

ANALISIS PENGARUH KEBAKARAN HUTAN DAN LETUSAN GUNUNG BERAPI TERHADAP KARAKTERISTIK OZON DI INDONESIA DILIHAT DARI INDEKS AEROSOL DAN INDEKS SO₂

Ninong Komala

Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Udara
Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim - LAPAN

Ringkasan

Peristiwa alam kebakaran hutan dan letusan gunung berapi diduga mempunyai dampak terhadap karakteristik/variasi ozon di Indonesia. Penelitian dilakukan dengan melihat korelasi indeks aerosol dengan total ozon pada saat terjadinya peristiwa kebakaran hutan dan letusan gunung berapi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada saat terjadi kebakaran hutan, kondisi ozon menunjukkan nilai ozon yang lebih tinggi dari tahun normal dengan indeks aerosol yang menunjukkan nilai positif. Sedangkan pada saat terjadi letusan gunung berapi kondisi ozon di Indonesia menunjukkan nilai yang lebih rendah dengan nilai indeks aerosol negatif.

Abstract

Forest fire and explosive volcanic eruptions can inject material directly into the ozone layer and influence the ozone variation. This effect could be investigated by considering the aerosol and SO₂ index to the total ozone correlation. During the forest fire, the total ozone show increasing with the positive aerosol index. Volcanic eruption can make the chemical reactions on and within the surface of volcanic particles injected into the lower stratosphere lead to enhanced ozone destruction, and the negative index aerosol also shown.

1. PENDAHULUAN

Penelitian ozon telah dilakukan di Indonesia dengan melakukan pengukuran ozon permukaan di Bandung dan Watukosek sejak 1986 (Komala. dkk, 1990), peluncuran ozonsonde di Watukosek sejak 1992 (Komala. dkk, 1994, Saraspriya. dkk, 1993, Fujiwara. dkk, 1997). Pada tahun 1994 dan 1997, ozon di Indonesia khususnya di Watukosek menunjukkan kenaikan yang cukup besar (Saraspriya et al, 1998 Kawakami et al, 1998, Fujiwara et al, 1999).

Hasil penelitian tahun 2000 menunjukkan bahwa ozon di Indonesia lebih rendah dibandingkan dengan hasil pada tahun 1994 dan 1997 pada saat terjadi kebakaran hutan yang sangat besar di Indonesia. Pada bulan Desember 2000, saat Gunung Bromo meletus, profil ozon di Watukosek menunjukkan adanya penurunan ozon di lapisan tertentu, yang diperkirakan disebabkan adanya pengaruh aerosol dari letusan gunung berapi tersebut (Komala, 2001).

Pembakaran biomassa, yaitu pembakaran tanaman hidup juga tanaman mati untuk pembersihan lahan dan perubahan peruntukan lahan, diidentifikasi sebagai sumber gas dan partikulat yang signifikan untuk atmosfer lokal, regional dan global (Crutzen dkk, 1979, Seiler dan Crutzen, 1980, Crutzen dan Andreae, 1990, Levine dkk, 1995).

Polusi Udara dan Pengukurannya (2005), 2 - 9
Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional

Mayoritas pembakaran biomass yaitu sekitar 90% biasanya berasal dari aktivitas/kegiatan manusia, sedangkan kebakaran yang berasal dari alam atau yang dipicu oleh petir hanya sekitar 10% dari keseluruhan kebakaran (Andreae, 1991). Gas-gas yang dihasilkan pada waktu proses kebakaran adalah CO_2 , CO , CH_4 , oksida nitrogen (NO dan NO_2) dan amoniak (NH_3). Gas-gas CH_4 , CO dan NO_2 merupakan pemicu produksi ozon secara fotokimia di troposfer. CO_2 , CH_4 dan O_3 ini merupakan gas rumah kaca yang dapat mengarah ke pemanasan global. Aerosol atau partikulat, partikel padat kecil juga dihasilkan dari proses kebakaran biomas dan dilepas ke atmosfer. Partikulat ini mengabsorpsi dan menyebarkan radiasi matahari yang datang dan bisa mempengaruhi iklim skala lokal, regional maupun global. Karena mempunyai cakupan harian yang global dan kalibrasi sampling yang konsisten dibandingkan dengan fire counts yang dihitung dari satelit, maka dalam penelitian ini digunakan aerosol indeks sebagai indeks untuk melihat pengaruh biomass burning atau peristiwa alam lainnya.

