

Penduduk dengan pendapatan perkapita yang tinggi dan terus naik akan memerlukan ruang atau wilayah untuk menampung bermacam-macam kegiatan penduduk tersebut. Misalnya ruang untuk produksi (kawasan industri), Konsumsi (pusat perbelanjaan), kawasan dagang (toko-toko), jasa, kawasan perkantoran pemerintah, sekolah, mesjid (rumah ibadah), rumah sakit, pemukiman atau perumahan, obyek wisata atau ruang rekreasi dan seterusnya. Karena pada intinya, kebutuhan akan lahan (ruang) disebabkan oleh dua hal: pertama, adanya keperluan untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang semakin banyak jumlahnya, dan kedua, berkaitan dengan meningkatnya tuntutan penduduk akan kehidupan yang lebih baik.



(a) Jumlah kendaraan bermotor

(b) Laju pengurangan luas hutan

Gambar 5. Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor di Kota Pekanbaru dan Laju Pengurangan Luas Hutan di Provinsi Riau

Jumlah penduduk yang besar dengan tingkat perekonomian yang terus meningkat ditambah dengan teknologi yang terus berkembang, mengakibatkan sebagian permukaan bumi ditutupi oleh bangunan semi permanen dan permanen. Adanya kebutuhan akan alat transportasi yang baik (mobil dan kendaraan bermotor) akan memperluas permukaan semacam dengan dibangunnya jalan-jalan beraspal dan juga lapangan parkir. Selain itu efek negatif dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor adalah semakin meningkatnya gas buang kendaraan bermotor. Sudah barang tentu hasil pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil dari kendaraan bermotor ini ke udara akan menyebabkan terjadinya polusi udara yang tidak hanya mengganggu kesehatan masyarakat tetapi juga mengganggu kestabilan cuaca/iklim dalam jangka panjang.

Di wilayah perkotaan yang pembangunan berjalan dengan pesat ditambah dengan padatnya penduduk, wajah permukaan bumi (*landscape*) dapat berubah total dengan cepat, seperti bergantinya hutan dan perkebunan rakyat dengan gedung-gedung bertingkat, kawasan-kawasan industri, pabrik-pabrik, kawasan perumahan/permukiman penduduk, dan jalan-jalan beraspal yang akan merubah albedo permukaan.

Aliran permukaan (*runoff*) akan berjalan dengan cepat, karena adanya permukaan yang bersifat permanen (permukaan aspal/beton), yang berkitab pada penurunan kelembaban relatif udara di atasnya. Keberadaan bangunan fisik di perkotaan yang pembangunannya tidak memperhatikan faktor tata ruang akan menyebabkan kecepatan angin menurun dan arahnya berubah. Selain itu, polutan yang dihasilkan dari kegiatan industri yang intensif dan terus-menerus akan menambah partikel higroskopis di atmosfer yang akan berpengaruh pada terjadinya hujan di daerah perkotaan.

Tabel 1. Persepsi termal dan tekanan fisiologi yang dirasakan oleh manusia pada indeks PET yang berbeda

PET (°C)	Persepsi termal	Tingkat tekanan fisiologi
4	Sangat dingin (<i>Very cold</i>)	Dingin yang ekstrim
8	Dingin (<i>Cold</i>)	Dingin yang kuat
13	Sejuk (<i>Cool</i>)	Dingin yang sedang
18	Agak sejuk (<i>Slightly cool</i>)	Agak dingin
23	Nyaman (<i>Comfortable</i>)	Tidak ada tekanan termal
29	Agak hangat (<i>Slightly warm</i>)	Agak panas
35	Hangat (<i>Warm</i>)	Panas yang sedang
41	Panas (<i>Hot</i>)	Panas yang kuat
	Sangat panas (<i>Very hot</i>)	Panas yang ekstrim

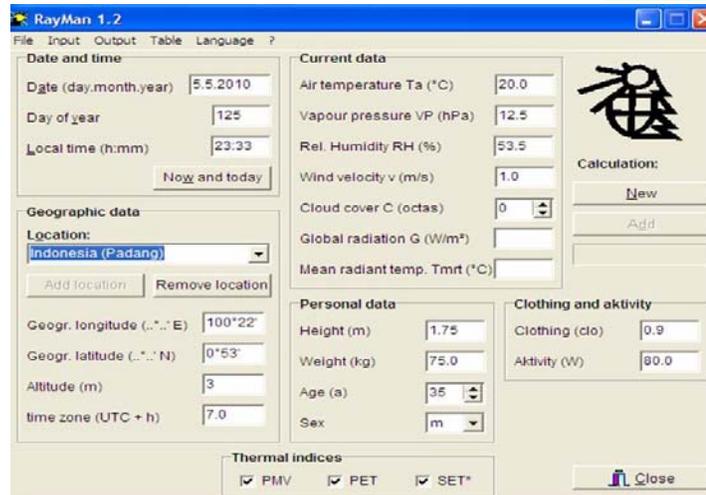
3. Analisis Tingkat Kenyamanan Termal Kota Pekanbaru

a. Data

Data klimatologi yang digunakan untuk melakukan analisis ini adalah data klimatologi harian, yang terdiri dari suhu udara rata-rata, kelembaban udara rata-rata, kecepatan angin rata-rata dan intensitas radiasi matahari hasil pengamatan cuaca/iklim di Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II, Kota Pekanbaru, periode tahun 1982 hingga 2002.

b. Pengolahan Data

Untuk menyatakan tingkat kenyamanan termal (TKT) dalam penelitian ini digunakan indeks *physiological equivalent temperature* (PET), seperti yang terlihat pada Tabel 1 diatas.

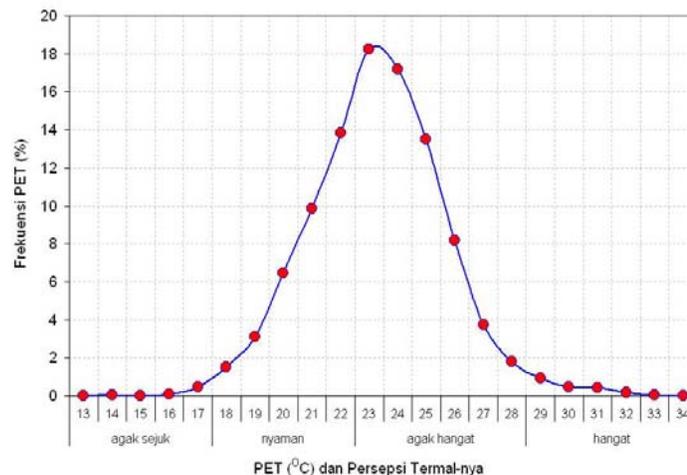


Gambar 6. Software RayMan versi 1.2

Untuk menghitung PET digunakan software RayMan yang dikembangkan untuk menentukan indeks kenyamanan termal pada kondisi lingkungan sederhana maupun kompleks berdasarkan data iklim (suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan radiasi matahari) dan data *thermo physiological* (pakaian yang dikenakan dan aktivitas yang dilakukan manusia). Menu utama dari software RayMan seperti tampak pada Gambar 6.

c. Analisis

Gambar 7 merupakan frekuensi kumulatif dari PET dan persepsi termal-nya hasil perhitungan software RayMan berdasarkan data klimatologi harian di Kota Pekanbaru dari tahun 1982 hingga 2002. Pada gambar terlihat, frekuensi kumulatif dari PET terdistribusi secara normal (membentuk distribusi normal) dengan nilai PET sebesar 23°C sebagai nilai tengah dari distribusi tersebut sebesar lebih dari 18%. Secara umum dapat digambarkan: nilai PET sebesar 21°C hingga 25°C (persepsi termal kategori nyaman dan agak hangat) frekuensi kumulatif kemunculannya lebih besar atau sama dengan 10%. Sedangkan nilai PET sebesar 13°C hingga 17°C (persepsi termal kategori agak sejuk) dan nilai PET sebesar 29°C hingga 34°C (persepsi termal kategori hangat) frekuensi kumulatif kemunculannya kurang dari 2%. Dengan demikian secara keseluruhan hari antara 1982-2002, tingkat kenyamanan termal di Kota Pekanbaru lebih banyak pada persepsi termal pada kategori nyaman dan agak hangat.



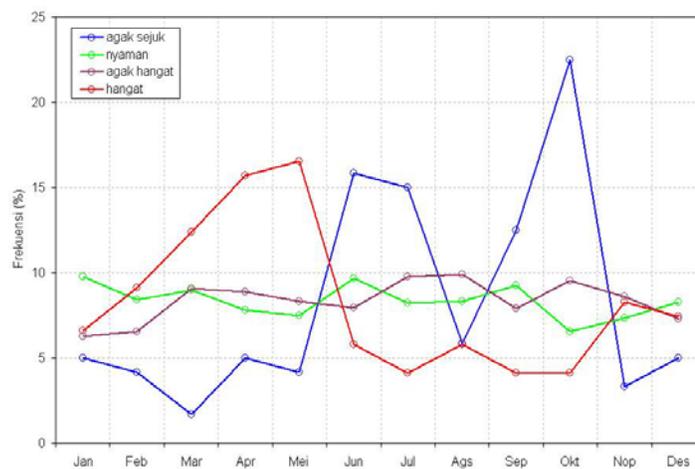
Gambar 7. Grafik Frekuensi Kumulatif PET dan Persepsi Termal-nya di Kota Pekanbaru, Periode Tahun 1982-2002

Gambar 8 merupakan frekuensi kumulatif dari persepsi termal bulanan di Kota Pekanbaru pada periode 1982-2002. Pada gambar tersebut terlihat bahwa persepsi termal kategori nyaman dan agak hangat tidak mengalami variasi yang besar pada setiap bulannya dengan frekuensi kumulatif sebesar 5 % hingga 10%. Terlihat pada bulan April – Mei, Juli – Agustus dan Oktober tingkat kenyamanan termal kategori nyaman, frekuensi kemunculannya turun dan digantikan dengan tingkat kenyamanan termal pada kategori agak hangat.

Sementara itu, tingkat nyaman termal kategori agak sejuk dan hangat mempunyai variasi yang cukup besar setiap bulannya. Pada tingkat nyaman termal kategori agak sejuk, frekuensi kemunculannya bervariasi dari sekitar 2% hingga 23%. Sedangkan untuk tingkat nyaman termal kategori hangat bervariasi dari sekitar 4.5% hingga 16%. Selain itu, tingkat nyaman termal kategori agak sejuk dan hangat mempunyai pola variasi bulanan yang saling berkebalikan. Pada bulan Januari – Mei dan Nopember – Desember, tingkat nyaman termal kategori agak sejuk mempunyai frekuensi kemunculan yang rendah (antara 2% - 5%) dibandingkan dengan frekuensi kemunculan tingkat nyaman termal kategori hangat yang lebih tinggi (antara 7% - 16%). Pada bulan Juni – Juli dan September – Oktober, frekuensi kemunculan tingkat nyaman termal kategori agak sejuk antara 12% - 23% jauh lebih tinggi dari frekuensi kemunculan tingkat nyaman termal kategori hangat yang hanya 4% - 6%. Sedangkan pada bulan Agustus, tingkat nyaman termal kategori agak sejuk dan hangat frekuensi kemunculannya sama besar.

Gambar 9 merupakan grafik frekuensi kumulatif tingkat kenyamanan termal tahunan Kota Pekanbaru periode 1982 – 2002. Pada gambar tersebut terlihat: frekuensi kumulatif kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori agak sejuk sangat rendah, yaitu kurang dari 2% per tahun selama tahun 1982 – 2002. Kemunculan tingkat kenyamanan termal pada kategori tersebut dengan frekuensi 1.6% - 1.9% terjadi pada tahun 1982, 1985 dan 1995.

Frekuensi kumulatif kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori hangat dari tahun 1982 hingga 1994 paling nesar hanya 1%. Namun semenjak tahun 1995, tingkat nyaman termal kategori ini lebih sering muncul, dengan rata-rata frekuensi kemunculannya sebesar 3.8% dengan frekuensi tertinggi sebesar 6.3% yang terjadi pada tahun 1998.

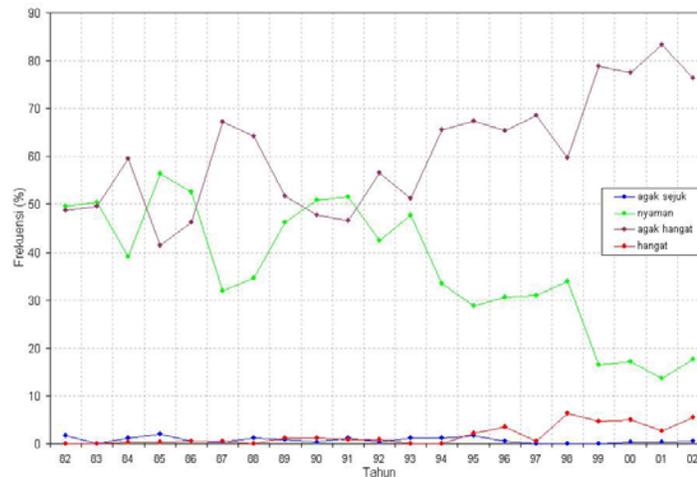


Gambar 8. Grafik Frekuensi Bulanan Tingkat Kenyamanan Termal Kota Pekanbaru, Periode Tahun 1982-2002

Statistik frekuensi kumulatif kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori nyaman dari tahun 1982 hingga 2002 adalah: frekuensi rata-rata nya sebesar 37%, terendah sebesar 13.7% yang terjadi pada tahun 2001 dan yang tertinggi sebesar 56.4% yang terjadi pada tahun 1985. Dari grafik frekuensi kumulatif kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori nyaman tersebut, secara kasar dapat kita lihat seolah-olah terdapat dua bagian variasi series besaran nilai frekuensi kumulatif dari kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori nyaman. Pertama, adalah variasi series frekuensi dari tahun 1982 hingga 1991, dan kedua, variasi series frekuensi dari tahun 1992 hingga 2002. Pada series yang pertama terlihat variasi nilai frekuensi yang fluktuatif sehingga tidak terlihat dengan jelas trend naik atau turun yang dominan. Namun pada series yang kedua, terlihat dengan jelas bahwa dari tahun 1992 hingga 2002 frekuensi kumulatif kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori nyaman semakin menurun.

