

GLOBAL DIMMING DAN MASA DEPAN PERUBAHAN IKLIM DI INDONESIA

Fadli Syamsudin

Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Inventarisasi Sumberdaya Alam (P3-TISDA),
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Abstract

A-14-year (1979-1993) image satellites of Solar Radiation, NOAA and Sea Surface Height Anomaly of TOPEX/POSEIDON and ERS-2 have been used to study a reducing solar radiation received by the Earth (global dimming) and to predict local weather anomaly for the future climate prediction in the Indonesian region. The result shows that a dimming of solar radiation is of 16.6% during 14-year observation. It is higher than the mean increasing of global dimming of 2 - 3% for every decade. This explicitly indicates that the air pollution in the form of aerosols from industrial sectors has large contributions to this this dimming process. At the other side, there is a trend of dominant warm water in the southern Jawa-Bali that affect on the increasing of rainfall intensity in the Indonesian region. We predict that flood and a longer dark during the day time, and more variative local weather change will be more frequently happen in the Indonesian region in the future.

Kata kunci: global dimming, global warming, radiasi sinar matahari, anomali tinggi permukaan laut.

1. PENDAHULUAN

Fenomena penyusutan radiasi sinar matahari, atau lebih dikenal dengan sebutan *global dimming*, telah menjadi perbincangan hangat kalangan ilmuwan dunia dewasa ini, akibat dampaknya yang sangat luas terhadap perubahan iklim global. Fenomena ini menambah kekhawatiran baru bagi para pemerhati lingkungan dunia, selain fenomena *global warming* yang telah diketahui lebih dahulu.

Ratusan alat ukur radiometer yang dipasang di benua Antartika (kutub selatan) dan Artika (kutub utara) mencatat penurunan intensitas radiasi matahari yang diterima bumi sebesar 10% dari akhir tahun 1950 sampai dengan awal 1990, atau sekitar 2 - 3% setiap dekadanya. Bahkan untuk beberapa wilayah Asia, Amerika Serikat dan Eropa, dimana industri berkembang sangat pesat, terjadi penurunan dalam jumlah yang lebih besar, seperti Hongkong: 37%⁽¹⁾.

Fenomena baru yang disebut *global dimming* ini telah menjadi perhatian publik dunia, meskipun pada awalnya tidak ada peneliti yang percaya akan hal itu, ketika pertama kali dilaporkan Atsumu Ohmura dari Institut Teknologi Federal Swiss di harian *the Guardian* dan majalah bergensi *Science*, pada

tahun 1985^(2,3). Berbeda dengan isu pemanasan global (*global warming*) yang telah diketahui penyebabnya, yaitu meningkatnya kandungan karbon dioksida (CO₂) di atmosfer sebagai akibat tingginya konsumsi bahan bakar minyak, batubara dan gas alam lainnya yang menahan radiasi matahari dan menyebabkan pemanasan temperatur bumi, maka fenomena *global dimming* masih dalam tahap awal studi dan belum banyak dipahami para ahli.

Teori yang berkembang saat ini menjelaskan sinar matahari dapat membawa jelaga partikel (dalam bentuk aerosol dan sejenisnya) kembali ke angkasa. Polusi yang terjadi di atmosfer menyebabkan peningkatan proses kondensasi pada tetes air (*droplet*) di udara, menjadi awan tebal yang lebih gelap dan dapat menahan serta mengurangi intensitas transmisi sinar matahari (*dimming*) mencapai permukaan bumi. Meningkatnya industri yang tidak ramah lingkungan menjadi kandidat utama penyebab *global dimming*.

Makalah ini memaparkan analisis perubahan radiasi sinar matahari yang terjadi dalam kurun waktu 14 tahun, dari tahun 1979 sampai dengan 1993 di wilayah Indonesia. Rentang waktu lebih panjang tidak tersedia

dalam basis data yang dapat diakses secara umum.

2. TUJUAN

Makalah ini ingin mencari korelasi perubahan radiasi sinar matahari yang diterima oleh bumi dan mengamati kecenderungan perubahan iklim yang terjadi selama satu dasawarsa belakangan ini serta prediksi kemungkinan perubahan iklim regional dan cuaca lokal di wilayah Indonesia pada masa mendatang.

