

PENGARUH LETUSAN GUNUNG BERAPI TERHADAP VARIABILITAS OZON DAN SO₂ PULAU JAWA

Ninong Komala, Novita Ambarsari, Toni Samiaji, Mulyono

Bidang Komposisi Atmosfer, Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN
Jl.Dr.Djundjuran 133, Bandung, 40173

Telp. (022)6037445, 6012602; Fax. (022) 6037443

e-mail : ninong.komala@lapan.go.id; ninongk@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian pengaruh letusan Gunung Merapi terhadap variabilitas ozon dan SO₂ Pulau Jawa merupakan bagian dari penelitian analisis komposisi atmosfer Pulau Jawa. Penelitian ini berbasis data satelit AURA yang membawa sensor *Ozone Monitoring Instruments* (OMI) periode 2004-2012 dengan tujuan untuk menginvestigasi karakteristik ozon dan SO₂ sebagai dampak letusan gunung berapi di Pulau Jawa. Pokok bahasan dalam makalah ini adalah dampak letusan Gunung Merapi serta keterkaitannya dengan kondisi ozon dan SO₂ di Pulau Jawa. Dengan menganalisis pola tahunan, musiman serta melakukan analisis statistik keterkaitan ozon dan SO₂ dengan kejadian letusan Gunung Merapi diperoleh karakteristik ozon dan SO₂ yang mengalami perubahan pola tahunan serta diperoleh prosentase penurunan ozon karena meningkatnya SO₂ dari peristiwa letusan Gunung Merapi. Hasil analisis menunjukkan bahwa prosentase pengaruh letusan Gunung Merapi terhadap penurunan ozon di atmosfer Pulau Jawa yaitu ozon berkurang ~ 30 DU (~10 %). Penurunan ozon terjadi pada bulan Desember 2010 sampai Juni 2011 atau setelah 2 bulan – 6 bulan peristiwa letusan Gunung Merapi terjadi.

Kata kunci : ozon, SO₂, gunung berapi, Pulau Jawa

ABSTRACT

Study the effect of volcanic eruptions in this case the Merapi eruption on the variability of ozone and SO₂ Java is part of the study analyzes the impact of atmospheric composition in Jawa due to volcano eruption. This research-based on OMI AURA satellite data. The objective is to investigate the characteristics of ozone and SO₂ affected by volcanic eruptions as well as the relationship of ozone with SO₂ in Jawa. The data used is based on the ozone and SO₂ AURA-OMI satellite data from 2004 to 2012. By analyzing the pattern of annual, seasonal, and perform statistical analysis of ozone and SO₂ in association with the incidence of acquired characteristics of ozone and SO₂ annual pattern changes.

The percentage of decrease in ozone due to increased of SO₂ from volcanic events in Java is also obtained. The results show that percentage effect of volcanic eruptions on ozone depletion in the atmosphere Ozone Java is reduced by ~30 DU (~ 10 %). The decrease in ozone occurs on December 2010 to June 2011 or after 2-6 months volcanic eruption events occur.

Keywords: ozone, SO₂, volcanic, Java Island

1 PENDAHULUAN

Letusan gunung berapi dapat mengeluarkan aerosol, H₂O, N₂, CO₂, SO₂ dan H₂S. Reaksi heterogen senyawa yang dihasilkan letusan gunung berapi seperti Merapi dapat menyebabkan penipisan lapisan ozon. Aerosol dari letusan gunung berapi dapat mencapai troposfer dan *life time* aerosol di troposfer bisa mencapai 1 minggu hingga 3 minggu. Bila letusannya sangat hebat, aerosol yang dihasilkan bisa mencapai ke lapisan stratosfer. Aerosol yang mencapai stratosfer mempunyai *life time* yang panjang yaitu satu sampai tiga tahun yang berdampak pada menurunnya temperatur di permukaan Bumi. Letusan gunung berapi dapat berpengaruh juga terhadap ozon, efek rumah kaca dan efek haze (kabut). Pengaruh terhadap ozon dari asam halida (HCl) terbukti efektif dalam merusak ozon tetapi kebanyakan penyebaran HCl vulkanik hanya terbatas di troposfer yang keberadaannya mudah dilarutkan oleh air hujan. Data satelit setelah letusan Gunung Pinatubo (Filipina, 1991) dan Gunung Hudson (Chili, 1991) memperlihatkan penurunan ozon sebanyak 15% ~ 20% di lintang tinggi, dan lebih dari 50% di Antartika. Karena itu, letusan Gunung Merapi mempunyai peranan yang penting dalam penipisan lapisan ozon, Bluth, *et.al.* (1997) menyebutkan bahwa injeksi sulfur ke stratosfer dan konversi menjadi aerosol sulfat dipercaya dapat menurunkan radiasi sinar matahari yang masuk serta menyebabkan penguraian ozon di stratosfer melalui serangkaian reaksi kimia tertentu. Peningkatan konsentrasi aerosol sulfat secara tidak langsung menyebabkan klorin dan bromine reaktif lebih banyak diproduksi yang menyebabkan terjadinya penipisan ozon.