Gunung berapi dapat menjadi sumber polusi di stratosfir karena pada saat meletus gunung berapi menghasilkan campuran yang kompleks dari batuan, partikel dan gas-gas. Batuan dan debu dengan partikel besar jatuh dari plume vulkanik di dekat lokasi gunung berapi tersebut, partikel-partikel yang lebih kecil berpindah lebih lambat, tetapi walaupun dianggap kurang signifikan bila dianggap sebagai material yang diinjeksikan ke stratosfer, gas-gas yang dilepaskan mempunyai pengaruh terhadap ozon stratosfer.

Emisi gas dari gunung berapi yaitu gas-gas vulkanik yang terbentuk sepanjang pelelehan di dalam dapur magma. Pengukuran menunjukkan 98% dari gas yang diemisikan adalah uap air, sisanya sebagian besar adalah sulfur yang diemisikan sebagai H_2S (Hidrogen Sulfida) dan SO_2 (sulfur dioksida) dalam jumlah yang hampir sama. Klorin dan fluorin yang diemisikan cenderung dalam bentuk HCl dan HF tereduksi yang secara umum keberadaannya 0.1% atau 0.2% dari total gas yang diemisikan.

Sulfur dioksida merupakan gas terpenting yang diemisikan gunung berapi sampai sejauh stratosfer. Sulfur dapat diperkirakan sekitar 1% dari jumlah gas yang diemisikan, dan SO_2 kira-kira setengahnya dari sulfur. Diperkirakan El Chichon menyuntikkan 7 juta ton SO_2 ke stratosfer dan Pinatubo kira-kira 20 juta ton. SO_2 di stratosfer dioksidasi menjadi H_2SO_4 (asam sulfat) yang bersenyawa menjadi partikel kecil atau aerosol yang memerlukan waktu 30 hari sesudah injeksi SO_2 ke stratosfer. Partikel ini berfungsi seperti gas dalam kecepatan jatuhnya, sehingga gerakan kecil dan turbulen cukup untuk membuat gas tersebut tinggal dalam massa udara yang sama dengan sisa gas dari gunung berapi.

Keberadaan debu di stratosfer dapat membuat seolah matahari terbenam terus, dan tampak selalu berwarna ungu, dan akan berakhir selama beberapa bulan, bahkan bisa satu sampai dua tahun sesudah gunung itu meletus. Sebagai contoh pada tahun 1815 gunung Tambora meletus, dalam sejarah, pada tahun 1816 di dunia dikenal sebagai tahun tanpa musim panas karena terjadi pendinginan yang dramatis oleh sulfat aerosol di atmosfer.

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat melanjutkan sumbangan data (inventori data) ozon Indonesia bagi data ozon dunia serta dapat menganalisis peranan ozon Indonesia dalam anomali iklim yang dialami / perubahan iklim.

2. DATA DAN PENGOLAHANNYA

2.1 Data

Data diperoleh dengan melakukan inventori data total ozon dari TOMS untuk kota/tempat di utara ekuator, di ekuator, juga di sebelah selatan ekuator. Data indeks aerosol untuk tempat/kota di utara ekuator, di ekuator dan di selatan ekuator. Dilakukan pula inventori data untuk peristiwa kebakaran hutan dan letusan gunung berapi yang termasuk peristiwa yang besar seperti meletusnya gunung Galunggung tahun 1982, Gunung Merapi serta peristiwa kebakaran hutan yang besar yang terjadi pada tahun 1994 dan 1997.

2.2. Metode

Penelitian dilakukan dengan cara pengukuran secara insitu (pengukuran secara langsung) untuk ozon permukaan dan ozon vertikal (ozon troposfer dan stratosfer) dengan lokasi di Bandung (ozon permukaan) dan Watukosek (ozon permukaan, ozon troposfer, stratosfer dan total ozon). Data total ozon troposfer dan stratosfer di atas Indonesia diperoleh dari data satelit Earth Probe-TOMS. Korelasi secara grafis dan statistik untuk ozon total dan indeks aerosol dilakukan untuk setiap lokasi yang diambil. Untuk melihat periode yang dominan dari variasi perubahan ozon dilakukan dengan menggunakan metoda transformasi wavelet.

2. HASIL PEMBAHASAN

Data aerosol Indeks diperoleh dari TOMS. TOMS aerosol index adalah ukuran seberapa besar ketergantungan radiasi UV back scatter dari atmosfer yang mengandung aerosol (Mie scattering, Rayleigh scattering, dan absorpsi) berbeda dengan molekul atmosfer (Rayleigh scattering murni).