Sementara itu, secara statistik frekuensi kumulatif kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori agak hangat dari tahun 1982 hingga 2002 adalah: frekuensi rata-rata nya sebesar 60.6%, terendah sebesar 41.4% yang terjadi pada tahun 1985 dan yang tertinggi sebesar 83.3% yang terjadi pada tahun 2001. Sama seperti halnya grafik frekuensi tingkat kenyamanan termal kategori nyaman, pada frekuensi kumulatif kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori agak hangat ini juga terlihat adanya dua bagian variasi series besaran nilai frekuensi kumulatif dari kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori agak hangat ini.

Series yang pertama adalah variasi nilai frekuensi kemunculan dari tahun 1982 hingga 1991 dan series yang kedua variasi nilai frekuensi kemunculan dari tahun 1992 hingga 2002. Sama seperti yang terlihat pada tingkat kenyamanan termal kategori nyaman, series yang pertama pada tingkat kenyamanan termal kategori agak hangat ini juga terlihat variasi nilai frekuensi yang fluktuatif. Namun pada series yang kedua, jika pada tingkat kenyamanan termal kategori nyaman menunjukkan trend yang turun, pada tingkat kenyamanan termal kategori agak hangat ini jelas terlihat trend yang semakin meningkat.



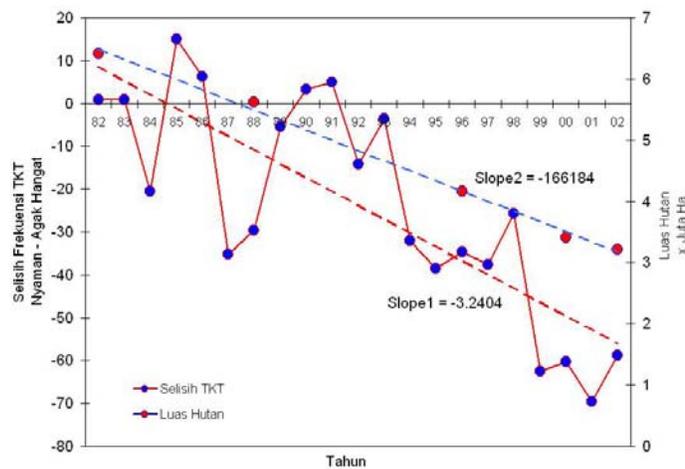
Gambar 9. Grafik Frekuensi Tahunan Tingkat Kenyamanan Termal Kota Pekanbaru, Periode Tahun 1982-2002

Dari grafik frekuensi tahunan tingkat kenyamanan termal di Kota Pekanbaru seperti terlihat pada Gambar 9, yang paling menarik untuk lebih dicermati adalah frekuensi kumulatif kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori nyaman dan kategori agak hangat. Terlihat pada gambar tersebut, mulai dari tahun 1992 hingga tahun 2002 terjadi semacam perpindahan atau pergantian besarnya nilai frekuensi kumulatif antara tingkat kenyamanan termal kategori nyaman dengan kategori agak hangat sehingga menyebabkan keduanya membentuk pola grafik yang berkebalikan. yang saling menjauh satu dengan yang lainnya.

Pola grafik tersebut mengandung arti bahwa frekuensi kumulatif kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori nyaman terus berkurang (menurun) dan digantikan dengan munculnya tingkat kenyamanan termal kategori agak hangat dengan frekuensi yang terus meningkat (semakin tinggi). Fenomena ini diduga ada hubungannya dengan perubahan lahan atau lingkungan di Kota Pekanbaru dan sekitarnya.

Pada Gambar 10 dapat dilihat ada dua grafik slope, yang pertama (slope1) merupakan selisih pengurangan antara tingkat kenyamanan termal kategori nyaman dikurangi kategori agak hangat di Kota Pekanbaru dari tahun 1992 hingga 2002 dan yang kedua (slope2) merupakan grafik slope pengurangan luas hutan di Provinsi Riau pada periode tahun yang sama, dengan nilai masing-masing sebesar -3.2404 dan -166184. Kedua slope tersebut bernilai negatif, mengandung arti bahwa: untuk slope1 berarti: selisih nilai pengurangan frekuensi tingkat kenyamanan termal kategori nyaman dan kategori agak hangat dari tahun ke tahun (terutama semenjak tahun 1992) semakin besar, yang berarti nilai frekuensi tingkat kenyamanan termal kategori nyaman terus berkurang sedangkan kategori agak hangat terus meningkat. Sedangkan untuk slope2 menunjukkan terjadinya pengurangan luas hutan semenjak tahun 1982 hingga 2002.

Untuk menjawab dugaan adanya hubungan antara terjadinya pergantian tingkat kenyamanan termal kategori nyaman ke kategori agak hangat dengan perubahan penggunaan lahan hutan ke non-hutan maka grafik kedua slope pada Gambar 10 tersebut dilihat secara bersamaan. sehingga terlihat bahwa keduanya menunjukkan adanya korelasi walaupun bukan perhitungan secara statistik.



Gambar 10. Grafik slope selisih frekuensi tingkat kenyamanan termal kategori "nyaman-agak hangat" di Kota Pekanbaru, periode tahun 1982-2002 dan slope pengurangan luas hutan di Provinsi Riau pada periode yang sama

4. Kesimpulan

Dari analisis di atas dapat ditarik kesimpulan : bahwa tingkat kenyamanan termal di Kota Pekanbaru Baru, Propvinsi Riau, periode Tahun 1982 hingga 2002, adalah:

- Persepsi tingkat kenyamanan termal secara keseluruhan pada umumnya pada kategori nyaman dan agak hangat dengan nilai PET sebesar 23°C terbanyak, yaitu sebesar lebih dari 18%.
- Frekuensi tingkat kenyamanan termal bulanan, tingkat kenyamanan termal kategori hangat terjadi paling banyak pada bulan Mei (sekitar 16%) dan paling rendah pada bulan Juli, September dan Oktober dengan frekuensi kemunculan sekitar 4%. Sedangkan tingkat kenyamanan termal kategori agak sejuk paling sering terjadi pada bulan Oktober (sekitar 23%) dan paling rendah frekuensinya pada bulan Maret (sekitar 2%)
- Tingkat kenyamanan termal tahunan, terjadi pola frekuensi kemunculan yang saling berlawanan (berkebalikan) antara tingkat kenyamanan termal kategori nyaman dan kategori agak hangat.

- d. Frekuensi kemunculan tingkat kenyamanan termal kategori nyaman yang terus menurun sedangkan kategori hangat yang terus meningkat dari tahun 1982 hingga 2002 diduga disebabkan
- e. Perkembangan kota dan perubahan penggunaan lahan dari hutan menjadi non-hutan sebagai implikasi dari terus bertambahnya jumlah penduduk di Kota Pekanbaru diduga menjadi salah satu faktor menurunnya frekuensi tingkat kenyamanan termal kategori nyaman dan meningkatnya frekuensi tingkat kenyamanan termal kategori agak hangat.

5. Referensi

Dian Susilawati Jose. 2000. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Pada Unsur Iklim Mikro. (Studi Kasus Pada Wilayah Jakarta Timur Selama Tahun 1985-1995). Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan. Program Pascasarjana Universitas Indonesia. Jakarta.

Khairul Fahmi. 2009. Pengembangan Kawasan Sudirman Kota Pekanbaru Berbasis Transit Oriented Development. Tesis. Fakultas Teknik. Program Studi Teknik Sipil. Kekhususan Transportasi. Universitas Indonesia. Depok.

Matzarakis A, Mayer H dan Iziomon MG. 1999. Application of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *Int J Biometeorol* 43:76-84.

Matzarakis A, Rutz F dan Mayer H. 2007. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments – application of the RayMan model. *Int J Biometeorol* 52:323-334

Matzarakis, A. 2009. Additional features of the RayMan model. The seventh International Conference on Urban Climate. Yokohama 29 Juni – 3 Juli.

Matzarakis, A dan Endler C. 2009. Climate change and urban bioclimate: adaptation possibilities. The seventh International Conference on Urban Climate. Yokohama 29 Juni – 3 Juli.

Sangkertadi. 1998. Simulasi Kenyamanan Termal Untuk Lingkungan Ber-iklim Tropis Lembab. *Dimensi Arsitektur* Vol. 26:35-40.

Sugeng Nugroho. 2010. Kajian Simulasi Adaptasi Terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Akibat Perubahan Iklim Global Di Kota Padang. *Widyaiset*, Vol.14 Tahun 2011.

Sugeng Nugroho, Susilowati dan Warih Budi Lestari. 2011. Tingkat Kenyamanan Termal di Kota Padang dan Kota Pekanbaru. *Buletin Megasains*, Vol.2 No.4. Tahun 2011.

TEKNOLOGI REMOTE SENSING UNTUK PENGAMATAN CURAH HUJAN DI WILAYAH SUMATERA BARAT

Sugeng Nugroho

sugeng.nugroho@bmgk.go.id

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang

1. Remote Sensing

Remote sensing (penginderaan jauh) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang dikaji. Teknik penginderaan jauh berkembang pesat sejak diluncurkannya satelit penginderaan jauh ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*) pada tahun 1972 yang memungkinkan untuk pengumpulan data permukaan bumi dalam jumlah yang besar dan cakupan wilayah yang luas.

Remote sensing pada dasarnya terdiri atas beberapa elemen dasar, yaitu: sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan objek, sensor, wahana dan sistem pengolahan data. Pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan menggunakan alat pengumpul data yang disebut sensor. Berbagai sensor pengumpul data dari jarak jauh umumnya dipasang pada wahana yang berupa pesawat, satelit, balon udara atau wahana lain. Objek yang diindera adalah objek yang terletak di permukaan bumi, di atmosfer dan di antariksa. Pengumpulan data dari jarak jauh tersebut dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, sesuai dengan tenaga yang digunakan. Tenaga yang digunakan dapat berupa variasi distribusi daya, distribusi gelombang bunyi, atau distribusi energi elektromagnetik. Data remote sensing dapat berupa citra (*imaginery*), grafik, dan data numerik. Data tersebut dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah, atau fenomena yang diindera atau diteliti.

Seluruh sistem remote sensing, baik pasif maupun aktif memerlukan sumber tenaga yang dapat berupa tenaga alamiah maupun sumber tenaga buatan. Sistem remote sensing pasif menerima tenaga yang dipantulkan dan atau dipancarkan oleh kenampakan suatu objek. Distribusi spektral tenaga pantulan sinar matahari oleh suatu objek sifatnya tidak seragam, bervariasi menurut waktu, lokasi, kondisi cuaca dan sifat material objek. Pada sistem remote sensing aktif, sumber tenaga dapat diatur, walaupun demikian sumber tenaganya juga tidak seragam, sesuai dengan karakteristik panjang gelombang yang bervariasi menurut tempat dan waktu, sehingga perlu dilakukan kalibrasi sumber tenaga yang digunakan.

Semua sistem remote sensing tentu melalui atmosfer dengan jarak atau panjang jalur tertentu. Pengaruh total atmosfer berbeda-beda sesuai dengan jarak yang dilalui, besarnya tenaga yang diindera, kondisi atmosfer dan panjang gelombang yang digunakan. Oleh karena itu pengaruh atmosfer sangat bervariasi menurut panjanggelombang, waktu dan tempat. Atmosfer merupakan faktor pembatas untuk sistem remote sensing karena adanya hambatan yang berupa hamburan pada spektrum tampak, dan serapan pada spektrum infra merah. Hamburan menyebabkan penyebaran arah radiasi oleh partikel-partikel di atmosfer yang tidak dapat diperkirakan arahnya. Sedangkan serapan oleh atmosfer menyebabkan sistem remote sensing kehilangan tenaga, khususnya pada panjang gelombang tertentu. Penyerap radiasi matahari yang paling efisien adalah uap air, karbon dioksida dan ozon.

Interaksi tenaga dengan objek pada sistem remote sensing, sesuai dengan asas kekal tenaga, maka ada tiga interaksi apabila tenaga mengenai suatu objek, yaitu dipantulkan, diserap atau diteruskan / ditransmisikan. Besarnya tenaga pantulan, serapan dan transmisi akan berbeda untuk setiap objek, tergantung pada jenis materi dan kondisi objek. Akibatnya apabila ada dua kenampakan suatu objek yang tidak dapat dibedakan pada suatu kisaran spektral, kemungkinan dapat dibedakan pada kisaran spektral yang lainnya. Misalnya suatu objek yang dikenai tenaga elektromagnetik pada panjang gelombang tampak (0.4-0.7 mikro meter), maka tenaga yang

diterima, dipantulkan, diserap, maupun ditransmisikan besarnya akan berbeda apabila objek tersebut dikenai tenaga elektromagnetik pada panjang gelombang inframerah dekat (0.8-1.2 mikro meter).

Sensor merupakan bagian terpenting dalam suatu sistem remote sensing. Sensor adalah alat perekam obyek yang biasanya dipasang pada suatu wahana yang letaknya yang jauh dari objek yang diindera. Sensor elektrik membangkitkan sinyal elektrik yang sesuai dengan variasi tenaga elektromagnetik. Tenaga radiasi yang dipancarkan atau dipantulkan oleh suatu objek akan ditangkap oleh sensor dan diubah menjadi citra sesuai dengan objek aslinya. Setiap sensor mempunyai kepekaan spektral terbatas. Tidak satu sensorpun yang peka terhadap seluruh spektral panjang gelombang. Batas kemampuan suatu sensor untuk memisahkan setiap objek dinamakan resolusi. Resolusi suatu sensor merupakan indikator tentang kemampuan sensor atau kualitas sensor dalam merekam objek. Di dalam citra, resolusi merupakan parameter limit atau daya pisah objek yang masih dapat dibedakan.

Pengolahan data dalam sistem remote sensing adalah penanganan data yang direkam oleh sensor hingga menjadi bentuk data yang dapat diinterpretasi dan atau bentuk informasi yang dapat dipergunakan oleh user. Kemampuan sensor untuk merekam data suatu objek harus diimbangi dengan kemampuan pengolahan dan penanganan data yang dihasilkannya.