Efek rumah kaca dari CO₂ karena letusan Gunung Merapi dapat menaikkan tingkat pemanasan global dengan penambahan

CO₂ ke atmosfer. Jumlah gas yang banyak mengandung sulfur diduga mempunyai peran yang lebih penting karena sulfur yang berkombinasi dengan uap air di stratosfer membentuk awan padat yang terdiri dari *sulfuric acid droplets* (tetesan-tetesan asam sulfat). Tetesan-tetesan asam sulfat ini baru dapat terurai dalam jangka waktu tahunan dan mampu menurunkan suhu troposfer karena akan mengabsorpsi radiasi matahari dan akan dihamburkan balik ke angkasa (Robock, 2000; Czopak, 2012).

Gunung Merapi di Pulau Jawa, Indonesia adalah salah satu gunung berapi paling aktif dan berbahaya di dunia. Hal ini dikenal dengan seringnya terjadi letusan kecil sampai sedang. Aliran piroklastik yang dihasilkan oleh runtuhnya kubah lava dan populasi yang besar menetap di sekitar sisi-sisi gunung berapi. Perilaku biasa dari Gunung Merapi selama sepuluh tahun terakhir tiba-tiba berubah di akhir Oktober dan awal November 2010 ketika Gunung Merapi menghasilkan letusan yang terbesar dan paling eksplosif dilebih dari satu abad, menggusur sepertiga dari satu juta orang dan mengklaim hampir 400 korban jiwa. Hasil penelitian ilmiah Oktober-November 2010, yang merupakan hasil ilmiah pertama dari letusan terbesar dalam 100 tahun Gunung Merapi menunjukkan bahwa pada tahun 2010 tersebut, emisi gas jauh lebih tinggi dari pada yang tercatat dari Merapi selama letusan masa lalu. Peringatan dini terjadinya letusan Gunung Merapi oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi CVGHM Indonesia dan tim International dapat menyelamatkan 10,000-20,000 nyawa (Surono dkk., 2012)

Penelitian keterkaitan perubahan iklim terhadap penipisan lapisan ozon stratosfer dan injeksi SO₂ akibat letusan Gunung Merapi merupakan bagian dari rangkaian penelitian tahun 2013-2014 yang merupakan salah satu sasaran Bidang Komposisi Atmosfer juga merupakan langkah untuk menunjang dan merealisasikan penelitian pengembangan komposisi atmosfer di Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh karakteristik ozon dan SO₂ yang dihasilkan dari letusan Gunung Merapi di Pulau Jawa. Pengaruh letusan Gunung Merapi terhadap perubahan ozon dan SO₂, serta keterkaitan antara ozon stratosfer dengan SO₂. Sasaran yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah diperolehnya karakteristik ozon dan SO₂ yang dihasilkan dari letusan Gunung Merapi,

diperolehnya prosentase pengaruh SO₂ dari letusan Gunung Merapi terhadap perubahan ozon di atmosfer Pulau Jawa dan keterkaitan antara ozon total dengan SO₂ dari letusan Gunung Merapi. Dengan hipotesis kejadian letusan Gunung Merapi akan mempengaruhi pola tahunan ozon total dan SO₂ di Pulau Jawa dan kondisi ozon total (kolom ozon) di Pulau Jawa akan mengalami penurunan bila terjadi peningkatan konsentrasi SO₂ dari letusan Gunung Merapi.

