

PENELITIAN PENGARUH GAS SO₂ TERHADAP OZON TROPOSFER

Toni Samiaji dan Suparno
Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Udara
Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer Dan Iklim-LAPAN

Abstrak

Telah dilakukan penelitian pengaruh gas SO₂ terhadap ozon troposfer. Peralatan yang dipakai adalah vaisala untuk mengukur profil ozon vertikal dan sensor piranometer untuk mengukur intensitas UV-B, sedangkan data emisi gas SO₂ didapat dari Dinas Vulkanologi Yogyakarta. Pengukuran dilakukan di Desa Ngepos, Kecamatan Srumbung, Muntilan – Magelang, Jawa Tengah dari tanggal 29 Agustus 1996 sampai dengan tanggal 1 September 1996. Pengukuran ini dilakukan untuk melihat dampak gunung berapi khususnya gas SO₂ terhadap konsentrasi ozon. Hasil penelitian ini adalah dampak gas SO₂ (gunung berapi) bisa mengakibatkan konsentrasi ozon troposfer bertambah, sedangkan terhadap ozon stratosfer tidak berpengaruh.

Abstract

Research of SO₂ gas effect to tropospheric ozone has been done. Used instrument is vaisala to measure vertical ozone profile and pyranometer to measure UV-B intensity, while SO₂ gas emission data was obtained from Yogyakarta Vulcanology Agency. Measurement was done in Ngepos village, Srumbung district, Muntilan residence, Magelang countryside, central java province from 29 August 1996 until 1 September 1996. Aim of this measurement is to understand volcano especially SO₂ gas impact to ozone concentration. As result of this research is SO₂ gas (volcano) impact could caused tropospheric ozone increased, while to stratospheric ozone it didn't influence.

1. PENDAHULUAN

Negara Indonesia terletak di equator yang mana atmosfer di daerah equator merupakan penghasil ozon. Ozon yang dihasilkan ini oleh sirkulasi atmosfer akan dibawa ke lintang tinggi. Ozon di lapisan stratosfer berfungsi sebagai pelindung bumi dari radiasi ultra violet-B, sedangkan ozon di lapisan troposfer berperan sebagai gas rumah kaca, dan ozon yang berada di permukaan adalah sebagai polusi udara.

Di negara Indonesia terdapat banyak gunung berapi. Bila gunung berapi sedang aktif apalagi sampai meletus, maka bahaya yang ditimbulkan terhadap lingkungan cukup banyak, diantaranya gempa bumi yang bisa merusak bangunan; aliran lahar panas dan lava dingin yang bisa merusak lahan pertanian, pemukiman, perikanan; awan panas yang bisa membahayakan jiwa, lahan pertanian dan debu yang bisa merusak kesehatan paru-paru, mata, serta merubah suhu permukaan di sekitar gunung berapi.

Polusi Udara dan Pengukurannya (2005), 39 - 43
Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional

Gunung berapi jikalau meletus, maka yang banyak disebarkan dari puncaknya ke atmosfer adalah debu, uap air, gas SO_2 dan H_2S . Lalu bagaimanakah pengaruh gas SO_2 ini terhadap ozon dan ultra violet-B, maka perlu diteliti.

2. METODE PENELITIAN

Di sini kami menggunakan alat vaisala untuk memperoleh profil ozon vertikal. Disamping ozon, tekanan, suhu, kelembaban dan angin juga bisa diperoleh. Sedangkan untuk mengukur intensitas UV-B, digunakan sensor piranometer. Lokasi penelitian adalah Desa Ngepos (11 km dari puncak gunung Merapi), Kecamatan Srumbung, Muntilan – Magelang, Jawa Tengah. Peluncuran balon adalah dari tanggal 29 Agustus 1996 sampai dengan 1 September 1996, dengan jadwal jam peluncuran dan ketinggian yang dicapai adalah sebagai berikut :

Tabel 2-1. Jadwal peluncuran balon di Ngepos

No.	Tanggal	Jam meluncur [WIB]	Ketinggian yang dicapai [M]
1.	29 Agustus 1996	10.08	33102
2.	30 Agustus 1996	10.04	32407
3.	31 Agustus 1996	10.04 13.23	16555 23634
4.	1 September 1996	13.22	30696