2. Remote Sensing Untuk Pengukuran Curah Hujan

Lima puluh tahun yang lalu, keberadaan satelit cuaca hanya ada dalam tulisan fiksi ilmiah. Namun sekarang citra kondisi cuaca, animasi pergerakan siklon tropis, dan prakiraan cuaca harian berdasarkan citra satelit dapat disaksikan di layar televisi setiap hari bahkan setiap jam. Sekarang setiap orang, bukan hanya seorang meteorologist dapat dengan mudah mendapatkan citra satelit cuaca dengan seperangkat computer yang disambungkan dengan internet di rumah atau di kantornya. Hal ini terjadi tentu karena kemajuan ilmu dan teknologi di bidang satelit, teknologi komputer dan komunikasi yang tumbuh secara pesat pada dekade-dekade berikutnya.

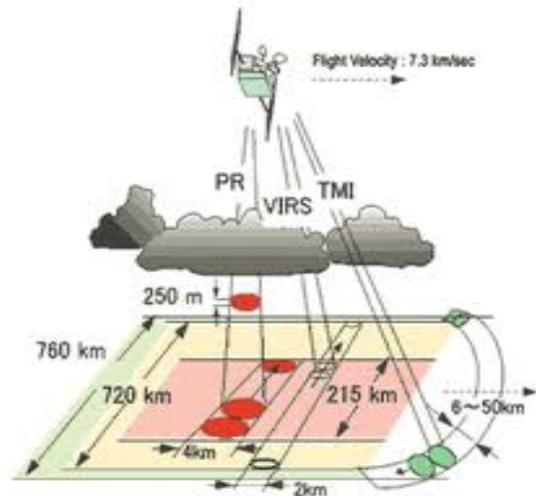
Ringkasnya, dengan adanya satelit cuaca sudah sangat, sekarang dapat diketahui bagaimana distribusi curah hujan secara global, namun masih ada banyak faktor curah hujan yang sampai sekarang masih meninggalkan misteri, seperti menentukan jumlah curah hujan di lautan bagian tropis, bagaimana siklus harian curah hujan terjadi, besarnya intensitas curah hujan dan profil intensitas curah hujan secara vertikal, yang terus dicari jawabnya oleh para meteorologist.

Gagasan untuk melakukan pengukuran curah hujan dengan satelit dengan mengabungkan sensor pasif dan radar microwave muncul diawal tahun 1980-an, pada saat penancangan proyek TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*). TRMM merupakan misi gabungan antara NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) dan JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) yang merupakan misi satelit pertama untuk pengukuran jumlah curah hujan dari angkasa.

Satelit TRMM diluncurkan pada tanggal 27 Nopember 1997, dengan ketinggian orbit hanya 350 km dan inclinasi 35° (35° LU dan 35° LS) sehingga dapat melihat wilayah tropis beberapa kali dalam sehari dengan pengulangan lintasan pada lokasi yang sama setiap dua hari. TRMM diluncurkan dengan membawa empat sensor utama, Precipitation Radar (PR) yang disediakan oleh negara Jepang, Visible-Infrared Scanning Radiometer (VISR), Electrically Scanning Microwave Radiometer (ESMR), dan Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I) yang disediakan oleh negara Amerika Serikat. Selain membawa empat sensor, TRMM juga membawa dua instrumen lain yaitu *Clouds and Earth's Radiant Energy System* (CERES) dan *Lightning Imaging Sensor* (LIS). Sensor PR, VISR dan SSM/I selain digunakan untuk memperoleh pengukuran curah hujan juga informasi lain yang berhubungan dengan hujan, seperti tipe hujan, jenis dan tinggi puncak awan. Dalam misi gabungan ini, negara Amerika Serikat juga menyediakan pesawat ulang-alik untuk membawa satelit TRMM ke angkasa sedangkan negara Jepang mensuplai mesin pendorongnya



(a) Satelit



(b) Prinsip pengukuran hujan dengan TRMM

Gambar 1. Pengukuran curah hujan dari angkasa

Tujuan keilmuan dari misi TRMM ini adalah untuk memetakan secara empat dimensi struktur dari panas laten, memahami hubungan panas laten dengan cuaca dan iklim di wilayah tropis, memperoleh jumlah curah hujan bulanan di atas wilayah tropis dan memahami siklus harian curah hujan dan kejadian-kejadian hujan lebat di wilayah tropis. Sedangkan secara umum tujuannya adalah untuk lebih memahami siklus hidrologi, mempelajari pengaruh panas laten dalam sistem energi global dan siklus air, mempelajari bagaimana pengaruh curah hujan di wilayah tropis dalam sirkulasi global dan untuk pengemangan pemodelan dan prakiraan cuaca dan iklim secara luas. Untuk mendukung misi utama dari TRMM, yaitu untuk mengetahui jumlah curah hujan di wilayah tropis, sejumlah algoritma telah dikembangkan untuk memperoleh prakiraan intensitas curah hujan dan profil curah hujan vertikal dari PR TRMM data. Misalnya algoritma TRMM 2A25 digunakan untuk memprakirakan profil curah hujan vertikal dengan menggunakan peluruhan sinyal dari radar.

Setelah beberapa waktu peluncuran TRMM, telah banyak kajian ilmiah terutama data hasil perekaman dengan sensor PR TRMM, diantaranya dapat diketahuinya bahwa di atas lautan *diurnal cycle* dari curah hujan mempunyai sebuah amplitudo yang lebih kecil dan kontribusi terbesar berasal dari sistem convective bersekala meso (*mesoscale convective system / MCSs*) pada pagi hari. Sedangkan di atas daratan yang luas amplitudo-nya lebih besar, nilai minimumnya terjadi pada pagi hari sedangkan maksimumnya terjadi pada sore hari dengan pengaruh intensitas puncak dari MCSs terjadi pada sore hari menjelang malam.

Pada akhir tahun 1997, *Earth Observatorium Research Center* dan JAXA meluncurkan program GSMaP_NRT (*Global Satellite Mapping of Precipitation Near Real Time*) dengan menggunakan JAXA *Rainfall Watch System*. GSMaP mampu menyediakan data hujan per jam hanya dalam waktu 4 jam setelah observasi. *JAXA Rainfall Watch System* pada dasarnya merupakan gabungan dari algoritma MW-IR menggunakan TRMM TMI, Aqua AMSR_E, DMSP SSM/I dan GEO IR yang dikembangkan oleh GSMaP project.

3. Pengukuran Curah Hujan *In Situ* Vs *Remote Sensing*

Pengukuran curah hujan pada dasarnya dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung (*in situ observation*) dan *remote sensing*. Pengukuran curah hujan secara *in situ* dilakukan dengan menakar air hujan untuk mengetahui besarnya curah hujan dengan menggunakan alat penakar curah hujan (*rain gauge*). Sedangkan pengukuran secara *remote sensing*, merupakan pengukuran curah hujan secara tidak langsung (tanpa mengukur besarnya air hujan secara langsung) dilakukan dengan radar dan satelit. Dari dua teknik pengukuran curah hujan tersebut, pengukuran secara langsung dengan menggunakan alat penakar curah hujan mempunyai keakuratan yang

lebih baik pada titik dimana dilakukan pengukuran dibandingkan dengan dengan pengukuran secara remote sensing.

Namun, pengukuran curah hujan dengan penakar hujan mempunyai keterbatasan yaitu tidak terdistribusinya penakar hujan secara merata pada seluruh wilayah di permukaan bumi dikarenakan adanya faktor-faktor pembatas (bukit, gunung, hutan, penduduk yang jarang, dsb) sehingga hampir tidak mungkin untuk mengadakan pengukuran curah hujan di daerah perbukitan, pegunungan yang terjal, tengah hutan dan tempat-tempat yang penduduk yang masih jarang.

Pada kondisi ekstrim seperti curah hujan tinggi, pengukuran curah hujan melalui satelit tidak dapat mencapai keadaan ekstrim seperti yang terukur di permukaan bumi, hal ini disebabkan pengukuran pengukuran curah hujan secara remote sensing dilakukan tidak secara langsung terhadap air hujan yang terukur alat penakar hujan seperti di permukaan bumi tetapi menggunakan suatu gelombang yang dikonversi ke dalam satuan curah hujan. Dari beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa data curah hujan bulanan hasil pengamatan dengan satelit dan data curah hujan hasil observasi dengan penakar hujan mempunyai kesamaan trend selama abad ke-20 ini.



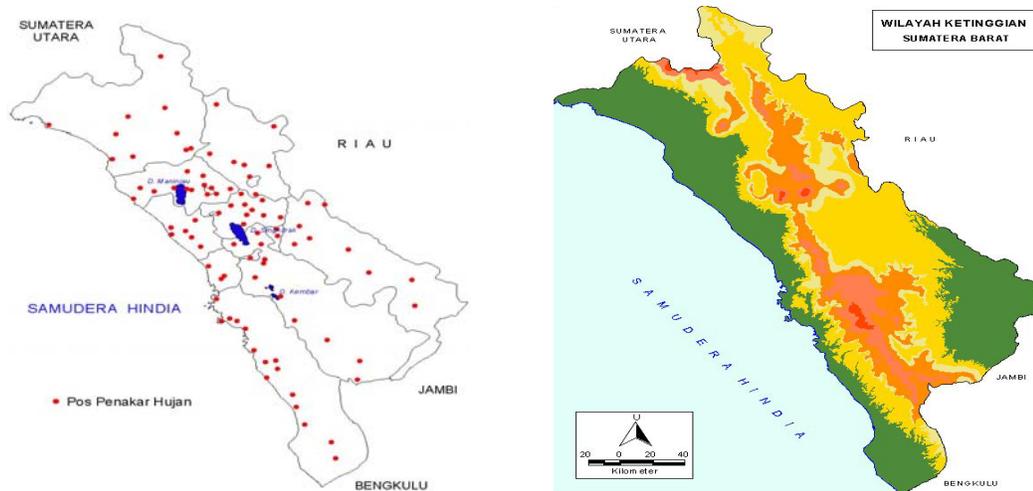
(a) Pengukuran curah hujan dari permukaan secara remote sensing dengan menggunakan *precipitation radar*



(b) Alat penakar hujan otomatis (*otomatic rain gauge*) untuk mengukur curah hujan di permukaan bumi secara langsung

Gambar 2. Pengukuran curah hujan di permukaan bumi

Wilayah-wilayah yang tidak mempunyai penakar hujan sudah pasti tidak mempunyai data curah hujan. Kondisi ini akan menyulitkan bila akan dilakukan penelitian yang berhubungan ketersediaan air, siklus hidrologi, perubahan iklim dan penelitian bidang klimatologi secara umum lainnya. Gambar 3a merupakan distribusi pos-pos penakar hujan di wilayah Sumatera Barat yang masih baik penakar hujannya dan dilakukan pengamatan. Terlihat pada gambar sebaran pos penakar hujan relative padat ada di bagian tengah dan pinggiran pantai wilayah tersebut. Sedangkan di wilayah pedalaman bagian utara dan selatan pos penakar hujannya sangat jarang dibandingkan dengan luas wilayahnya. Di bagian tengah wilayah tersebut pos penakar hujan relatif padat walaupun topografi wilayahnya berupa pegunungan dan perbukitan (Gambar 3b), disebabkan di bagian wilayah tersebut mempunyai penduduk yang pada umumnya adalah petani dengan jumlah yang relatif lebih banyak dibandingkan di utara dan selatan wilayah Sumatera Barat. Teknologi remote sensing diharapkan dapat menjadi sumber data hujan alternatif pada titik atau lokasi-lokasi yang tidak terpasang alat penakar hujan karena adanya beberapa faktor pembatas tersebut.



(a) Persebaran pos penakar hujan di wilayah Sumatera Barat yang masih aktif dan diamati pada tahun 2002

(b) Topografi wilayah Sumatera Barat merupakan salah satu faktor pembatas distribusi penakar hujan

Gambar 3. Faktor pembatas distribusi penakar hujan di wilayah Sumatera Barat.

4. Studi Kasus Curah Hujan Pesisir Selatan 02 Nopember 2011

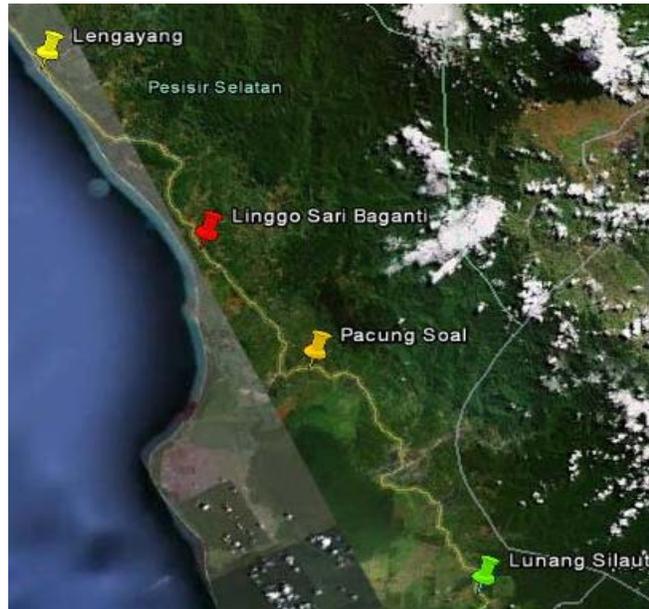
A. Sekilas terjadinya banjir di Kabupaten Pesisir Selatan, 02 Nopember 2011

Pada tanggal 2 Nopember 2011 terjadi banjir besar di kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatera Barat. Banjir melanda 10 Kecamatan dari 12 kecamatan di kabupaten tersebut, yaitu kecamatan Basa IV Balai Tapan, Batang Kapas, Bayang, Koto XI Tarusan, Lengayang, Linggo Sari Baganti, Lunang Silaut, Pancung Soal, Ranah Pesisir, dan Sutera. Kecamatan Batang Kapas, Ranah Pesisir, Lengayang, dan Sutera menjadi daerah terparah yang terkena terjangkit banjir, dengan kecamatan Lengayang merupakan kecamatan terparah, hingga menyebabkan tiga warganya hilang di bawa arus banjir.