2 DATA DAN METODE

2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari satelit AURA-OMI, yaitu data ozon stratosfer, kolom SO₂ di *Planetary Boundary Layer* (PBL) dan SO₂ di troposfer berupa data harian. Periode data tahun 2004-2012 (<http://toms.gsfc.nasa.gov/omi>) dengan wilayah cakupan Pulau Jawa.

2.2 Metode

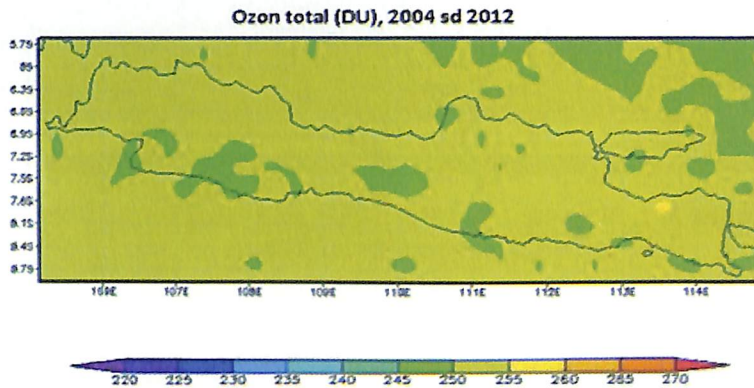
Data yang diperoleh dari satelit AURA dengan sensor OMI adalah data skala global untuk ozon total, SO₂ di lapisan PBL dan SO₂ di lapisan troposfer tengah (*middle troposphere*). Dengan grid berukuran 0,25° x 0,25° cakupan data adalah 180.0° BB sampai 180.0° BT dan dari 90.0° LU sampai 90.0° LS. Kemudian dilakukan ekstrak data untuk wilayah Pulau Jawa (5,5°LS – 8,75 LS dan 105 °BT-115 °BT), dengan periode data yang dianalisis adalah data dari tahun 2004 sampai dengan 2012. Dari data set ozon total, SO₂ total di PBL dan troposfer tengah di Pulau Jawa, dilakukan analisis variasi temporal untuk memperoleh variasi musiman, dan tahunan untuk ozon dan SO₂. Analisis spasial dilakukan untuk menentukan peta distribusi ozon dan SO₂ di wilayah Jawa. Ditentukan pula kondisi ozon total dan SO₂ pada saat letusan Gunung Merapi tahun 2010 serta keterkaitan antara ozon dengan SO₂. Pengolahan data dengan analisis *time series* dan spasial. Analisis *time series* untuk memperoleh variasi musiman dan tahunannya. Analisis korelasi SO₂ dengan konsentrasi ozon total di Pulau Jawa untuk menjelaskan pengaruh SO₂ akibat dari letusan Gunung Merapi terhadap ozon.

3 HASIL

3.1 Variasi Spasial Ozon Total di Pulau Jawa

Variasi Ozon total di Pulau Jawa secara spasial rata-rata tahun 2004 sampai dengan 2012 menunjukkan nilai rata-rata 251,7 DU, standar deviasi 0,5 DU, minimum 250,5 DU dan maksimum 252,5 DU.

Hasil analisis spasial ozon total di Pulau Jawa dalam tiap tahunnya dari 2004 sampai 2012 pada Tabel 1 menampilkan nilai rata-rata, standar deviasi, minimum dan maksimum dari ozon total di Pulau Jawa setiap tahun. Dari hasil analisis secara spasial diperoleh bahwa ozon total di Pulau Jawa pada tahun 2007, ozon total rata-rata, minimum dan maksimumnya mempunyai nilai terkecil dibandingkan dengan tahun lainnya.