3. METODOLOGI

Aplikasi penginderaan jauh satelit NOAA di wilayah Indonesia digunakan untuk menakar penyusutan radiasi sinar matahari (*global dimming*) dan bagaimana pengaruhnya terhadap kecenderungan perubahan iklim selama satu dasawarsa dewasa ini dengan memeriksa data Anomali Tinggi Permukaan Laut (ATPL) citra satelit TOPEX/POSEIDON dan ERS-2.

Dalam studi ini digunakan data fluk rata-rata radiasi sinar matahari selama tahun 1979 sampai dengan 1993 (14 tahun) yang diperoleh dari sensor satelit NOAA. Citra satelit tersebut dapat diambil melalui media internet dari Pusat Diagnostik Iklim (*Diagnostic Climate Center*), NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration's*) pemerintah Amerika Serikat.

Perubahan fluk radiasi yang diamati hanya difokuskan pada atmosfer di wilayah Indonesia bagian tengah (P. Jawa dan P. Kalimantan) yang dalam hal ini dipandang memiliki kepadatan lokasi industri tertinggi di Indonesia. Analisis perubahan penyusutan radiasi sinar matahari dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan perubahan fluk rata-rata radiasi sinar matahari selama kurun waktu 14 tahun tersebut.

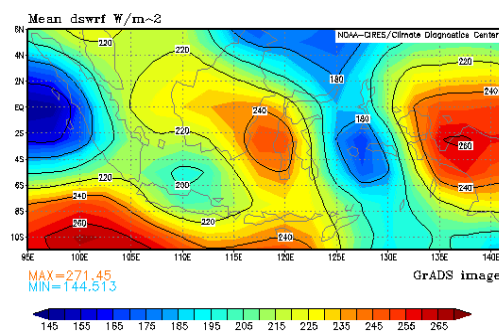
Untuk melihat korelasi penyusutan radiasi sinar matahari dengan perubahan iklim yang terjadi di wilayah Indonesia, kami menggunakan data Anomali Tinggi Permukaan Laut (ATPL) satelit TOPEX-POSEIDON/ERS-2 di perairan selatan Jawa-Bali. ATPL dapat digunakan menjadi indikator (*proxy*) perubahan konveksi panas yang dialirkan laut ke atmosfer melalui kandungan positif (panas)/negatif (dingin) nilai ATPL.

4. GLOBAL WARMING VERSUS GLOBAL DIMMING

Hasil penelitian tentang pengaruh awan terhadap keseimbangan neraca energi global menunjukkan terjadi peningkatan *albedo* (perbedaan radiasi matahari yang dipantulkan dan yang diterima bumi) dari 15% menjadi 30%. Kuantitas yang sama dengan energi hilang sebesar 50 W/m^2 . Awan mengurangi emisi sinar infra merah sebesar 30 W/m^2 , sehingga pengaruh awan dalam sistem neraca keseimbangan global telah menyebabkan kehilangan energi sebesar 20 W/m^2 .

Bandingkan kuantitas tersebut dengan pengaruh efek rumah kaca (*green house effect*) yang memicu pemanasan global sebesar 4 W/m^2 , meskipun diberikan penambahan kandungan CO_2 di atmosfer dua kali lebih besar dari kondisi saat ini⁽⁴⁾.

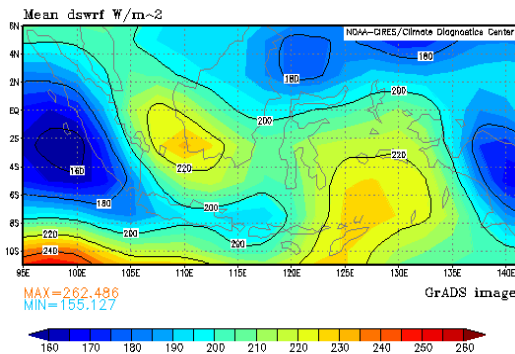
Tidak mengherankan apabila fenomena ini telah menarik perhatian peneliti seluruh dunia, mengingat dampaknya yang sangat luas pada perubahan iklim, daur hidrologi dan bidang pertanian. Apakah fenomena *global dimming* ini terjadi juga di Indonesia?.