Banjir ini disebabkan oleh tingginya curah hujan pada akhir bulan Oktober dan awal bulan November 2011 sehingga menyebabkan meluapnya enam sungai (batang) besar di kabupaten Pesisir Selatan, yaitu Batang Bayang, Batang Kapas, Batang Surantih, Batang Lenggayang, dan Batang Tapan. Banjir ini juga diperparah dengan adanya abrasi akibat gelombang pasang yang mencapai tiga meter. Menurut kesaksian masyarakat setempat banjir terjadi pada hari Kamis, tanggal 3 Nopember 2011, jam 04 dini hari.

Menurut data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) kabupaten Pesisir Selatan, banjir kali ini menyebabkan 6 orang warga masyarakat meninggal karena hanyut dan lebih dari 50 ribu orang mengungsi saat banjir terjadi. Selain itu banjir juga merendam ribuan rumah, 305 hektar lahan pertanian, dan 1.163 hektar lahan perkebunan dan ribuan hewan ternak hanyut. Kerugian infrastruktur diantaranya 9 dari 27 sekolah dan 11 bendungan yang terendam banjir rusak berat, 6 jembatan putus, dimana dua diantaranya merupakan jembatan gantung. Sepanjang 3 kilometer jalan kabupaten dan 890 meter Jalan Lintas Sumatera yang menghubungkan Sumatera Barat dengan Bengkulu menjadi rusak parah, sehingga memutus arus transportasi dari Sumatera Barat ke Bengkulu dan sebaliknya. Kerugian materi akibat banjir di kabupaten Pesisir Selatan kali ini diperkirakan mencapai Rp 650 miliar.

Gambar 4 merupakan sebagian wilayah kabupaten Pesisir Selatan bagian selatan yang terkena bencana banjir relative parah, yaitu Kecamatan Lengayang, Kecamatan Linggo Sari Baganti, Kecamatan Pancung Soal dan Kecamatan Lunang Silaut dengan rincian kerugian baik jiwa, harta maupun bagunungan/infrastruktur seperti terlihat pada Table 1a dan 1b.



Gambar 4. Sebagian wilayah Kabupaten Pesisir Selatan yang parah diterjang banjir pada tanggal 2 dan 3 Nopember 2011. (sumber image : google earth)

Tabel 1a. Kerugian sebagian masyarakat Kabupaten Pesisir Selatan akibat banjir yang terjadi pada tanggal 2 dan 3 Nopember 2011.

No.	Kecamatan	Manusia		Rumah		Sawah (Ha)	Kebun (Ha)	Ternak (ekor)		
		Mnggl	Hilng	RB	RR			Sapi	Kerbau	Kambing
1.	Lengayang	1	2	59	1405	45	--	111	8	89
2.	Linggo Sari. B	3		39	1781	13	25	67	--	47
3.	Pancung Soal	--	--	77	136	16	1284	21	5	230
4.	Lunang Silaut	--	--	--	1348	--	105	--	--	35

Tabel 1b. Kerusakan sarana umum dan infrastruktur di sebagian wilayah Kabupaten Pesisir Selatan akibat banjir yang terjadi pada tanggal 2 dan 3 Nopember 2011.

No.	Kecamatan	Sekolah		Kantor		Masjid		Jembatan		Jalan (meter)		Irigasi (unit)
		RB	RR	RB	RR	RB	RR	RB	RR	Negara	Kab	
1.	Lengayang	2	4	--	--	6	--	2	--	200	200	3
2.	Linggo Sari. B	--	18	--	--	1	6	5	--	--	--	--
3.	Pancung Soal	--	1	--	--	--	4	1	2	--	3	1
4.	Lunang Silaut	--	1	--	--	--	5	1	--	--	--	--

B. Tujuan

Hujan lebat yang terjadi pada tanggal 02 dan 03 Nopember 2011 di kabupaten Pesisir Selatan menyebabkan kerugian jiwa, harta dan infrastruktur yang sangat besar. Salah satu factor penyebab besarnya kerugian yang ditimbulkan tersebut adalah tidak adanya peringatan akan adanya bencana tersebut kepada warga masyarakat. Penyebab utama terjadinya banjir adalah karena adanya kejadian hujan dengan intensitas besar yang terjadi secara terus-menerus dalam beberapa jam. Sementara itu peringatan kepada warga masyarakat akan terjadinya banjir di wilayah ini tidak dapat diberikan karena tidak tersedianya data hujan, terutama data hujan per jam (*rainfall hourly data*). Seperti telah dikemukakan sebelumnya bahwa GSMaP_NRT (*Global Satellite Mapping of Precipitation Near Real Time*) mampu menyediakan data hujan per jam hanya dalam waktu 4 jam setelah observasi. Studi kasus ini bertujuan untuk menganalisis kejadian hujan pada saat terjadinya banjir di wilayah tersebut.

C. Data

Sumber data

Untuk mengetahui data curah hujan di wilayah Pesisir Selatan setiap jam (*hourly data*) pada tanggal 2 dan 3 Nopember 2011 digunakan data curah hujan satelit GSMaP_NRT dari EORC/JAXA dengan resolusi spasial $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$, dengan format data NetCDF yang dapat diunduh di : <ftp://rainmap@hokusai.eorc.jaxa.jp/realtime/> atau <ftp://rainmap:amechi-zu@hokusai.eorc.jaxa.jp/realtime/>. Selain itu juga digunakan data hasil pengamatan dengan menggunakan penakar hujan otomatis untuk memvalidasi data hujan hasil pengamatan dengan satelit tersebut. Namun karena ketersediaan data hujan setiap jam sangat terbatas, maka validasi kali ini hanya dilakukan dengan menggunakan data hujan setiap jam dari pengukuran penakar hujan otomatis di Bukit Kototabang dan Batusangkar.

Pengolahan data hujan satelit

Untuk mengekstrak data hujan satelit yang berformat NetCDF digunakan software GrADS dan bantuan script `fprintf.gs` untuk merubahnya menjadi data numerik dengan format txt.

Validasi data hujan satelit

Tujuan dari validasi data adalah untuk melihat tingkat nilai kecocokan kejadian (hanya melihat kejadian hujan atau tidak hujan) antara data pengamatan dan data satelit. Selain itu validasi juga bertujuan untuk melihat seberapa besar kedekatan data hasil pengukuran curah hujan dengan satelit terhadap nilai benarnya yaitu besar curah hujan hasil pengukuran curah hujan dengan alat penakar curah hujan di permukaan bumi. Validasi dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan metode statistik yang umum digunakan, yaitu:

- Kecocokan kejadian (p)

$$p = \frac{\sum \text{nilai benar}}{\sum \text{ndata}} \times 100\%$$

- Koefisien Korelasi (r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O_{mean})(P_i - P_{mean})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - O_{mean})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - P_{mean})^2}}$$

Koefisien korelasi (r) menunjukkan hubungan (linier) relatif antara dua variabel (data observasi dan data prakiraan). Nilai korelasi baik jika nilai koefisien mendekati ± 1

- *Root Mean Square Error (RMSE)*

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}}$$

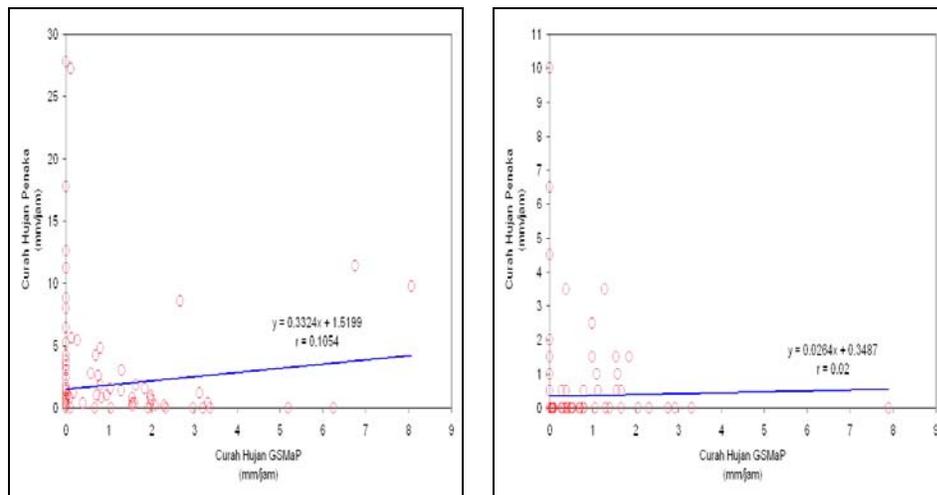
Root mean square error (RMSE) digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakiraan suatu model atau estimasi satelit. RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan atau jumlah kuadrat dari data estimasi satelit dan data observasi. RMSE juga dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh estimasi satelit. Nilai RMSE yang rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu nilai atau data hasil estimasi suatu satelit mendekati variasi nilai observasinya

D. Analisis Data

Validasi data

Hasil perbandingan antara data hujan GSMaP dengan data hujan hasil pengamatan dengan penakar hujan dengan menggunakan data setiap jam, pada tanggal 31 Oktober 2011 sampai 05 Nopember 2011, dengan hasil sebagai berikut: di Bukit Kototabang menghasilkan nilai-nilai statistik: nilai kecocokan (p) sebesar 62.5%, indek korelasi (r) sebesar 0.1054 dan nilai RMSE nya sebesar 4.3 mm. Sedangkan di Batusangkar hasil statistiknya menunjukkan: nilai kecocokan (p) sebesar 70.1%, indek korelasi (r) sebesar 0.0200 dan nilai RMSE nya sebesar 1.5 mm.

Dari beberapa parameter statistik tersebut terlihat hanya nilai kecocokan (p) saja yang menunjukkan parameter statistik yang baik, artinya terdapat hubungan kecocokan kejadian (hujan atau tidak hujan) antara pengukuran curah hujan secara remote sensing (satelit) dan pengukuran secara langsung (ditakar). Sedangkan parameter yang lain secara statistik tidak menunjukkan hubungan yang signifikan.

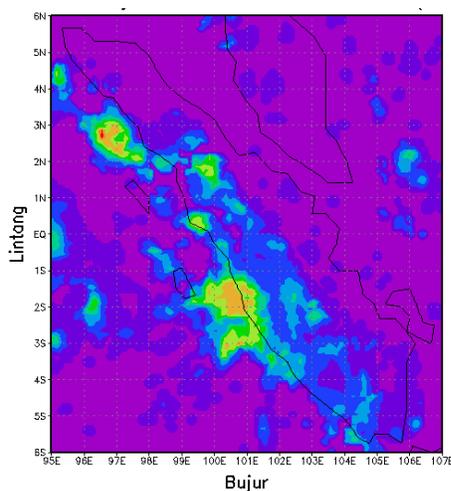


(a) Bukit Kototabang

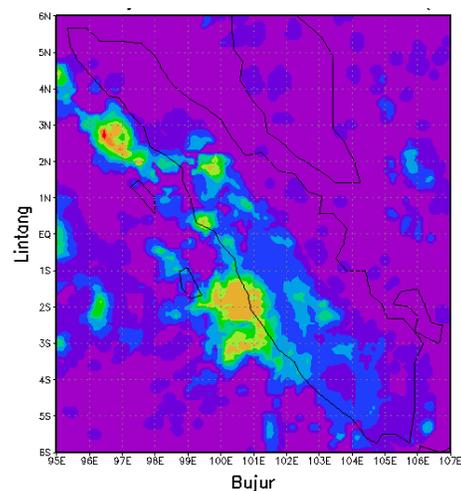
(b) Batusangkar

Gambar 5. Hubungan curah hujan hasil pengukuran dengan penakar hujan dan curah hujan pengamatan dengan GSMaP.