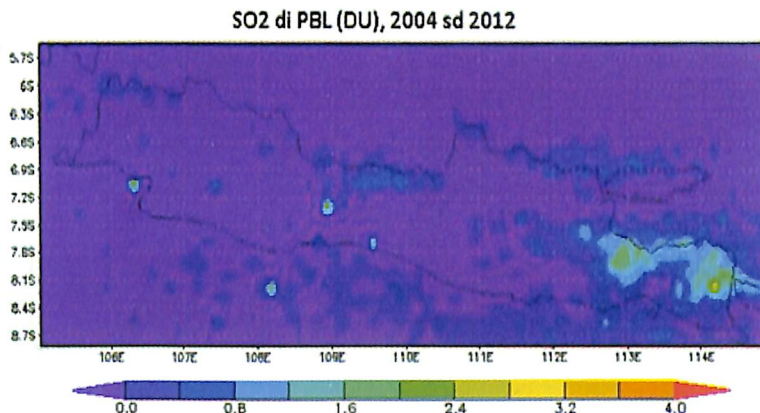
Gambar 1. Variasi spasial ozon total Pulau Jawa rata-rata tahun 2004 sampai 2012.

Tabel 1. Variasi spasial dari tahun 2004 sampai 2012.

Tahun	Ozon Total (DU)			
	Rata-rata	Stdev	Maks	Min
2004	258.3	0.7	259.5	256.5
2005	247.9	1.1	249.3	245.6
2006	254.5	1.2	256.7	251.9
2007	247.0	1.1	248.6	244.6
2008	255.0	1.0	256.9	252.9
2009	249.3	0.8	250.5	247.4
2010	249.3	0.5	250.1	248.1
2011	254.1	0.6	255.4	252.8
2012	250.0	0.9	251.4	248.1

3.2 Variasi Spasial SO₂ Planetary Boundary Layer (PBL)

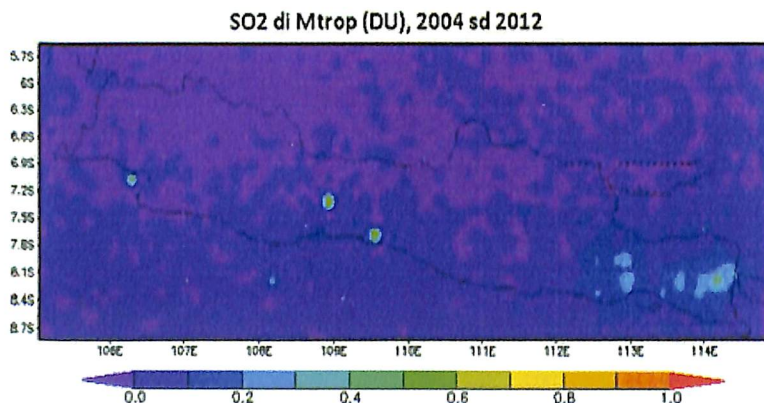
Variasi spasial kolom SO₂ di Pulau Jawa pada ketinggian PBL tahun 2004 sd 2012 dapat dilihat pada Gambar 2. SO₂ PBL di Pulau Jawa bervariasi dari 0 sampai dengan 5 DU. Dari variasi spasial tahunan diperoleh kondisi SO₂ yang fluktuatif pada saat tertentu. Kondisi nilai kolom SO₂ yang fluktuatif ini akan dikonfirmasi dengan kejadian letusan Gunung Merapi pada waktu yang terkait dengan terjadinya peningkatan SO₂ tersebut.



Gambar 2. Variasi spasial SO₂ di PBL Pulau Jawa rata-rata dari tahun 2004 sampai 2012.

3.3 Variasi Spasial SO₂ di Troposfer Tengah (*Middle Troposphere*)

Variasi spasial kolom SO₂ di Pulau Jawa pada ketinggian troposfer tengah tahun 2004 s.d. 2012 dapat dilihat pada Gambar 3. SO₂ pada ketinggian troposfer tengah nilainya lebih kecil dari SO₂ di PBL yaitu dari 0 sampai dengan ~ 1 DU.