Data emisi gas SO_2 dari puncak Gunung Merapi diperoleh dari Dinas Vulkanologi Yogyakarta, sedangkan data cuaca (berawan atau cerah) diperoleh dengan cara visualisasi. Untuk pengolahan data digunakan excel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tabel 3-1 diperlihatkan emisi gas SO_2 dari tanggal 29 Agustus 1996 sampai dengan 1 September 1996 yang terbanyak adalah pada tanggal 30 Agustus 1996, maka kalau kita lihat pada tabel 3-2, pada lapisan troposfer yang mengandung ozon terbanyak adalah pada tanggal 30 Agustus 1996, sedangkan yang terkecil pada tanggal 29 Agustus 1996, jadi tabel 3-1 sesuai dengan tabel 3-2,

Tabel 3-1. Emisi gas SO_2 rata-rata di Gunung Merapi (Magelang)

No.	Tanggal	SO_2 [ton/hari]
1.	29 Agustus 1996	48
2.	30 Agustus 1996	75
3.	31 Agustus 1996	Berkabut
4.	1 September 1996	71

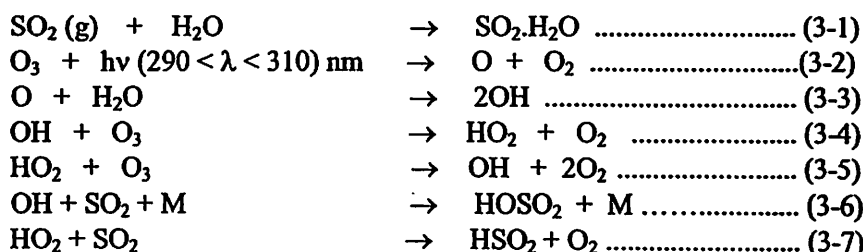
Sumber : Dinas Vulkanologi Yogyakarta

dengan kata lain saat gas SO_2 banyak, konsentrasi ozon troposfer juga besar, dan saat gas SO_2 sedikit, konsentrasi ozon troposfernya juga sedikit. Sedangkan pada tanggal 31 Agustus 1996 tidak ada data.

Tabel 3-2. Range ozon di Ngepos

No.	Tanggal	Jam peluncuran [WIB]	Lapisan	Range ozon [mPa]	SO ₂ Permukaan [ton/hari]
1.	29 Ag 1996	10.08	Troposfer	0.00 – 2.86	48
			stratosfer	0.90 – 13.44	
2.	30 Ag 1996	10.04	troposfer	0.47 – 3.23	75
			stratosfer	0.68 – 15.89	
3.	1 Sep 1996	13.22	troposfer	0.44 – 3.00	71
			stratosfer	0.57 – 12.85	

Menurut persamaan (3-1) gas SO₂ mengikat uap air (H₂O), padahal uap air adalah reaktan untuk pembentukan radikal hidroxy (OH) (lihat persamaan reaksi 3-3), dimana radikal hidroxy adalah perusak ozon (O₃) (lihat persamaan reaksi 3-4). Dilain pihak radikal hidroxy adalah reaktan pembentuk HO₂, dimana HO₂ ini perusak ozon. Pada sisi