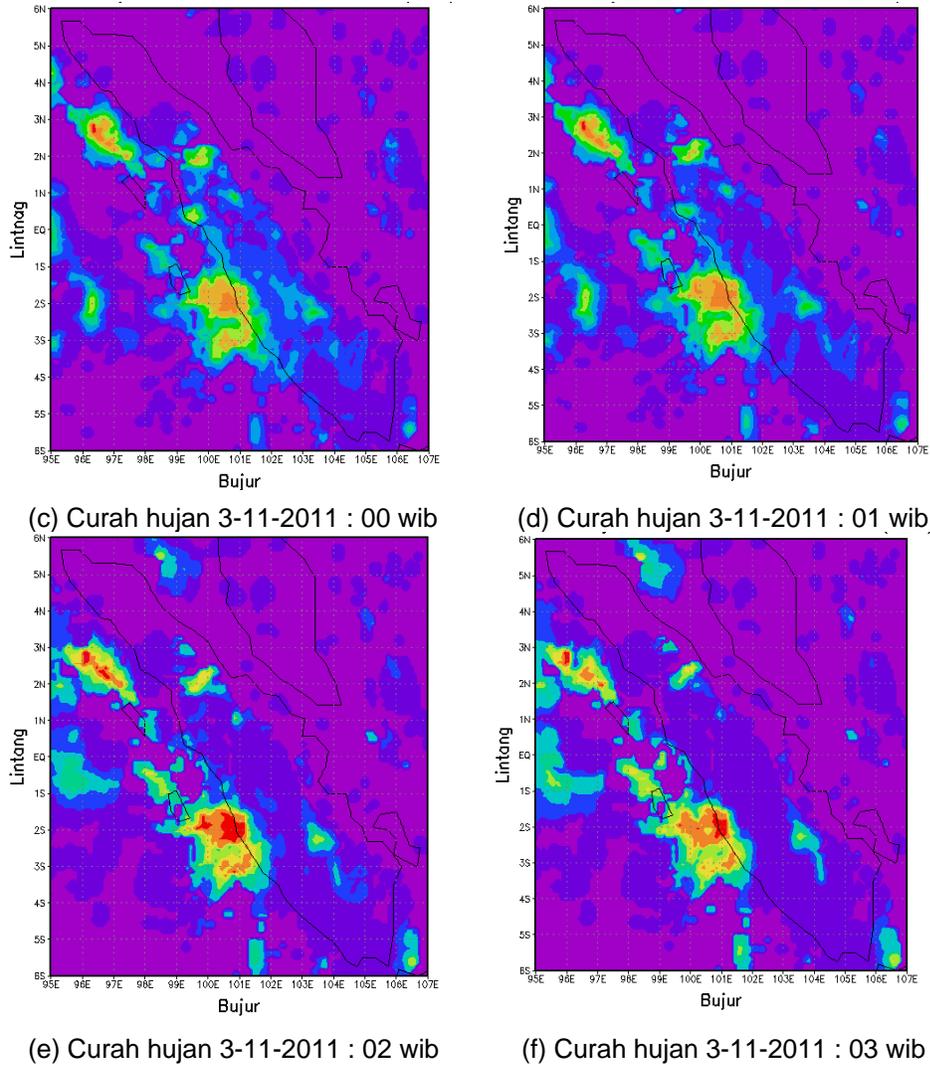
Hasil Analisis



(a) Curah hujan 2-11-2011 : 22 wib



(b) Curah hujan 2-11-2011 : 23 wib



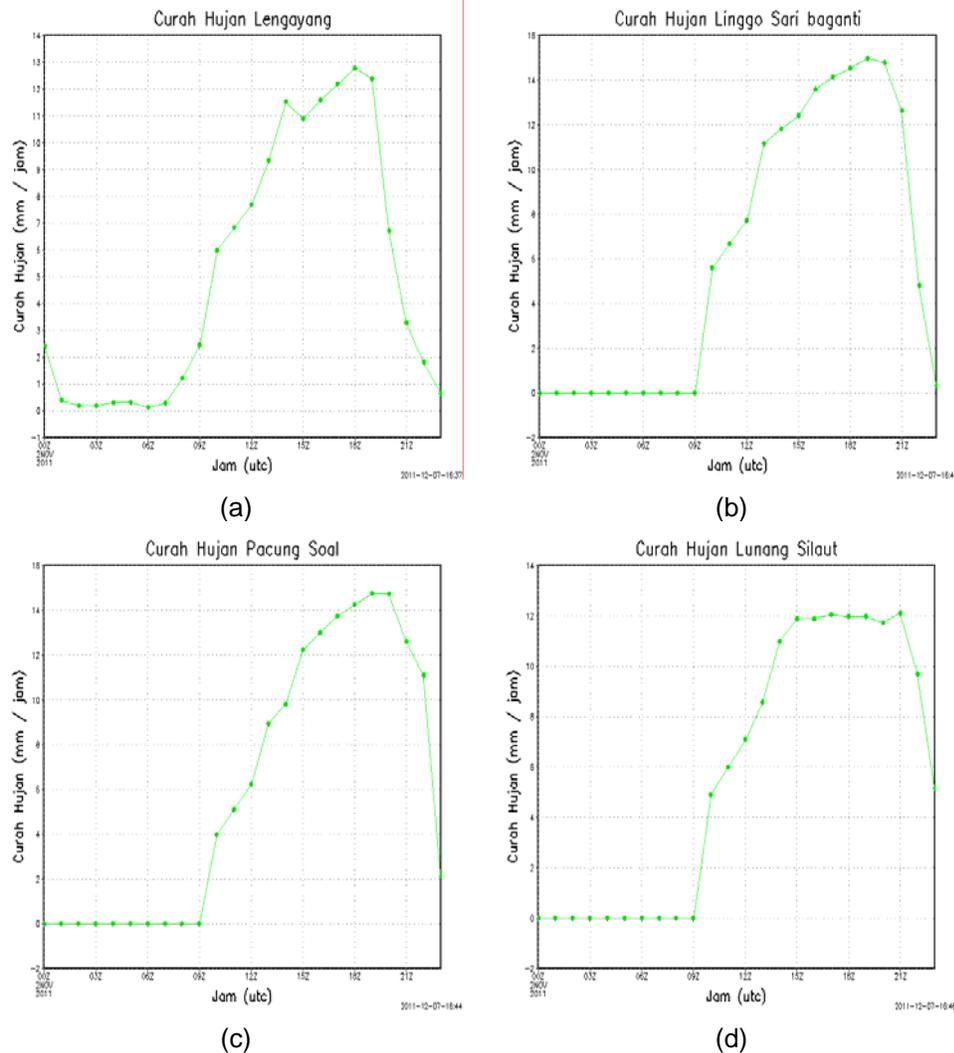
Gambar 5. Curah hujan di Pesisir Selatan pada tanggal 2-3 Nopember 2011

Gambar 5a hingga 5f menunjukkan variasi jumlah curah hujan pada tanggal 2 Nopember 2011 jam 22 wib hingga tanggal 3 Nopember 2011 jam 03 wib di wilayah Pulau Sumatera dengan menggunakan *hourly* data GSMaP_NRT. Dari gambar tersebut terlihat ada dua kelompok citra hujan yang terjadi di wilayah perairan / pantai di sebelah barat Pulau Sumatera. Kelompok citra hujan pertama, dengan ukuran yang lebih kecil terjadi di wilayah perairan / pantai Sumatera Utara. Sedangkan kelompok citra hujan yang kedua, dengan ukuran yang lebih besar terlihat di wilayah perairan / pantai disekitar wilayah kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat. Dari series gambar tersebut terlihat pergerakan / distribusi dan intensitas hujan di wilayah kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat dengan intensitas tertinggi (pixel warna merah) terjadi pada tanggal 03 Nopember 2011 sekitar pukul 02 wib dan 03 wib dini hari.

Bila citra hujan dianalisis per titik koordinat atau perlokasi untuk titik-titik lokasi di Lengayang, Linggo Sari Baganti, Pancung Soal dan Lunang Silaut seperti yang terlihat pada Gambar 4 diatas maka hasil analisis-nya seperti terlihat pada Gambar 6a hingga 6d. Dari gambar tersebut didapatkan bahwa puncak hujan di Lengayang sebesar 13 mm/jam yang terjadi pada tanggal 03 Nopember pukul 01 wib Di Linggo Sari Baganti hujan terlebat menuurt data satelit terjadi pada pukul 02 wib pada tanggal 03 Nopember dengan curah hujan sebesar 16 mm/jam. Intensitas hujan yang sama dengan waktu yang sama juga terjadi di Pancung Soal. Sedangkan di Lunang Silaut intensitas hujan yang terjadi relative

lebih kecil, yaitu sebesar 12 mm/jam namun terjadi hamper selama 6 jam, mulai pukul 22 wib pada tanggal 02 Nopember hingga pukul 04 wib dini hari pada tanggal 03 Nopember 2011. Akumulasi hujan yang terjadi secara terus menerus pada lokasi yang sama diduga sebagai penyebab terjadinya banjir di lokasi-lokasi tersebut.

Perlu diketahui bahwa intensitas hujan yang terjadi merupakan hasil pantauan satelit dan belum dilakukan kalibrasi dan validasi dengan menggunakan data observasi sehingga terlihat intensitas hujan yang terjadi relative lebih kecil untuk dapat menyebabkan terjadinya banjir yang besar.



Gambar 6. Curah Hujan di Pesisir Selatan Pada Tanggal 02 Nopember 2011

5. Kesimpulan

Dari paparan mengenai pengamatan curah hujan secara remote sensing (satelit), dalam paparan di atas dengan menggunakan data GSMaP_NRT dapat disarikan menjadi beberapa kesimpulan berikut:

- Data GSMaP_NRT sangat membantu untuk mengetahui distribusi secara spasial curah hujan setiap jam dengan resolusi yang relative cukup baik sehingga dapat diketahui sebaran terjadinya hujan lebat.

- b. Data GSDMap_NRT sangat perlu di-validasi dengan data hujan hasil observasi, mengingat secara kuantitas hujan hasil pantauan satelit relative yang pada umumnya jauh lebih rendah / underestimate terhadap data hujan hasil observasi
- c. Banyaknya kerugian yang diakibatkan banjir yang terjadi di Kabupaten Pesisir Selatan diduga karena hujan yang terjadi pada malam menjelang dini hari. Data GSDMaP_NRT dapat digunakan sebagai data alternative untuk memberikan peringatan dini kepada masyarakat akan terjadinya hujan lebat, yaitu pada lokasi-lokasi yang tidak terdapat pengukuran curah hujan, khususnya pengukuran curah hujan setiap jam

6. Referensi

Anonim. 2011. Data Kerugian Korban Banjir Pesisir Selatan, Update Tanggal 08 Nopember 2011. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Pesisir Selatan.

Anonim. 2011. Sumbar Dikepung Bencana, Pessel Terparah. Harian Umum Padang Ekspres, Jumat 04 Nopember 2011.

Anonim. 2011. User's Guide for Global Rainfall Map in Near-Real-Time (GSDMap_NRT). Versi 2.2. Earth Observation Research Centre (EORC). Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

F. Sri Hardiyanti Purwadhi. 2001. Interpretasi Citra Digital. PT. Grasindo. Jakarta.

John S. Theon. 1999. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). The Global Role of Tropical Rainfall. Proceeding of the International Symposium on Aqua and Planet.

R.R. Kelkar. 2007. Satellite Meteorology. BS Publications. Hyderabad, India.

Sugeng Nugroho. 2010. Verifikasi Data Meteorologi Hasil Luaran Model TAPM Di SPAG Bukit Kototabang. Buletin MEGASAINS Vol.1 No.3.

Stanski, H.R., L.J. Wilson, and W.R. Burrows. 1989. Survey Of Common Verification Methods In Meteorology. Research Report No.(MSRB) 89-5. Atmospheric Environment Service, Forecast Research Devison, 4095 Dufferin Street, Downview, Ontario, Canada. 2nd Edition.

KUNJUNGAN DEPUTI KLIMATOLOGI (Dr. WIDADA SULISTYA) KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

19 Juli 2011

Agusta Kurniawan

Agusta.Kurniawan@bmkgo.id



Foto bersama Staf GAW Bukit Kototabang, mahasiswa PKL, Deputi Klimatologi beserta rombongan.

Hari Selasa 19 Juli 2011, stasiun GAW mendapat kunjungan dari Deputi Klimatologi (Bpk. Widada Sulistya). Kunjungan ke Stasiun GAW disertai oleh rombongan yang terdiri dari Kepala Balai Wilayah I BMKG (Bpk. Herry Saroso.), Kepala Stasiun Hang Nadim Batam (Bpk. Joko Siswanto), Kepala Stasiun Meteorologi Polonia Medan (Bpk. A. Kusbagio), Kepala Stasiun Geofisika Padang Panjang (Bpk. M. Taufik Gunawan) dan pejabat beserta staf dari BMKG Pusat (Bpk Nasrullah dari Pusat PIKU-Depklm, Bpk. Achmad Supandi dari SDM, Bpk. Paino dari Staf Biro Umum, dan Bpk. Gian Guardian).

Kedatangan Deputi Klimatologi dan rombongan ke stasiun GAW, selain untuk bersilaturahmi juga untuk memperdekat hubungan antara BMKG pusat dengan daerah.



Pengarahan oleh Deputi Klimatologi



Penjelasan mengenai High Volume Air Sampler (HVAS), Staplex oleh Kepala GAW (Bp. Herizal Hamzah)

Acara kunjungan diawali dengan keliling singkat sekitar stasiun GAW Bukit Kototabang, menjelaskan mengenai peralatan, program monitoring yang dilakukan dan berbagai hal mengenai stasiun GAW Bukit Kototabang. Kemudian dilanjutkan dengan acara pengarahan yang dilakukan oleh Deputi Klimatologi untuk menampung aspirasi, masukan dan mungkin

permasalahan yang ada di stasiun GAW Bukit Kototabang.



Deputi Klimatologi (tengah) didampingi Kepala Stasiun Geofisika Padang Panjang (Bp. M. Taufik Gunawan-kanan) dan kepala Balai I Medan (Bp. Herry S-kiri) meninjau tempat beristirahat pegawai Stasiun GAW Bukit Kototabang.

Staf Deputi Klimatologi (Bp. Gian Guardian-kiri) dan Staf Stasiun Geofisika Padang Panjang (Bp. Andiandiyah -kanan)



Kepala Stasiun Geofisika Padang Panjang (Bp. M. Taufik Gunawan - kiri) dan kepala Balai I Medan (Bp. Herry S.- kanan)



Kepala Stasiun Meteorologi Hang Nadim Batam (Bp. Joko Siswanto-kiri) didampingi Kasi Datin Stasiun GAW (Bp. Sugeng Nugroho-kanan).



Bp. Achmad Supandi dari SDM (kiri) dan Bp. Paino dari Staf Biro Umum (kanan)



Kepala Stasiun Meteorologi Polonia Medan (Bp. A. Kusbagjo-kiri depan)



Bp. Nasrullah dari Pusat PIKU-Depklm (kiri) didampingi kasi Datin Stasiun GAW (Bp. Sugeng Nugroho-kanan)



Setelah siang menjelang sore akhirnya Deputi Klimatologi beserta rombongan meninggalkan Stasiun GAW Bukit Kototabang.

KUNJUNGAN DARI STASIUN TV KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

25 Agustus 2011 dan 17 Oktober 2011

Agusta Kurniawan

Agusta.Kurniawan@bmgk.go.id



Selama periode semester kedua tahun 2011, Stasiun GAW Bukit Kototabang mendapat kehormatan untuk diliput stasiun TV, yaitu pada 25 Agustus 2011 oleh wartawan dari TVRI Padang dan yang kedua adalah pada 17 Oktober 2011 oleh wartawan Metro TV, wartawan TV ONE dan wartawan BiTV. Selengkapnya akan dibahas satu per satu pada artikel di bawah ini.

- **Liputan dari Wartawan TVRI Padang**

Jeri (Gusri El Faishad), wartawan TVRI Padang sedang mengisi buku tamu.



Hari Kamis 25 Agustus 2011, Stasiun GAW Bukit Kototabang mendapat kunjungan dari wartawan TVRI Padang bernama Gusri El Faishad dengan nama panggilan Jeri. Jeri sebelumnya pernah juga meliput stasiun GAW Bukit Kototabang namun saat itu masih bekerja di Bi-TV (Bukittinggi TV). Kedatangan Jeri kali ini untuk menanyakan dampak letusan abu vulkanik gunung Marapi bulan Agustus 2011 bagi masyarakat luas, khususnya masyarakat di Sumatera Barat dan pengaruh letusan tersebut terhadap kualitas udara yang sebagian parameternya dimonitor di Stasiun GAW Bukit Kototabang.