Secara kuantitatif aerosol index AI didefinisikan sebagai:

$$AI = -100 \log_{10} \left[\frac{I_{331}^{Meas}}{I_{360}^{Calc}} \right] \dots\dots\dots 3.1$$

dimana I_{331}^{Meas} = EP-TOMS radiance yang diukur pada 331 nm, I_{360}^{Calc} = EP-TOMS radiance untuk Rayleigh atmosfer yang dihitung pada 360 nm

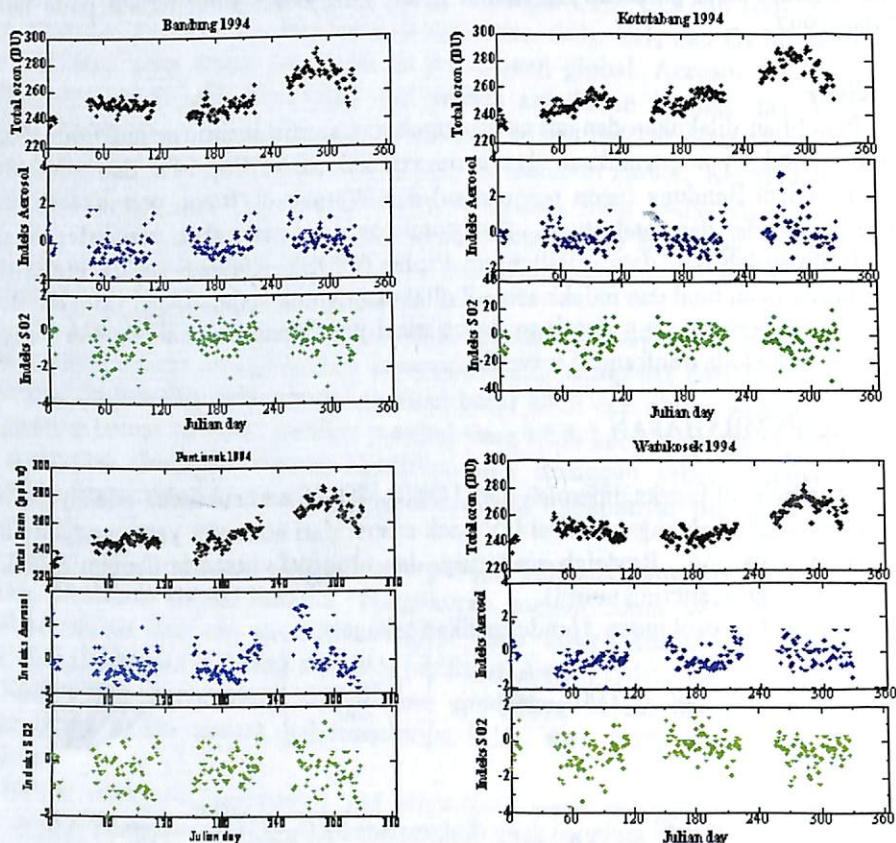
Secara umum, the AI mempunyai nilai positif untuk aerosol yang mengabsorpsi dan nilai negatif untuk non-absorbing aerosols (scattering murni). Sedangkan indeks SO_2 yang diperoleh adalah merupakan sebagian dari indeks aerosol (di dalam indeks karena nilainya kecil, dikalikan sepuluh).

Data total ozon, indeks aerosol dan indeks SO_2 diambil dari satelit Earth Probe-TOMS yang bisa diperoleh dari internet. Data pada periode terjadinya peristiwa kebakaran hutan dan letusan gunung berapi diambil hanya pada periode yang ekstrim. Data September-Oktober 1994 dan 1997 digunakan sebagai contoh peristiwa kebakaran hutan yang ekstrim, sedangkan untuk letusan gunung berapi data yang diambil adalah tahun 1982 saat terjadi letusan gunung Galunggung, dan El Chichon, tahun 1991 saat Pinatubo dan bulan Desember 2000 saat terjadi letusan Gunung Bromo.