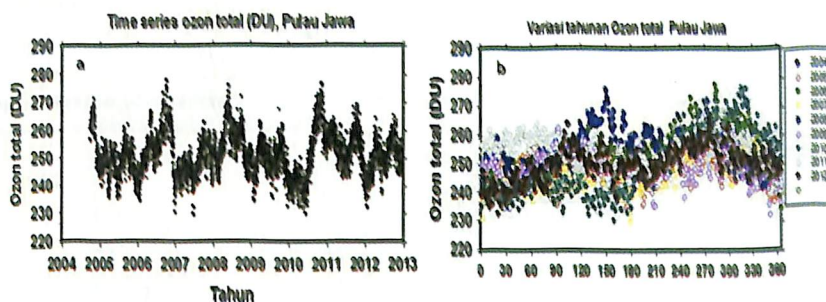


Gambar 3. Variasi spasial SO₂ di troposfer tengah (Mtrop) Pulau Jawa rata-rata dari tahun 2004 sampai 2012.

Dari variasi spasial tahunannya diperoleh pula kondisi SO₂ yang fluktuatif pada saat tertentu seperti yang terjadi di PBL. Kondisi nilai kolom SO₂ yang fluktuatif ini diidentifikasi sebagai dampak dari meningkatnya SO₂ dari letusan Gunung Merapi yang dapat mencapai troposfer tengah.

3.4 Variasi Temporal Ozon Total di Pulau Jawa

Variasi temporal 2004-2012 ozon total di Pulau Jawa seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4, menginformasikan bahwa ozon total di Pulau Jawa bervariasi dari 229,7 DU – 277,7 DU, dengan ozon total rata-rata 251,2 DU dan standar deviasi 7,6 DU.

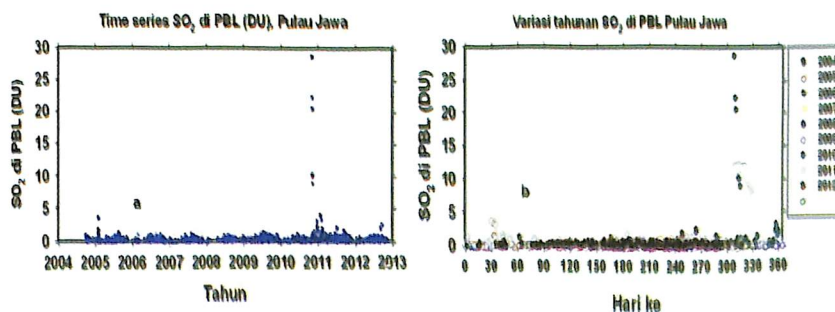


Gambar 4. (a) Variasi temporal ozon total Pulau Jawa dan (b) Pola tahunannya tahun 2004 s.d. 2012.

Pola variasi temporal pada Gambar 4(a) memperlihatkan bahwa pola variasi tahunan pada 2007 menunjukkan puncak terendah dibandingkan dengan pola tahunan ozon total pada tahun yang lain.

3.5 Variasi Temporal SO₂ pada Ketinggian PBL

Variasi temporal SO₂ di PBL tahun 2004-2012 dapat dilihat pada Gambar 5.

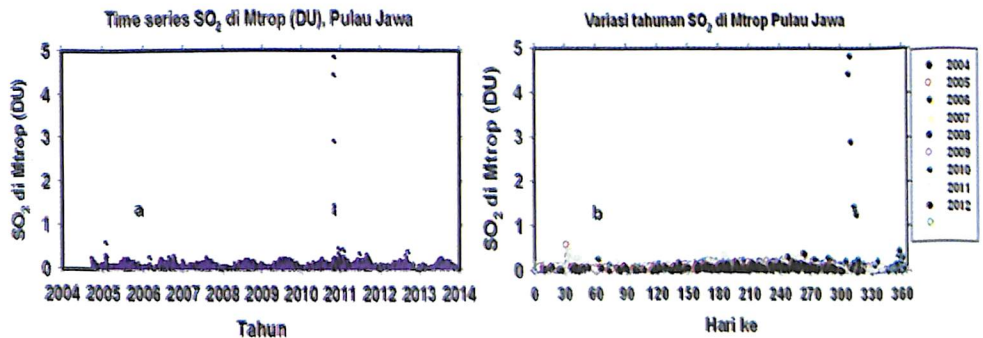


Gambar 5. (a) Variasi temporal SO₂ di PBL Pulau Jawa dan (b) Pola tahunannya tahun 2004 sampai dengan 2012.