Gambar 1. Fluk rata-rata radiasi sinar matahari di wilayah Indonesia selama bulan Januari 1979. Skala warna dalam unit W/m^2 (Sumber data: *Climate Diagnostic Center, NOAA*).

Nilai rerata fluk radiasi sinar matahari selama sebulan untuk seluruh wilayah Indonesia pada bulan Januari 1979 ditunjukkan dalam *gambar 1* dan Januari 1993 dalam *gambar 2*. Terlihat perbedaan kontras menurunnya intensitas radiasi matahari di wilayah atmosfer sekitar P. Kalimantan dan P. Jawa yang ditandai dengan perubahan kontur intensitas radiasi

240 W/m² (1979) berwarna merah muda menjadi 200 W/m² (1993) berwarna sian.



Gambar 2. Fluk rata-rata radiasi sinar matahari di wilayah Indonesia selama bulan Januari 1993. Skala warna dalam unit W/m² (Sumber data: *Climate Diagnostic Center, NOAA*).

Besarnya penurunan yang terjadi selama 14 tahun tersebut sekitar 16.6%, jauh lebih besar dari nilai 3% per dekade seperti yang dilaporkan untuk wilayah kutub selatan dan utara. Hal ini menunjukkan polusi udara dalam bentuk aerosol dan partikel sejenis lainnya yang terjadi di wilayah Indonesia sangat signifikan dalam menyumbang penyusutan intensitas radiasi matahari di seluruh dunia.

5. MASA DEPAN IKLIM INDONESIA

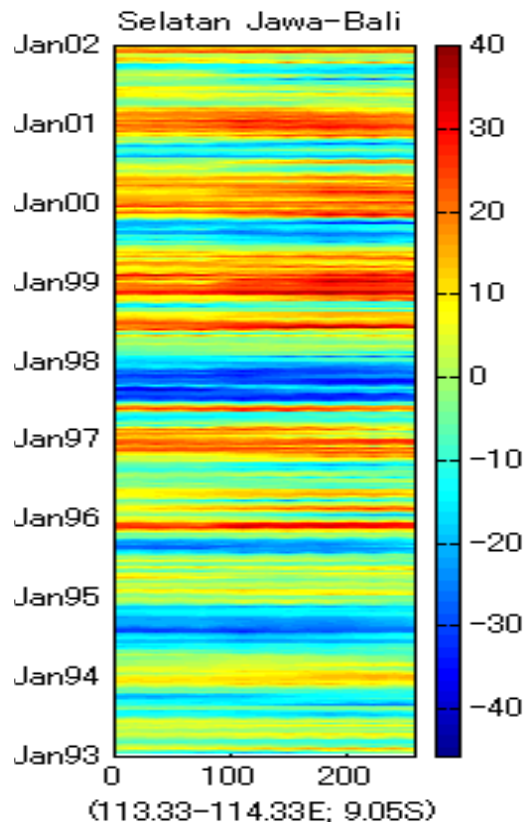
Menarik apabila kita mencermati kecenderungan perubahan iklim global dunia dengan mengamati dampaknya yang mungkin terjadi di wilayah Indonesia pada masa mendatang.

Penelitian Harger⁽⁵⁾ menggunakan data temperatur udara selama 104 tahun (1866 – 1991) menunjukkan kenaikan sebesar 1,64 °C (25,771 s/d 27.409 °C dan kenaikan merata tahunan 0.0132 °C) di stasiun Jakarta dan Semarang yang dihitung secara bersamaan. Perubahan infrastruktur kota Jakarta baru terasa pengaruhnya pada iklim lokal memasuki tahun 1980.