Letusan abu vulkanik Gunung Marapi di Sumatera Barat, foto diambil dari kompleks rumah dinas pegawai BMKG-Stasiun GAW di Pasadama pada 6 Agustus 2011



Jerri didampingi kepala stasiun GAW Bukit Kototabang: mendapat penjelasan tentang pengaruh letusan abu vulkanik gunung Marapi (kiri atas), mengambil video peralatan pengukur radiasi matahari (kanan atas), mengambil video peralatan pengukur cuaca permukaan (kiri bawah), diskusi di dek atas stasiun GAW (kanan bawah).

- **Liputan dari Wartawan Metro TV, TV ONE dan BiTV**

Untuk menutup rangkaian proyek mengenai adaptasi dan mitigasi perubahan iklim maka stasiun GAW Bukit Kototabang mendapat kehormatan untuk diliput sebagai lokasi pengukuran Gas Rumah Kaca. Pada hari Senin, 17 Oktober 2011 beberapa wartawan TV didampingi oleh seorang pendamping dari ICCTF-BMKG datang ke Stasiun GAW Bukit Kototabang. Rombongan itu terdiri dari Donald dari TV ONE, Amrezek dari Metro TV, Arif W, Indah Susanti dari Bi TV, dan Ajie Parikesit dari ICCTF-BMKG. Hasil liputan kali ini ditayangkan pada hari Kamis malam, pukul 23.00 wib pada acara INSIDE Metro TV tentang Perubahan Iklim.



Dari kiri ke kanan (Indah Susanti dari BiTV-Bukittinggi TV, Amrezek dari Metro TV, Ajie Parikesit dari ICCTF-BMKG, Sugeng Nugroho-kasi Datin Stasiun GAW, Irwin A-Kasubbag TU Stasiun GAW)



Ajie Parikesit dari ICCTF-BMKG (kiri) didampingi oleh Sugeng Nugroho-kasi Data dan Informasi Stasiun GAW (kanan)



Trend kenaikan gas rumah kaca dijelaskan oleh Sugeng Nugroho-Kasi Data dan Informasi Stasiun GAW (kanan)



Penjelasan alat pengukur radiasi matahari di permukaan bumi oleh Asep Firman Ilahi-Kasi Observasi Stasiun GAW (kiri)



Penjelasan alat monitoring gas karbon monoksida oleh Asep Firman Ilahi-Kasi Observasi Stasiun GAW



Penjelasan alat monitoring PM 10 oleh Yosfi Andri-Staf Operasional Stasiun GAW



Berteduh sambil menunggu pengambilan gambar dari kiri ke kanan (Yosfi Andri-staf GAW, Ajjie Parikesit-ICCTF BMKG, Sugeng Nugroho-kasi Data dan Informasi Stasiun GAW, Alberth Christian Nahas-staf GAW.

AUDIT SISTEM DAN KINERJA STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG OLEH EMPA (Laboratorium Pemerintah Swiss Untuk Pengujian Material dan Penelitian)

1-8 Nov 2011

Agusta Kurniawan

Agusta.Kurniawan@bmgk.go.id



Foto bersama Staf GAW Bukit Kototabang dengan auditor dari EMPA.

Pada minggu pertama bulan November 2011, dari tanggal 1 sampai 8 November 2011, Stasiun GAW Bukit Kototabang mendapat kunjungan dua orang ahli dari EMPA (Laboratorium Pemerintah Swiss untuk pengujian material dan penelitian), bernama Dr Christoph Zellweger dan Dr Martin Steinbacher. Maksud kedatangan mereka berdua adalah untuk melakukan audit sistem dan kinerja Stasiun GAW Bukit Kototabang.

Ada tiga instrumen monitoring utama yang diaudit, yaitu ozon monitoring (TEI49C O₃ analyzer dan calibratornya TS49i-PS_O3 Calibrator Primary Standard), CO₂ dan CH₄ monitoring (PICARRO G1301-Cavity Ring Down Spectrometer CO₂/CH₄/H₂O Analyzer beserta tabung gas standar dan system valvebox) dan CO monitoring (HORIBA APMA 360-CO Analyzer beserta dilution unit system).



Melihat instrumen pengukuran aerosol PM 10- RAM 1020



Melihat instrumen pengukuran aerosol PM 10-Integrating Nephelometer M9003



Melihat tampilan program GAWDAQ

Selain itu auditor tersebut juga ikut membantu pengecekan terhadap SO₂ analyzer, melihat pengukuran aerosol, dan membantu memperbaiki database GAWDAQ dan cara flagging data menggunakan program DANDI (dibuat dengan bahasa R).

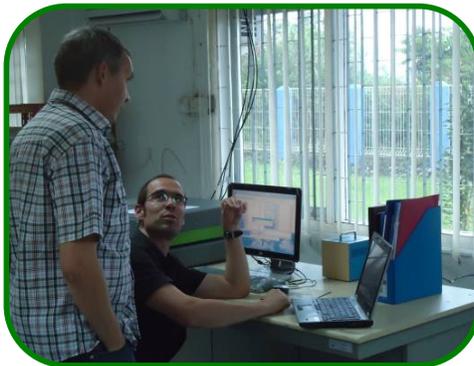
• Karbondioksida (CO₂) dan Metana (CH₄) monitoring



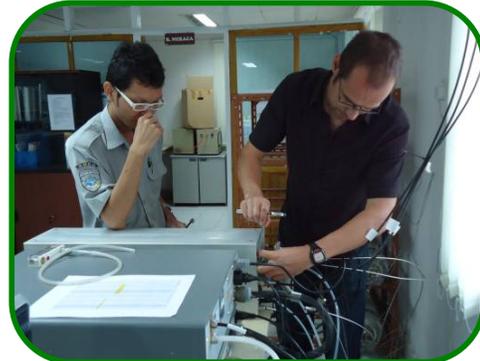
Dr Christoph Zellweger (kiri), Dr Martin Steinbacher (tengah), Alberth Christian Nahas (kanan)



Pengecekan CO₂ dan CH₄ monitoring



Diskusi hasil perbandingan antara Dr Christoph Zellweger (kiri) dengan Dr Martin Steinbacher (kanan)

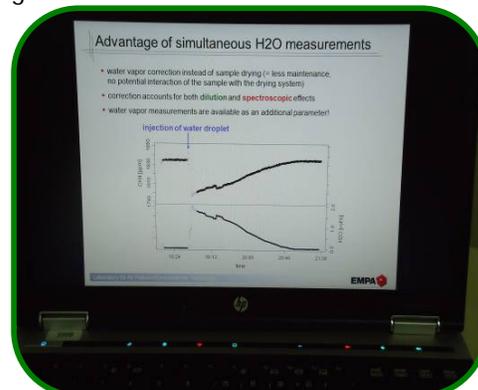


Pengujian pengaruh kelembaban udara (uap air) terhadap Picarro G1301 analyzer

Salah satu hal yang dilakukan pada system monitoring CO₂ dan CH₄ adalah pengaruh uap yang air besar terhadap hasil pengukuran. Pengujian pengaruh uap air dilakukan dengan cara memasukkan sejumlah kecil air ke dalam selang yang berasal dari tabung gas standar, air akan teruapkan, setelah beberapa lama uap air akan menghilang dan konsentrasi gas dari tabung standar akan menaik, seperti penjelasan pada gambar berikut.



Peralatan sederhana pengujian pengaruh uap air terhadap pengukuran gas (syringe dan akuades/air bebas ion)



Hasil yang diharapkan



Kedatangan tabung gas standar dari EMPA



tabung gas standar disimpan di rak penyimpanan



Agar mencegah terjadinya kontaminasi dari udara dilakukan proses flushing setelah pemasangan regulator



Proses Leak Check dilakukan untuk mencegah kebocoran gas standar, caranya catat kondisi tekanan regulator saat awal dan setelah 24 jam, bila terjadi penurunan berarti ada kebocoran

- Ozon (O_3) permukaan monitoring

Ozon permukaan monitoring berbeda dengan CO_2 dan CH_4 monitoring dimana proses span gas digunakan gas standar (CO_2 dan CH_4 diperoleh dari NOAA dan EMPA), sedang untuk ozon monitoring, gas ozon (O_3) dihasilkan oleh ozon generator dari O_3 calibrator. Atau mudahnya begini, untuk ozon, gas standar dihasilkan oleh ozon calibrator sedangkan untuk untuk CO_2 dan CH_4 , gas standarnya ditampung dalam tabung gas yang harus dibeli dari instansi lain (misalnya disini dari EMPA dan NOAA).



Pengecekan laju alir pada Ozon calibrator



Interkomparasi antara Ozon calibrator TS49i-PS milik EMPA dengan Ozon calibrator TS49i-PS milik stasiun GAW Bukit Kototabang

Sistem pengeringan udara pada pengukuran ozon menggunakan kotak pendingin (fridge). Udara ambien ditarik dengan pompa melalui inlet, kemudian udara sampel dikeringkan menggunakan kotak pendingin (fridge). Udara kering akan menuju ke analyzer, sedangkan uap air akan terkondensasi dan ditampung dalam botol penampung.



Pengecekan kehilangan Ozon saat sampel udara melewati kotak pendingin (fridge)



Pengecekan data hasil kalibrasi ozon yang dilakukan setiap dua bulan sekali
Kasi observasi stasiun GAW (Asep Firman Ilah-kiri), Dr. Christoph Zellweger (kanan)

- **Karbonmonoksida (CO) monitoring**

Peralatan utama ketiga yang termasuk dalam audit adalah CO monitoring. Pengujian analyzer (HORIBA Apma 360) dilakukan dengan memasukkan gas standar CO dengan berbagai tingkatan konsentrasi ke dalam analyzer, dan respon yang dikeluarkan oleh analyzer akan dibandingkan dengan nilai konsentrasi target. Untuk mendapatkan berbagai tingkatan konsentrasi target, maka gas standar CO yang memiliki konsentrasi 29.7 ± 0.03 ppm dicampurkan dengan udara tanpa gas CO yang dihasilkan oleh zero air unit.



Proses Audit CO Monitoring, memasukan berbagai tingkatan konsentrasi gas CO ke analyzer



Pemindahan jalur dari sampel udara ambien ke jalur tabung gas standar



Pengeringan Rubin Gel pada oven: Rubin Gel adalah sejenis silika gel yang digunakan untuk mengeringkan uap air dari sampel udara yang masuk ke CO analyzer. Kering berwarna kuning, lalu berubah menjadi hijau dan bila basah menjadi biru. Dr. Christoph Zellweger (kiri), Carles Siregar (kanan)

- **Aktivitas lain**

Selain melakukan audit terhadap peralatan, para auditor dari EMPA juga menanyakan berbagai, khususnya terhadap data, bagaimana cara menyimpan data cadangan, bagaimana melakukan penyortiran terhadap data, dan sebagainya.



Pengisian Kuesioner form audit



Verifikasi data oleh Auditor

Untuk meningkatkan keakraban antara auditor dan dengan yang diaudit, kami juga melakukan makan siang bersama.



Makan siang bersama



Jamuan makan malam di salah satu rumah makan di Bukittinggi mengakhiri Audit Stasiun GAW oleh EMPA

Hasil sementara audit yang diperoleh dari presentasi Dr Christoph Zellweger dan Dr Martin Steinbacher sewaktu di BMKG pusat menunjukkan hasil yang menggembirakan, dan stasiun GAW dikatakan ada kemajuan dari hasil audit sebelumnya.

3rd ASIAN GAW WORKSHOP ON GREENHOUSE GASES DI SEOUL KOREA

29-30 September 2011

Asep Firman Ilahi (Asep.Firman@bmgk.go.id)

Agusta Kurniawan (Agusta.Kurniawan@bmgk.go.id)

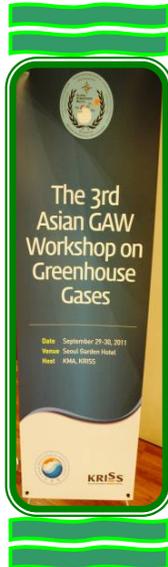


Foto Bersama Peserta Workshop
Tanda lingkaran hijau :peserta dari Stasiun GAW Bukit Kototabang-Indonesia (Asep Firman Ilahi)

Pada bulan September 2011, Stasiun GAW Bukit Kototabang mendapat undangan dari Korea Meteorological Administration (KMA) untuk mengikuti "3rd Asian GAW Workshop on Greenhouse Gases.

Kapan, siapa, dimana dan bagaimana acaranya, tulisan berikut akan sedikit mengulasnya.

Stasiun GAW Bukit Kototabang mendapat undangan resmi dari Korea Meteorological Administration untuk mengikuti workshop tentang gas rumah kaca negara-negara asia yang memiliki Stasiun Pemantau Atmosfer Global (Global Atmosphere Watch:GAW). Acara berlangsung selama dua hari yaitu 29-30 September 2011, diadakan di hotel Seoul Garden Hotel, Kota Seoul, Korea Selatan.



Presentasi dari Asep Firman Ilahi (wakil dari Indonesia)



Mendengarkan paparan dari peserta workshop

Stasiun GAW Bukit Kototabang diwakili oleh Asep Firman Ilahi (kang Asep panggilan akrabnya). Kang Asep di Stasiun GAW Bukit Kototabang menjabat sebagai Kepala Seksi Observasi (Kasi Obs). Kang Asep mengambil judul presentasi "*Measurement of Carbon Dioxide and Methane Concentration by Using Cavity Ringdown Spectroscopy in Bukit Kototabang*".

Pelaksanaan Workshop

- a. Hari pertama (29 September 2011).

Program hari pertama adalah *oral presentation*. Acara dimulai dengan pembukaan disampaikan oleh Dr. Haman Cho, *Vice Administrator of KMA*, Korea, kemudian dilanjutkan dengan sambutan *Dr. Oksana Tarasova, WMO Officer*. Oral presentation dari semula 11 presenter dimulai pada pukul 10.40 sampai selesai pukul 17.50 waktu setempat, namun diakhir acara ditambah dengan presenter dari China Mr. Jie-Tang yang memberikan penutup presentasi oral. Sementara wakil dari Indonesia, kang Asep mendapat kesempatan presentasi pada pukul 16.50 – 17.10 waktu setempat, dengan judul "*Measurement of Carbon Dioxide and Methane Concentration by Using Cavity Ringdown Spectroscopy in Bukit Kototabang*". Acara diakhiri dengan makan malam dan Banquet.

- b. Hari kedua (30 September 2011).