3.1. Pengaruh Kebakaran Hutan Terhadap Total Ozon.

3.1.a. Kebakaran hutan tahun 1994

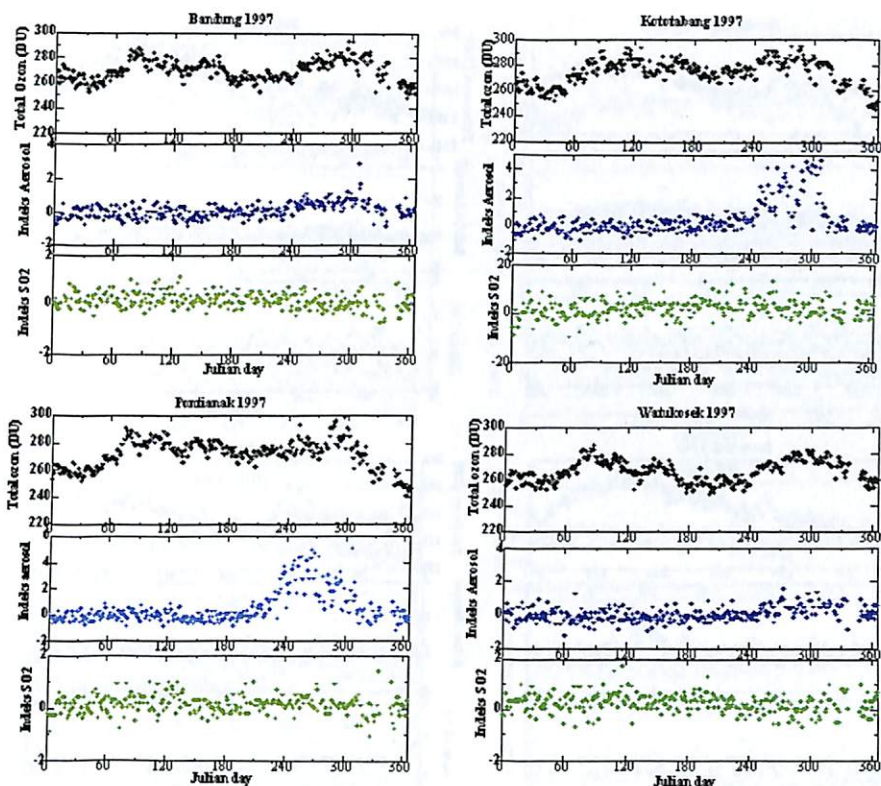
Kebakaran hutan yang terjadi di Indonesia pada tahun 1994 termasuk kebakaran hutan yang besar. Untuk melihat pengaruhnya terhadap variasi ozon dilakukan dengan melihat kondisi ozon di atas Bandung, Watukosek, Pontianak dan Kototabang. Pada tahun ini kondisi ozon di atas ke 4 tempat tersebut cenderung lebih tinggi dari tahun tidak terjadi kebakaran hutan (dapat di lihat pada gambar 3.1.a).



Gambar 3.1.a. Kondisi ozon, indeks aerosol dan indeks SO_2 pada saat kebakaran hutan 1994

3.1.b Kebakaran Hutan Tahun 1997

Kebakaran hutan yang terjadi di Indonesia pada tahun 1997 termasuk kebakaran hutan yang sangat besar. Untuk melihat pengaruhnya terhadap variasi ozon dilakukan dengan melihat kondisi ozon di atas Bandung, Watukosek, Pontianak dan Kototabang. Pengaruh kebakaran hutan yang sangat besar terhadap kondisi ozon di atas Bandung, Watukosek, Pontianak dan Kototabang dapat menggambarkan sejauh mana aerosol yang dikeluarkan dari kebakaran hutan di Sumatra dan Kalimantan tersebut mempengaruhi kondisi ozon di tempat yang terletak di Pulau Jawa. Pada tahun 1997 dimana terjadi kebakaran hutan yang sangat besar, kondisi ozon di atas ke 4 tempat jauh lebih tinggi dari tahun tidak terjadi kebakaran hutan dan dari tahun 1994 (dapat di lihat pada gambar 3.1.b)