lain, radikal OH dan HO₂ merupakan oksidator gas SO₂ (lihat persamaan reaksi 3-6 dan 3-7), sehingga dengan makin banyaknya gas SO₂, maka makin banyak radikal OH dan HO₂ yang bereaksi dengan gas SO₂ [Hanwant B. Singh, 1995]. Dengan demikian semakin banyak gas SO₂ di troposfer, konsentrasi radikal OH dan HO₂ makin berkurang, sehingga radikal OH dan HO₂ yang bereaksi dengan ozon makin sedikit, akibatnya ozon yang terurai makin sedikit atau dengan kata lain konsentrasi ozon bertambah banyak di troposfer yang mengandung gas SO₂ yang lebih banyak. Meskipun gas SO₂ selain bereaksi dengan radikal OH, bereaksi juga dengan ozon [B.J. Finlayson-Pitts and J.N. Pitts Jr., 'Atmospheric Chemistry', Wiley, New York, 1986]. Untuk menganalisis hal ini, mari kita bandingkan konstanta kecepatan reaksi gas SO₂ dengan radikal OH yakni sebesar $9 \times 10^{-13} [\text{cm}^3 \text{ molec}^{-1} \text{ s}^{-1}]$ adalah lebih besar dari pada bereaksi dengan ozon yakni kurang dari $8 \times 10^{-24} [\text{cm}^3 \text{ molec}^{-1} \text{ s}^{-1}]$, jadi gas SO₂ lebih cepat bereaksi dengan radikal OH dibanding dengan ozon, dengan kata lain gas SO₂ yang bereaksi dengan OH adalah lebih banyak dari pada yang bereaksi dengan ozon.

Dari hasil analisis data yang sudah diplot di kertas aerogram pada tanggal 29 Agustus 1996 terjadi angin vertikal ke atas (updraft) mulai dari ketinggian 1773 m dari permukaan air laut sampai ketinggian ± 12500 m dan pada tanggal 30 Agustus 1996 terjadi updraft dari permukaan sampai dengan 1471 m, dan tanggal 1 September 1996 terjadi updraft dari permukaan sampai dengan 13902 m. Jadi dengan adanya updraft dari 3 hari ini (3 tanggal ini) gas SO₂ diangkat sampai dengan troposfer.

Dari tabel 3-3 juga bisa dilihat bahwa dengan emisi SO₂ semakin besar, maka RH rata-rata troposfer semakin kecil, karena gas SO₂ mengikat H₂O (uap air) seperti

ditunjukkan persamaan 3-1, sehingga dengan emisi SO_2 semakin besar, maka semakin banyak uap air yang terikat, akibatnya RH rata-rata troposfer semakin kecil. Sehingga dengan semakin sedikit uap air, maka menurut persamaan 3-3 akan semakin sedikit radikal hydroxyl (OH) yang terbentuk, dengan demikian perusakan ozon (O_3) oleh radikal hydroxyl (OH) menurut persamaan 3-4 akan semakin sedikit, akibatnya dengan RH troposfer semakin kecil, maka ozon troposfer semakin banyak seperti yang ditunjukkan tabel 3-3. Pada tabel ini juga diperlihatkan bahwa cuaca dalam keadaan mendung, ozon rata-rata troposfer lebih sedikit dibanding dengan keadaan cerah.

Tabel 3-3 Pengaruh kelembaban terhadap ozon di Ngepos

Tanggal	O_3 rata-rata troposfer [mPa]	Emisi SO_2 [ton/hari]	Cuaca	RH rata-rata troposfer [%]	tinggian dasar awan [m]
29 Agt 96	1.29	48	Mendung	24.5	1773
30 Agt '96	1.53	75	Cerah	20.2	-
1 Sept '96	1.48	71	Cerah	21.6	-

Kalau kita bandingkan ozon di Ngepos (tabel 3-2) dengan Watukosek (tabel 3-4) dan Ciater (tabel 3-5), maka ozon troposfer yang terbanyak ada di Ciater, diperkirakan gas SO_2 di Ciater adalah paling banyak (karena Ciater dekat dengan kawah Gunung

Tabel 3-4. Range ozon di Watukosek

No.	Tanggal	Jam peluncuran [WIB]	Lapisan	Range ozon [mPa]
1.	13 Agust 1996	13.44	Troposfer	0.57 – 2.42
			stratosfer	0.76 – 12.15
2.	15 Agust 1996	11.06	troposfer	0.73 – 2.65
			stratosfer	1.02 – 12.95
3.	15 Agust 1996	13.53	troposfer	0.41 – 2.26
			stratosfer	0.59 – 10.88

Tabel 3-5. Range ozon di Ciater

No.	Tanggal	Jam peluncuran [WIB]	Lapisan	Range ozon [mPa]
1.	15 Juli 1996	13.23	Troposfer	1.05 – 4.70
			stratosfer	-
2.	18 Juli 1996	11.22	troposfer	0.42 – 4.01
			stratosfer	0.74 – 14.90
3.	19 Juli 1996	10.40	troposfer	0.48 – 4.49
			stratosfer	0.94 – 12.65