Hari kedua workshop dilanjutkan dengan *Discussion and Meeting*. Agenda yang dibahas pada meeting and discussion ini antara lain :



Perkenalan diri

- a. Pembentukan "*Asian GAW Network on Greenhouse Gases*"

Hasil pertemuan telah ditentukan pemberian nama sebelumnya "*Asian GAW Network on Greenhouse Gases*" menjadi "*Asian GAW Greenhouse Gases Working Group*" terdiri dari 6 negara anggota diantaranya : Republik Korea, China, Jepang, Malaysia, Indonesia dan Australia. Walaupun peserta dari Australia (Dr. Marcel van der Schoot) agak keberatan dengan pemberian nama "Asian", tetapi telah disepakati membuat forum menggunakan nama Asian.

Forum ini diwakili oleh seorang '*Contact Person*' yang bertanggung jawab terhadap Stasiun GAW masing-masing negara dan dapat mengkomunikasikan semua aktifitas yang berhubungan dengan Stasiun GAW-nya terhadap Asian GAW Working Group, boleh bukan '*GAW Country Contact*' sebagai mana yang telah ditetapkan oleh WMO. Tugas yang lain *contact person* ini adalah menentukan rencana lokasi pertemuan tahunan Working Group yang dijadwalkan setiap setahun sekali pada bulan September atau Oktober berupa workshop atau seminar yang membahas progres aktifitas pengamatan GHG di masing-masing stasiunnya. Selain itu, tugas yang lain adalah sebagai Editor dalam "*Asian GAW Greenhouse Gases NEWSLETTER*" yang terbit setiap bulan Desember setelah pertemuan tahunan.

- b. Penerbitan "*Asian GAW Greenhouse Gases Newsletter*" yang kedua.

Forum ini ke depannya akan menerbitkan secara tahunan "*Asian GAW Greenhouse Gases NEWSLETTER*" yang akan terbit setiap Desember, dan akan di desiminasi ke

semua negara anggota serta ke Sekretariat WMO-GAW. Newsletter pertama sudah terbit dengan penulis/kontributor dari :

- Indonesia (Albeth C. Nahas, BMKG-Stasiun GAW Bukit Kototabang),
- Jepang (Kazuto Suda, JMA-Minamitorishima GAW Station),
- Republik Korea (Han-Cheol Lim, KMA dan Jooil Kim, Seoul National University).

Untuk penerbitan bulan Desember 2011, tiap negara peserta Working Group diundang kontribusinya dalam Newsletter ini. Format penulisan tidak diatur, tetapi mirip dengan WMO Greenhouse Gas Bulletin. Tema yang diangkat adalah publikasi mengenai hasil pengamatan tahun sebelumnya, atau dapat saja progres perkembangan metode baru, pengenalan alat pengamatan yang baru, atau berupa kegiatan yang berhubungan dengan GAW seperti seminar, training atau pengembangan jaringan pengamatan GAW regional/global dll.

- c. Arah dan tujuan pengembangan *Asian GAW Working Group for Greenhouse Gases* pada masa yang akan datang.

Pada masa yang akan datang, *Working Group* ini diharapkan dapat menarik secara sukarela partisipan dari negara lain, misalnya Selandia Baru atau India yang sedang dalam proses membangun Stasiun GAW nya. Selain itu, tiap tahun diharapkan setiap negara secara aktif mengikuti workshop atau bersedia menjadi tuan rumah pelaksanaan workshop. Semua informasi mengenai "*Asian GAW Greenhouse Gases Working Group*" akan ditampilkan dalam website resmi yang terafiliasi dalam website <http://www.kma.go.kr>, termasuk didalamnya informasi mengenai visi, misi dan tujuan, negara kontributor, informasi mengenai teknis pengamatan serta edukasi yang berhubungan dengan perubahan iklim dan gas rumah kaca.

- d. *Technical tour to Korean GAW Center (KGAWC) Anyeong-do.*

Pukul 13.00 waktu setempat, rombongan bertolak ke Anyeong-do untuk berkunjung ke KGAWC. Sebagai hasil dari tour dapat dikatakan bahwa progres perkembangan Stasiun GAW Korea sudah lebih maju dalam hal fisik, infrastruktur, jaringan serta sarana dan prasarana pengamatan kimia dan fisis atmosfer. Stasiun dioperasikan oleh 2 institusi, yaitu *Korea Meteorological Administration (KMA)* dan *Korea Research Institute of Standard and Science (KRISS)* yang mensuplai *home-made gas standard* yang *traceable* ke WMO. Infrastruktur sangat modern dan peralatan pengamatan yang up to date membuat hasil pengamatan parameter kualitas udara menjadi lebih meyakinkan.

Pengamatan spesies gas rumah kaca CO₂ dan *Methane* dilakukan dengan menggunakan alat Picarro G2401-CO-CO₂-CH₄-H₂O *Analyzer* merupakan generasi terbaru dari yang dipakai di SPAG Bukit Kototabang. Untuk pengamatan spesies SF₆ dan spesies gas rumah kaca yang lain seperti chlorofluorocarbon (CFC-11, CFC-12 dan CFC-113), KGAWC menggunakan *Gas Chromatography (GC-FTIR)*. Set up infrastruktur dan jaringan yang sangat rapi, dengan menempatkan ruang gas untuk mensuplai *Gas Chromatography* sangat ideal dan memenuhi standar keamanan dan keselamatan operator di stasiun.

PENGUCAPAN SUMPAH/JANJI PEGAWAI NEGERI SIPIL (PNS) DI LINGKUNGAN BALAI BESAR METEOROLOGI, KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA WILAYAH I DI HOTEL PANGERAN BEACH-PADANG

18 Juli 2011

Agusta Kurniawan

Agusta.Kurniawan@bmgk.go.id

PENGUCAPAN SUMPAH/JANJI PEGAWAI NEGERI SIPIL
DI LINGKUNGAN BALAI BESAR METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA WILAYAH I
PADANG, HOTEL PANGERAN BEACH, TANGGAL 18 JULI 2011

Salah satu kewajiban pegawai negeri sipil menurut PP no.53 tahun 2010 adalah mengucapkan janji/sumpah PNS. Balai Besar I BMKG mengadakan upacara pengucapan sumpah/janji PNS, untuk pegawai di lingkungan BMKG.



Lokasi Pengambilan Sumpah PNS :
HOTEL PANGERAN BEACH
PADANG
SUMATERA BARAT

Pada hari Senin, 18 Juli 2011, hampir seluruh staf Stasiun GAW Bukit Kototabang datang ke hotel Pangeran Beach-Padang untuk melaksanakan sumpah PNS. Di lokasi dan waktu yang sama juga diadakan Rekonsiliasi Laporan Keuangan Semester I TA 2011 (Rekon) untuk UPT BMKG di wilayah kerja Balai Besar BMKG Wilayah I.



Rekon tersebut mengambil tema : “Mempertahankan Opini WTP Melalui Peningkatan Kualitas Penyusunan Laporan Keuangan dan Barang Milik Negara di Seluruh Satker BMKG”

Sesampai di hotel Pangeran Beach maka rombongan dari stasiun GAW melakukan daftar ulang atau registrasi terlebih dahulu, sementara acara rekon telah dimulai. Sedangkan acara sumpah PNS sendiri baru akan dilaksanakan pada pukul 14.00 WIB.



Panitia Penerima Tamu



Registrasi Peserta Rekon



Ramah tamah di lobby hotel



Ramah tamah di lobby hotel



Tim Peserta Rekon dari Stasiun GAW



Coffe Break

Fasilitas Hotel



Menuju ke kamar hotel lewat lift



Lorong Hotel



Kamar Hotel



Ruangan Makan untuk BMKG

Sekitar siang hari, kami bersama-sama makan siang di hotel.



Meja Makan



Makan Siang Bersama

Pengambilan Sumpah/Janji PNS

Sekitar pukul 14.00, acara gladi resik dimulai. Acara dihadiri oleh para undangan (kepala UPT), pejabat struktural, peserta yang akan di ambil sumpah di Balai Besar BMKG Wilayah I, dan juga para rohaniawan. Acara ini dipimpin langsung oleh Kepala Balai I Bapak Drs. Herry Sarosa. Acara ini terbagi menjadi beberapa tahapan, diantaranya: Pembacaan Doa, Menyanyikan "lagu Indonesia Raya", Menyanyikan Lagu "Bagimu Negeri", Pembacaan Nama dan Instansi Peserta, Pembacaan Sumpah PNS oleh kepala Balai diikuti segenap peserta, Sambutan Kepala Balai, diakhiri dengan penanda tangan secara simbolis dari wakil peserta masing-masing agama diikuti dengan saksi. Acara berakhir pukul 17.30 WIB.



Rohaniawan dari agama Islam, Kristen, Katolik (kiri ke kanan)



Undangan (Kepala UPT)



Gladi Resik



Pemanggilan Nama Peserta (kepala Balai-paling kanan)



Penandatanganan Janji PNS



Rehat Setelah Pengucapan Janji PNS

KUNJUNGAN TIM PUSARPEDAL KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG UNTUK SURVEI PENGUKURAN GRK(GAS RUMAH KACA) DI SUMATERA BARAT

29 Sept 2011

Agusta Kurniawan

Agusta.Kurniawan@bmg.go.id



Tim Pusarpedal disambut hangat oleh Kasubbag TU dan Staf Stasiun GAW Bukit Kototabang.

Hari Kamis 29 September 2011, stasiun GAW mendapat kunjungan dari Tim Pusarpedal (Pusat Pengendalian Dampak Lingkungan), suatu instansi di bawah Kementerian Lingkungan Hidup. Maksud utama kedatangan rombongan adalah untuk melakukan survey peralatan pengukuran gas rumah kaca yang ada di Sumatera Barat pada umumnya dan di stasiun GAW Bukit Kototabang secara khususnya.

Kerjasama antara Stasiun GAW Bukit Kototabang dengan Pusarpedal-KLH sudah sering dilakukan, terutama mengenai pemantauan deposisi asam melalui jaringan EANET.

Tim dari pusarpedal terdiri dari lima orang (tiga orang ibu: Rita, Binovita, Heny Puspita dan dua orang bapak : Paino dan Darma Erius). Dari penjelasan kepala tim dari Pusarpedal, alasan pemilihan lokasi survei ke stasiun GAW Bukit Kototabang, karena pertama ingin menjalin dan mempererat tali silaturahmi, kedua melalui searching di internet data gas rumah kaca (GRK) terpanjang di Indonesia, selalu mengarah ke Stasiun GAW Bukit Kototabang, ketiga untuk saling sharing mengenai metode sampling yang masing-masing dilakukan antara kedua belah pihak.



Penjelasan mengenai sampling POPs di udara ambient



Penjelasan mengenai Buletin Megasains

Setelah menjelang sore hari akhirnya Tim dari Pusarpedal meninggalkan stasiun GAW Bukit Kototabang.



Pencatatan data Gas Rumah Kaca (GRK) di stasiun GAW Bukit Kototabang



Tim Pusarpedal berpamitan dengan staf stasiun GAW Bukit Kototabang



Paparan Mengenai CO₂, CH₄ Monitoring menggunakan instrument Picarro G1301



Foto bersama Tim Pusarpedal dengan staf stasiun GAW Bukit Kototabang



Penjelasan mengenai Passive Gas Sampler untuk SO₂ dan NO₂



Tim Pusarpedal meninggalkan stasiun GAW Bukit Kototabang



Paparan mengenai Monitoring Radiasi Matahari di permukaan bumi

PRAKTEK KERJA LAPANGAN (PKL) MAHASISWA UNIVERSITAS NEGERI PADANG (UNP) DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

Juli-Agustus 2011

Agusta Kurniawan

Agusta.Kurniawan@bmgk.go.id



Kurang lebih selama satu bulan, tepatnya awal bulan Juli sampai Agustus 2011, Stasiun GAW Kototabang menjadi tempat melakukan Praktek Kerja Lapangan (PKL) bagi mahasiswa, PKL mahasiswa kali ini berasal dari mahasiswa Jurusan Fisika, Universitas Negeri Padang.(UNP).

Lalu siapa saja mereka, dan apa yang dikerjakan selama sebulan itu, tulisan ini akan secara ringkas mengulasnya.

Mahasiswa PKL

Stasiun GAW Bukit Kototabang sangat mendukung dengan adanya mahasiswa PKL atau mahasiswa penelitian. Sudah ada banyak penelitian yang dilakukan di Stasiun GAW Bukit Kototabang, baik dari dalam negeri maupun luar negeri.

Pada bulan maret 2011, sebanyak delapan orang mahasiswa UNP, mengajukan izin untuk PKL di Stasiun GAW Bukit Kototabang. Akhirnya sebanyak lima orang mahasiswi dari Jurusan Fisika UNP bernama : Dessupri Niarti (Dessupri), Wilda Febi R.(Wilda), Wedara Yuliatn (Wedara), Nilam Sari (Nilam), Wardina Nasution (Dina) mendapatkan kesempatan untuk mengadakan PKL di Stasiun GAW Bukit Kototabang.



Desuppri, Wilda, Wedara, Nilam dan Dina mendapatkan pengarahannya dari Kepala Stasiun GAW Bukit Kototabang (Bpk. Herizal -kanan)

Kegiatan Mahasiswa PKL di Stasiun GAW

Selama satu bulan di Stasiun GAW, ada banyak kegiatan yang dilakukan, dari pengamatan (observasi), melakukan sampling, pengolahan dan analisa data. Setelah itu ditahap akhir, Desuppri, Wilda, Wedara, Nilam dan Dina diminta untuk memaparkan serta mempresentasi apa yang diperoleh selama di Stasiun GAW Bukit Kototabang.