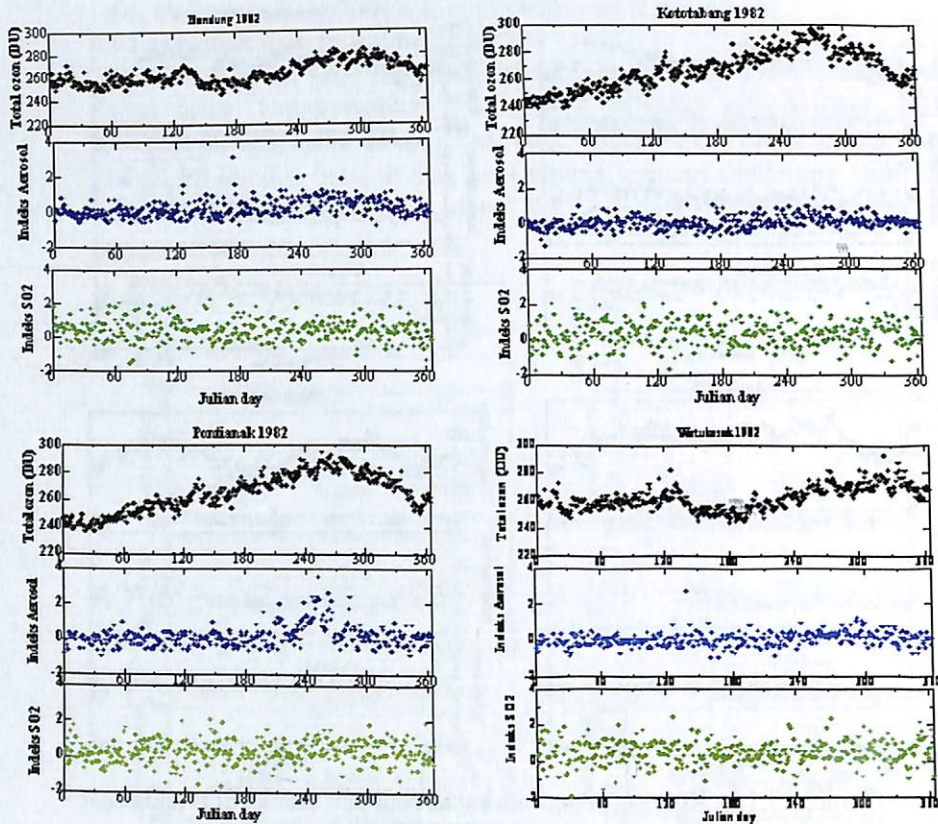


Gambar 3.1.b. Kondisi ozon, indeks aerosol dan indeks SO_2 pada saat kebakaran hutan 1997

3.2. Pengaruh Letusan Gunung Berapi Terhadap Total Ozon

3.2. a. Letusan gunung berapi tahun 1982.

Pada tahun 1982, di Indonesia terjadi letusan gunung Galunggung. Letusan ini terjadi secara terus menerus pada tahun tersebut. Pengaruh letusan gunung Galunggung terhadap kondisi ozon di atas Bandung, Watukosek, Pontianak dan Kototabang dapat menggambarkan sejauh mana aerosol yang dikeluarkan dari Gunung berapi di Jawa Barat tersebut mempengaruhi kondisi ozon di tempat yang terletak di Jawa Timur, Kalimantan dan Sumatra. Pada tahun tersebut, kondisi ozon agak lebih rendah dari kondisi tahun normal (gambar 3.2.a).