Tangkuban Perahu yang masih aktif dan bau belerangnya lebih menyengat dari pada di Ngepos, di sini arah angin pada saat peluncuran balon tidak berpengaruh terhadap konsentrasi ozon troposfer, karena meskipun kemanapun arah angin bertiup gas SO_2 dan sensor ozon yang menggantung pada balon akan searah terbawa angin. Sedangkan di Watukosek tidak tercium bau belerang. Di sekitar Watukosek ada juga gunung berapi (yakni Gunung Lawu) tetapi cukup jauh (lebih dari 20 km), sedangkan

Ciater berjarak kurang dari 10 km dari Kawah Tangkuban Perahu dan Ngepos berjarak 11 km dari Gunung Merapi. Jadi diduga daerah yang lebih dekat dengan gunung berapi yang sedang aktif dibanding daerah yang jauh dengan gunung berapi yang sedang aktif adalah ozon troposfer-nya lebih banyak, dengan kata lain dampak gunung berapi bisa memperbanyak ozon troposfer.

Sedangkan banyaknya ozon di lapisan stratosfer dari tabel 3-2, 3-4, 3-5 yang terbanyak ada di Ngepos. Sebagaimana telah disebutkan dari analisis data sebelumnya (pada kertas aerogram), bahwa angin vertikal tidak sampai ke stratosfer (hanya sampai ke ketinggian 13902 m), jadi gas SO₂ dari gunung Merapi tidak sampai ke lapisan stratosfer sehingga tidak mempengaruhi konsentrasi ozon di sana.

Kaitannya ozon stratosfer dengan UV-B tercantum pada tabel 3-6. Jika dibandingkan tanggal 29 Agustus 1996 dengan 30 Agustus 1996, yang mana saat

Tabel 3-6. Intensitas UV.B kaitannya dengan ozon stratosfer pada jam 12.00

No.	Tanggal	Ozon maksimum di lapisan stratosfer [mPa]	UV-B [watt/m ²]	Cuaca
1.	29 Ag 1996	13.44	1.5388	Berawan
2.	30 Ag 1996	15.89	1.6179	Cerah

pengamatan jam 12.00 adalah hari mendung untuk tanggal 29 Agustus 1996, sedangkan untuk tanggal 30 Agustus 1996 adalah hari cerah (lihat tabel 3-7), terlihat meskipun konsentrasi ozon membesar, tetapi intensitas UV-B pun jadi besar. Seharusnya dengan konsentrasi ozon yang lebih besar di lapisan stratosfer maka UV-B yang sampai ke bumi makin kecil. Penyimpangan ini terjadi karena cuaca pada tanggal 29 Agustus 1996 berawan. Konsekwensinya sebagian UV-B diserap atau dipantulkan oleh awan, sehingga UV-B yang sampai di bumi menjadi lebih kecil.

Tabel 3.7. Jam cerah di Ngepos tahun 1996

Tanggal	WIB	WIB	WIB	WIB	WIB	WIB	Arah angin [°]
29 Ag 1996	12.15	12.30	13.00				92.9
30 Ag 1996	10.45	11.35	12.00	12.53	13.30	14.00	79.9
1 Sep 1996	10.00	11.30	12.00	13.45			108.1

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas disimpulkan bahwa :

Dampak gas SO₂ (asap gunung berapi) terhadap konsentrasi ozon troposfer adalah memperbesar konsentrasi ozon troposfer. Sedangkan terhadap ozon stratosfer tidak berpengaruh.

DAFTAR RUJUKAN

- B.J.Finlayson-Pitts and J.N. Pitts Jr., 1986, Atmospheric Chemistry, Wiley, New York.
 Hanwant B. Singh, 1995, "Composition, Chemistry, and Climate of The Atmosphere", Van Nostrand Reinhold, New York.
 Toni Samiaji, dkk., 1996, 'Profil ozon vertikal di Bandung dan Jakarta', Proceeding Media Dirgantara LAPAN