Penjelasan Rencana Penelitian oleh Kasi Datin Stasiun GAW (Bpk. Sugeng Nugroho-kiri)



Penjelasan Cara Kerja Ozon Analyzer oleh Kasi Observasi Stasiun GAW (Bpk. Asep Firman Ilahi-kanan)



Penjelasan Penggunaan Neraca Analitik oleh staf Operasional Stasiun GAW (Bpk. Yosfi Andri)



Penjelasan Pemasangan Filter HVAS oleh staf Operasional Stasiun GAW (Bpk. Yosfi Andri)



Penjelasan PM 10 Monitoring-BAM 1020 oleh staf Operasional Stasiun GAW (Bpk. Yosfi Andri)



Penjelasan PM 10 Monitoring-Nephelometer M9003 oleh staf Operasional Stasiun GAW (Bpk. Yosfi Andri)



Penjelasan Penggunaan Sound Level Meter oleh staf Operasional Stasiun GAW (Bpk. Yosfi Andri)



Praktek Pengoperasian Filter NIP oleh Mahasiswa PKL

Kemudian pada akhir masa PKL, mahasiswa diminta memaparkan tentang apa yang sudah diperoleh selama beberapa minggu di stasiun GAW Bukit Kototabang.



Presentasi di depan Staf GAW Bukit Kototabang dan di depan teman-teman mahasiswa PKL



Pendengar (audience) presentasi



Pemberian kenang-kenangan dari mahasiswa PKL ke kepala Stasiun GAW Bukit Kototabang, secara resmi menutup rangkaian PKL



Foto bersama mahasiswa PKL dengan staf stasiun GAW Bukit Kototabang

PEMASANGAN INTERNET MENGGUNAKAN VSAT IP DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

27-29 JULI 2011

Agusta Kurniawan

Agusta.Kurniawan@bmkgo.id

Setelah menunggu beberapa lama akhirnya Stasiun GAW Bukit Kototabang akhirnya mempunyai akses internet sendiri. Sebelumnya di Stasiun GAW Bukit Kototabang juga telah dipasang CCU/CMSS untuk akses intranet BMKG

Selama tiga hari dari 27-29 Juli 2011, dari pihak PT BSAP, memasang internet melalui VSAT IP. Teknisi yang memasang adalah Bpk. Muhammad Iqbal Aulia (panggilannya Bpk. Iqbal) disertai dengan satu orang rekannya dan didampingi dari pihak BMKG pusat (Pusat Jaringan BMKG) yaitu Bpk. Reinhard Adam T(panggilannya Bpk. Adam). Satelit yang digunakan adalah Satelit Inter Sky. Tahapan pemasangan VSAT IP, pertama pemasangan payung parabola dan receivernya, pointing(mengarah ke satelit) dan yang terakhir setting modem dan jaringan.



Pembelian berbagai material pendukung
(misal:pipa PVC) di toko besi



Pemasangan fondasi, kabel



Pemasangan kerangka Payung Parabola



Pemasangan Payung Parabola



Pemasangan Receiver



Pointing dan Pengecekan Signal dari Satelit



Setting Modem



Pemasangan kabel pendukung dan memasukkan kabel dalam pipa PVC



Pemasangan Modem dan Setting jaringan
(Bp. Iqbal-kiri, Bp Asep Firman Ilahi (kasi Observasi Stasiun GAW-kanan)



Penandatanganan Bukti Serah Terima
(Bp Adam (Pusat Jaringan BMKG-kiri, Bp. Iqbal (PT BSAP)-tengah, Bp Asep Firman Ilahi (kasi Observasi Stasiun GAW-kanan)

PERAWATAN DAN PERBAIKAN ARWS_GSMSYS OLEH TEKNISI PUSAT INSTRUMENTASI REKAYASA DAN KALIBRASI DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

Agusta Kurniawan

Agusta.Kurniawan@bmgk.go.id

Stasiun GAW Bukit Kototabang pada Tahun 2010 mendapat peralatan ARWS_GSM SYS, namun setelah beberapa waktu terdapat kesalahan pada instrument tersebut dan memerlukan perbaikan dan perawatan.

ARWS_GSM SYS

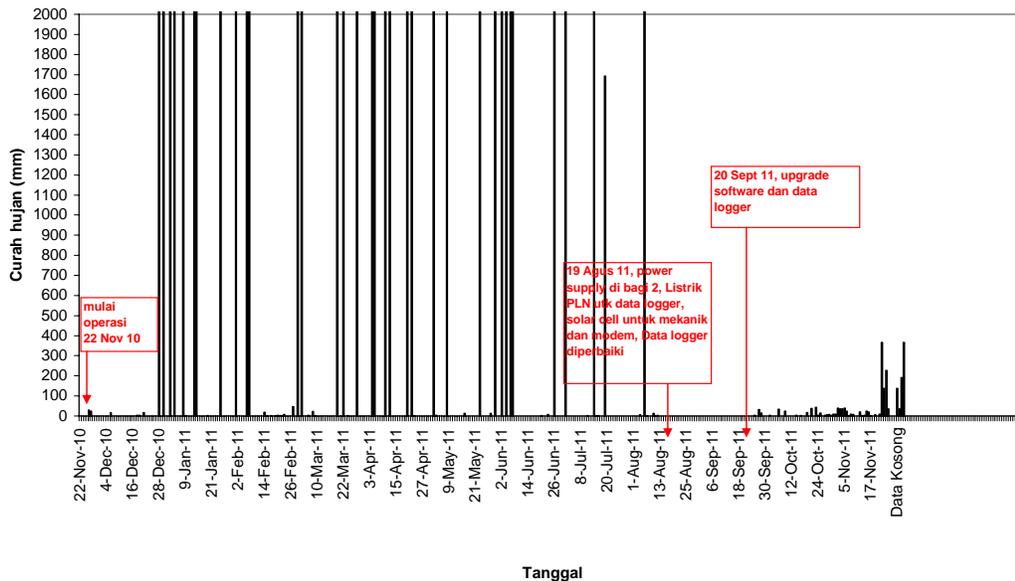
Merupakan peralatan penakar hujan otomatis yang dirancang untuk mengambil sampel air hujan. Peralatan ini terdiri atas dua buah unit yaitu sensor penakar curah hujan dan pengumpul sampel air hujan. Peralatan ini dilengkapi dengan fitur GSM Modem yang diperlukan untuk komunikasi via Handphone. ARWS_GSM SYS ini dibuat oleh Pusat Instrumentasi, Rekayasa dan Kalibrasi BMKG.



ARWS_GSM SYS di Stasiun GAW
sensor penakar curah hujan (kiri) dan
pengumpul sampel air hujan (kanan)

Walaupun sudah dilengkapi dengan panel surya sebagai tenaga listrik, data logger yang dilengkapi port RS232 dan memory card, modem GSM, namun tetap saja ada kendala operasional yang terjadi. Kendala yang terjadi adalah Data logger sering error bahkan mati karena kekurangan daya listrik, tutup (lid) ARWS terbuka pada tak hujan, curah hujan yang tercatat di data logger bisa mencapai di atas 100 mm/menit, botol penampung ARWS kering padahal terjadi hujan. Data yang dihasilkan kurang baik.

CURAH HUJAN HARIAN DI SPAG BUKIT KOTOTABANG TERCATAT DI DATA LOGGER ARWS



Dari gambar di atas terlihat sering kali terjadi curah hujan diatas 1000mm/hari, dari sejak pertama kali penempatan 22 November 2010, sampai pertengahan agustus 2011.

Perbaikan ARWS_GSM SYS

Akhirnya dari Pusat Instrumentasi, Rekeyasa dan Kalibrasi BMKG, mengirimkan teknisinya yaitu Bp Agustianto Damar dan Bp Fauzy untuk melakukan perawatan dan perbaikan ARWS_GSM SYS. Tepatnya hari Jumat 19 Agustus 2011, proses perawatan dan perbaikan dilakukan. Perawatan dilakukan dengan membagi power supply (listrik) menjadi dua, dari semula sumber listrik untuk semua komponen (modem, mekanik data logger) hanya dari panel surya, kemudian diubah untuk modem GSM dan mekanik (motor penggerak) dari panel surya, sedangkan untuk data logger menggunakan dari listrik PLN.



Pemeriksaan Kerusakan ARWS



Perbaikan ARWS dan Penggantian komponen (Bp Agustianto Damar-kiri, Bp Fauzy-kanan)

Teknisi dari BMKG pusat juga meminta supaya listrik dari PLN yang digunakan untuk data logger didukung dengan UPS utama yang ada di laboratorium, sehingga memperkecil kemungkinan adanya gangguan listrik dari PLN. Sementara dalam perbaikan maka data logger dibawa ke Pusat Instrumentasi, Rekeyasa dan Kalibrasi BMKG, untuk dilakukan perbaikan.

Pemasangan kabel listrik PLN dilengkapi UPS ke ARWS_GSM SYS

Sesuai dengan permintaan dari teknisi Pusat Instrumentasi, Rekayasa dan Kalibrasi BMKG, maka pada 15 September 2011, dilakukan pemasangan kabel listrik dari laboratorium utama stasiun GAW ke ARWS. Pemilihan pengambilan daya dari laboratorium utama karena listrik di sana didukung oleh UPS utama 10 KVA. Pemasangan dilakukan sendiri oleh staf stasiun GAW Bukit Kototabang.



Pemasangan rol kabel ke dinding



Pemasangan rol kabel



Pemasangan jack dan rol kabel ke ARWS



Pemasangan jack dan Rol kabel Ke laboratorium utama

Pemasangan data logger dan upgrade software ARWS

Setelah perbaikan software pada datalogger, akhirnya pada Sabtu 17 September 2011, data logger dipasang kembali ke ARWS, berikut dengan upgrade softwrenya. Pemasangan dilakukan oleh staf stasiun GAW Bukit Kototabang dan dipandu oleh teknisi dari Pusat Instrumentasi, Rekayasa dan Kalibrasi BMKG.



Pemasangan data logger



Setting dan reset data logger

MAHASISWI JURUSAN FISIKA UNIVERSITAS ANDALAS (UNAND) MERAKIT SENDIRI PROTOTYPE ALAT PENGUKUR GAS KARBONMONOKSIDA (CO) DAN MEMBANDINGKANNYA DENGAN INSTRUMEN DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

9 Agustus 2011

Agusta Kurniawan

Agusta.Kurniawan@bmgk.go.id

Stasiun GAW Bukit Kototabang terbuka dengan riset/penelitian yang dilakukan oleh instansi/perorangan, baik dari dalam ataupun luar negeri. Pada 9 Agustus 2011 seorang mahasiswi jurusan Fisika Universitas Andalas (UNAND) datang ke stasiun GAW Bukit Kototabang, untuk membandingkan data hasil pengukuran instrument ciptaannya dengan data yang dihasilkan oleh instrument yang ada di Stasiun GAW Bukit Kototabang. Selengkapnya akan dibahas satu per satu pada artikel di bawah ini.



Prototipe alat pengukur gas karbonmonoksida (CO) buatan mahasiswa UNAND

- **Mahasiswi Jurusan Fisika Universitas Andalas**

Hari Senin 9 Agustus 2011, Stasiun GAW mendapat kunjungan dari mahasiswi Jurusan Fisika Universitas Andalas (Sumatera Barat) bersama rekannya. Mahasiswi tingkat akhir Jurusan Fisika ini mengadakan penelitian tugas akhir dengan membuat instrument/peralatan yang dapat mengukur gas karbonmonoksida (CO). Kisaran sensitivitas alat yang dibuat antara 1-1000 ppm. Nama mahasiswi tersebut Rahmi Mandaliza, yang akrab dipanggil Rahmi tertarik dengan perakitan instrumen pengukur CO sebagai penelitian tugas akhir-nya dengan alasan ingin membuat suatu instrumen yang berguna bagi masyarakat dan menerapkan kemampuannya di bidang mikrocontroller.



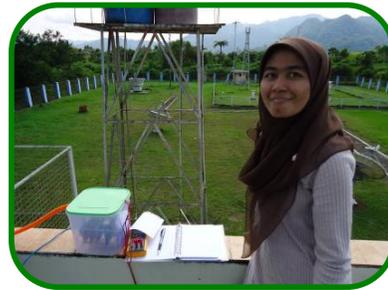
Rahmi-tengah dan rekannya disambut hangat oleh Kasi Observasi Stasiun GAW (Bpk.. Asep Firman Ilahi-kiri)

Proses membandingkan data instrumen berlangsung dua kali, pertama dibandingkan untuk mengukur udara ambien dan yang kedua untuk mengukur emisi dari kendaraan bermotor.

- **Mengukur Udara Ambien**

Untuk mengukur udara ambien, maka prototipe alat itu diletakkan di dekat lubang inlet masuknya sampel udara ambien selama beberapa puluh menit. Kemudian karena belum dilengkapi sistem data logger, tegangan yang dikeluarkan oleh prototipe alat tersebut dicatat

secara manual. Instrumen untuk monitoring gas karbonmonoksida di Stasiun GAW Bukit Kototabang bernama CO Analyzer : HORIBA APMA 360 dengan resolusi data setiap 1 menit. Rawdata dari HORIBA APMA 360 diambil pada waktu yang sama saat mencatat tegangan yang dikeluarkan prototipe alat, kemudian hasilnya dianalisa dan dibandingkan.



Proses Pengukuran Udara Ambien, membandingkan antara data prototipe alat rahmi dengan HORIBA APMA 360

Hasil sementara menunjukkan bahwa kandungan gas karbonmonoksida (CO) dalam udara ambien di Stasiun GAW sangat rendah (masih dalam orde ppb:part per billion), sehingga masih berada dibawah sensitivitas prototipe alat buatan Rahmi.

- **Mengukur Emisi Kendaraan Bermotor**

Karena data yang dihasilkan kurang baik, maka Rahmi mencoba mengukur emisi kendaraan bermotor. Emisi yang diukur masih sama yaitu gas karbonmonoksida (CO), namun untuk instrumennya berbeda. Alat prototipe buatan Rahmi dibandingkan dengan *Portable CO Analyzer* yang ada di stasiun GAW Bukit Kototabang. Sedangkan kendaraan bermotor yang diukur emisi gas CO-nya adalah Mitsubishi Strada L-200. Cara kerjanya sama dengan pengukuran udara ambien, mobil dihidupkan selama beberapa menit, kemudian lubang masuk gas dan sensor pada kedua alat pengukur gas karbonmonoksida (CO) didekatkan di lubang knalpot mobil. Catat tegangan yang terukur pada prototipe alat Rahmi dan catat konsentrasi gas pada *Portable CO Analyzer*. Hasilnya kemudian dibandingkan dan dianalisa.



Proses Pengukuran emisi kendaraan bermotor, membandingkan antara prototipe alat Rahmi dengan portable CO Analyzer