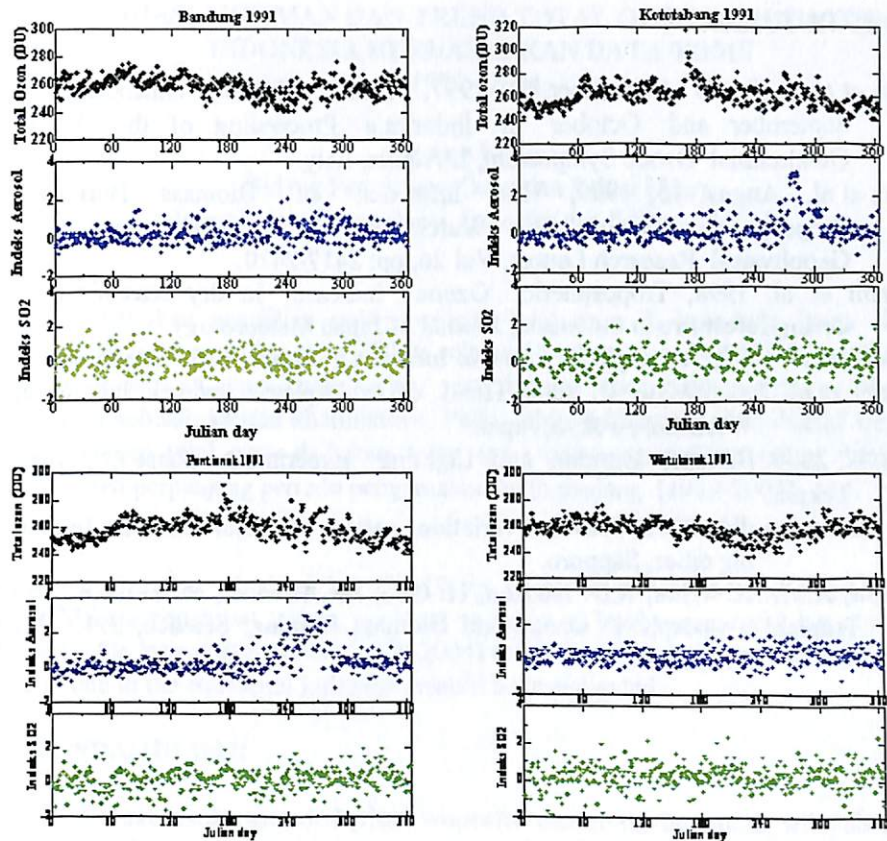


Gambar 3.2.a. Kondisi ozon, indeks aerosol dan indeks SO_2 pada saat letusan gunung Galunggung 1982.

3.2.b. Letusan gunung berapi tahun 1991

Pada tahun 1991 terjadi letusan gunung Pinatubo di Pilipina yang mengeluarkan aerosol dengan jumlah yang besar (jutaan ton) ke atmosfer. Pengaruh dari letusan Pinatubo ini terhadap kondisi ozon di atas Bandung, Watukosek, Pontianak dan Kototabang dapat menggambarkan sejauh mana aerosol yang dikeluarkan dari Gunung berapi yang terletak di Pilipina ini dapat mempengaruhi kondisi ozon di tempat yang terletak di Indonesia. Pada tahun 1991, kondisi ozon di atas Indonesia pada umumnya lebih rendah dibandingkan pada tahun-tahun lainnya (gambar 3.2.b).

Pada saat peristiwa meletusnya gunung berapi, banyak material yang yang diinjeksikan langsung ke lapisan ozon. Hal ini akan memicu interaksi klorin yang dihasilkan oleh manusia (seperti CFC) dengan partikel sulfat yang menyebabkan penurunan konsentrasi ozon.



Gambar 3.2.b Kondisi ozon, indeks aerosol dan indeks SO_2 pada saat letusan gunung berapi tahun 1991

4. KESIMPULAN

Di atas Indonesia, total ozon lebih besar dari 270 DU. Nilai ini lebih tinggi dari nilai total ozon pada saat tidak terjadi kebakaran hutan di Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat terjadi kebakaran hutan telah meningkatkan intensitas pembentukan ozon.

Dari analisis grafis dan statistik Indeks aerosol dan ozon, terlihat bahwa indeks aerosol pada saat terjadi kebakaran hutan menunjukkan nilai positif (1 sampai dengan 4), yang menunjukkan bahwa aerosol hasil dari kebakaran hutan memantulkan radiasi matahari.

Pada saat terjadi letusan gunung berapi tahun 1982, kondisi ozon di Indonesia menunjukkan adanya tendensi menurun. Nilai total ozon yang diperoleh sedikit lebih rendah (~ 10 DU) dibandingkan dengan ozon pada tahun tidak terjadi peristiwa kebakaran hutan atau letusan gunung berapi.

Dari analisis grafis dan statistik Indeks aerosol dan ozon, terlihat bahwa indeks aerosol pada saat terjadi letusan gunung berapi menunjukkan nilai negatif (sampai dengan -2), yang menunjukkan bahwa aerosol yang dihasilkan dari letusan gunung berapi menyerap radiasi matahari.

DAFTAR RUJUKAN

- Fujiwara et al, 12 - 21 September, 1997, Total Ozone enhancement in September and October in Indonesia Proceeding of the XVIII Quadrennial Ozone Symposium, L'Aquila, Italy.
- Fujiwara et al, August 15, 1999, The Influence of Biomass Burning on Tropospheric Ozone in Watukosek in 1994 and 1997, Geophysical Research Letters, Vol 26, pp: 2417-2420.
- Kawakami et al, 1998, Tropospheric Ozone increase in dry season of 1997 during forest fire in Indonesia, Journal of Japan Meteorology.
- Komala N, et al, 1996, Tropospheric ozone in Indonesia, Atmospheric Environment
- Komala N, et al, June 29-July 2, 2000, Trend of tropospheric ozone in Indonesia, Workshop, Tokyo, Japan.
- Komala, N, 2000, Biomass Burning and Lighting Experiment phase C", Laporan Teknis.
- Slamet Saraspriya dkk, 2000, Seasonal variation pattern of Total ozon in Indonesia big cities, Sapporo.
- Thompson, A.M, J.C Witte, R.D. Hudson, H. Guo, J.R. Herman, M. Fujiwara, 2001, Tropical Tropospheric Ozone and Biomass Burning, Science, 291, 2128-2132, 2001.