Apakah setelah tahun 1980 pemanasan suhu terjadi lebih cepat, sehubungan dengan meningkatnya kadar CO₂ (efek rumah kaca) akibat meningkatnya jumlah kendaraan bermotor seiring dengan pertumbuhan populasi penduduk yang sangat pesat?. Hal ini belum tentu terjadi, mengingat skala waktu relaksasi yang dibutuhkan untuk pemanasan suhu akibat peningkatan CO₂ (*global warming*) di atmosfer mempunyai skala dalam ratusan tahun

dibandingkan dengan efek pendinginan (*cooling*) oleh aerosol dan polusi partikel lainnya (*global dimming*) dalam skala mingguan.

Dengan demikian, akumulasi penyusutan sinar matahari akan terjadi lebih cepat di wilayah Indonesia dengan meningkatnya polusi udara yang ditimbulkan oleh limbah industri. Dampaknya adalah anomali cuaca lokal yang semakin tidak menentu pada dekade mendatang sebagai akibat perubahan ini. Hujan es yang terjadi di wilayah Jakarta merupakan salah satu akibat dari fenomena ini. Selain itu, pemanasan global akan terjadi lebih cepat lagi, akibat refleksi panas yang diterima bumi dalam bentuk radiasi gelombang panjang tertahan oleh awan tebal di atmosfer.



Gambar 3. Anomali Tinggi Permukaan Laut Satelit TOPEX/POSEIDON dan ERS-2 di perairan selatan Jawa-Bali selama 10 tahun (1993 – 2002). (Sumber data: *CLS Space Oceanography Divison, CNES*).

Apakah dampak pemanasan global tersebut tercermin juga pada kondisi laut di perairan Indonesia?. Untuk melihat

hubungan tersebut, kami melakukan analisis secara kualitatif data Anomali Tinggi Permukaan Laut (ATPL) citra satelit TOPEX/POSEIDON dan ERS-2 selama 10 tahun (1993-2002) di perairan Selatan Jawa dan Bali yang terkait langsung dengan kecenderungan kenaikan refleksi rerata radiasi sinar matahari yang dipantulkan awan selama tahun 1979 s/d 1993 dalam area pengamatan penelitian ini. *Gambar 3* adalah *Hoevermoller diagram* perubahan ATPL di perairan Selatan Jawa dan Bali selama kurun waktu 10 tahun (1993 – 2002). Kontur positif ATPL warna merah berkorelasi dengan massa air hangat (temperatur tinggi atau pusat tekanan rendah), sedangkan kontur negatif ATPL warna biru berkorelasi dengan massa air dingin atau pusat tekanan tinggi.

Dari tahun 1993 s/d 1998 terlihat ATPL negatif mendominasi perairan Selatan Jawa-Bali. Hal itu memberi indikasi suplai uap air yang rendah ke atmosfer, sebagai akibat berkurangnya penguapan yang terjadi (massa air dingin). Kondisi ini sesuai dengan kejadian musim kering yang lebih panjang pada paruh kedua selama tahun 1993, 1994, 1995 dan mencapai puncaknya pada tahun 1997 yang dikenal sebagai tahun dengan salah satu kejadian El Nino terpanas selama ini. Dampak kekeringan masih berlanjut sampai Januari 1998 dan diperkuat dengan datangnya *Dipole Mode Event* dari Samudra Hindia Timur⁽⁶⁾.

Kondisi sebaliknya terjadi pada tahun 1998 s/d 2002 dengan dominasi ATPL positif (massa air hangat) yang menyebabkan penguapan berlebih. Dampaknya adalah musim hujan pada akhir tahun semakin tinggi intensitasnya dan menyebabkan beberapa kota di Indonesia mengalami banjir, seperti yang terjadi pada tahun 1999, 2000, 2001, dan 2002 sesuai rekaman data ATPL ini^(7,8,9,10).

Dominasi massa air hangat menjadikan wilayah di perairan Selatan Jawa dan Bali sebagai pusat tekanan rendah (depresi) yang dapat menarik pusat tekanan tinggi dalam bentuk badai siklon tropis yang intensitas kejadiannya semakin meningkat dari tahun 1999 sampai saat ini⁽¹¹⁾. Ada badai tropis *Inigo* yang terbentuk di laut lepas selatan perairan Paparan Sunda yang menyebabkan bencana banjir dan longsor di P. Flores pada tanggal 2 April, 2003⁽¹²⁾. Badai tropis *Jana* yang datang dari arah Barat laut Samudera Hindia pada tanggal 9 Desember 2003 menyebabkan wilayah Jakarta dan sekitarnya banjir⁽¹³⁾.

Tampaknya anomali cuaca lokal akan semakin sering terjadi pada masa mendatang. Beberapa kali hujan es disertai angin beliuang

terjadi di Jakarta beberapa waktu yang lalu hanya bagian kecil dari cuaca lokal yang dipengaruhi imbas perubahan iklim regional yang sedang terjadi saat ini.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan di wilayah Indonesia telah terjadi penyusutan radiasi sinar matahari dalam kurun waktu 14 tahun (1979-1993) sebesar 16.6%. Besaran tersebut di atas nilai rata-rata dunia yang menyatakan penurunan sebesar 2-3% setiap dekadanya. Hal itu menunjukkan polusi udara akibat limbah industri dalam bentuk aerosol sangat besar menyumbang penyusutan tersebut di wilayah Indonesia dan dunia pada umumnya.

Penyusutan radiasi sinar matahari dan kecenderungan dominasi massa air hangat di perairan Selatan Jawa dan Bali pada masa mendatang akan menjadikan wilayah Indonesia lebih sedikit menerima sinar matahari dan curah hujan yang semakin besar intensitasnya. Dengan demikian bencana banjir disertai peningkatan intensitas kedatangan badai tropis dan gelap yang lebih panjang serta cuaca lokal yang semakin bervariasi diramal akan semakin sering melanda wilayah Indonesia.

5.2 Saran

Fakta ilmiah yang dibentangkan dalam penelitian ini memerlukan perhatian kita semua untuk mencegah dan mengantisipasinya sedini mungkin dengan memperhatikan kebijakan sektor lingkungan atmosfer di wilayah Indonesia secara menyeluruh yang terkait dengan pertumbuhan industri. Pengawasan yang lebih ketat pada standar baku konsentrasi limbah NO₂ dan lain-lain dalam buangan produk sebuah pabrik ataupun polutan dalam bentuk CO₂ hasil emisi gas kendaraan bermotor hendaknya telah menjadi komitmen pemerintah yang serius dengan penegakan hukum yang menyertainya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Harian The New York Time, edisi 13 Mei. 2004.

2. Harian The Guardian, edisi 18 Desember. 2003.
3. Majalah Science, edisi 15 November 2002, 298, 1410-1411.
4. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001.
5. J.R.E. Harger, January 25-30, 1993, Global Change, Temperature Pattern, ENSO Variations and Climate Effects as shown by Long-term Data from Indonesia and Philippines, International conference on sustainable development strategies and global/regional/local impacts on atmospheric composition and climate.
6. Saji, N.H., B.N. Goswani, P.N. Vinayachandran, and T. Yamagata, 1999, A Dipole mode in the tropical Indian Ocean, *Nature* 401, 360-363.
7. Harian Kompas, edisi 17 Mei 1999, Banjir Bakal Terus Mengintai.
8. Harian Kompas, edisi 18 November 2000, Waspada Banjir Kiriman dari Bogor.
9. Harian Kompas, edisi 3 Agustus 2001, Hujan Lebat Ancam Pantai Barat Sumatra.
10. Harian Kompas, edisi 2 Februari 2002, Banjir Jakarta 1996 dan 2002.
11. Henderson-Sellers, A., H. Zhang, G. Berz, K. Emanuel, W. Gray, C. Landsea, G. Holland, J. Lighthill, S-L. Shieh, P. Webster, and K. McGuffie, 1998, Tropical Cyclones and Global Climate Change: A Post-IPCC Assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79: 19-38.
12. Harian Kompas, edisi 5 April 2003, Inilah Penyebab Banjir dan Longsor di NTT.
13. Harian Kompas, edisi 18 Desember 2003, Badai Tropis Sebagai Indikator Cuaca 2004.