Variasi SO₂ di PBL Pulau Jawa terlihat hampir konstan. SO₂ di PBL Pulau Jawa bervariasi dari 0 sampai dengan 5 DU. Ada kondisi yang fluktuatif pada tahun 2005 awal, tahun 2006 akhir dan pada tahun 2010 akhir yang mencapai hampir 30 DU. Kondisi yang ekstrem pada akhir 2010 ini diinvestigasi berasal dari letusan Gunung Merapi dan akan dikonfirmasi dengan data kejadian letusan Gunung Merapi yang terjadi pada tahun 2010.

3.6 Variasi Temporal SO₂ pada Ketinggian Troposfer Tengah

Variasi temporal SO₂ di troposfer tengah (Mtrop) tahun 2004-2012 dapat dilihat pada Gambar 6. SO₂ di Mtrop Pulau Jawa bervariasi dari 0 sampai dengan 1 DU.



Gambar 6. (a) Variasi temporal SO₂ di Troposfer tengah Pulau Jawa dan (b) pola tahunan tahun 2004 sampai dengan 2012.

Variasi SO₂ di troposfer tengah Pulau Jawa terlihat hampir konstan hanya ada kondisi yang fluktuatif sama dengan yang SO₂ yang terdeteksi di ketinggian PBL yaitu pada tahun 2005 awal, tahun 2006 akhir dan pada tahun 2010 akhir dengan konsentrasi SO₂ hampir mencapai 5 DU. Kondisi ini sebagai dampak letusan Gunung Merapi pada tahun-tahun tersebut yang dapat terdeteksi sampai ke ketinggian troposfer tengah.

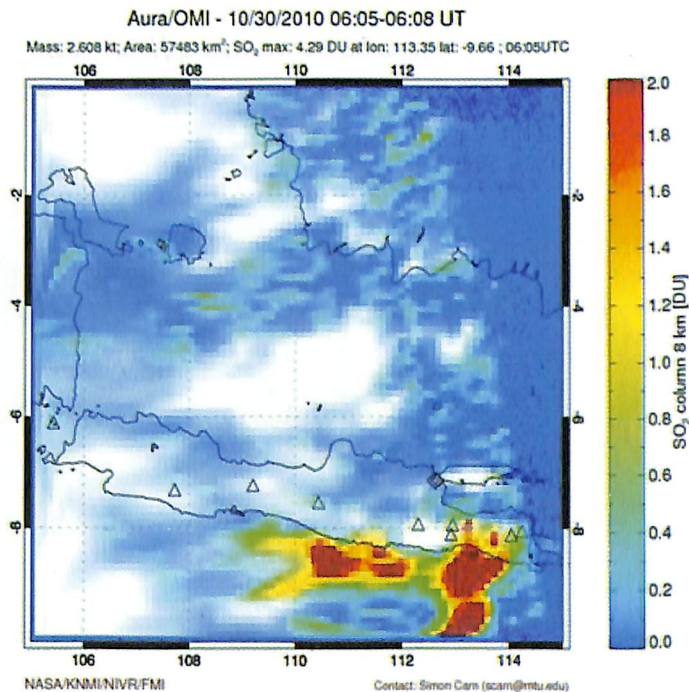
3.7 Kejadian Letusan Gunung Merapi yang Terkait dengan Perubahan Kondisi SO₂

Kejadian letusan Gunung Merapi di Pulau Jawa yang terkait dengan perubahan kondisi SO₂ di Pulau Jawa khususnya pada saat kejadian letusan Gunung Merapi tahun 2010 dengan data pendukung fluks SO₂ seperti terlihat pada Tabel 2.

Pada Gambar 7 ditunjukkan kondisi SO₂ pada Oktober 2010 dari data satelit di Pulau Jawa yang memperlihatkan nilai ekstrem fluks SO₂ 500 ton/hari khususnya tanggal 30 Oktober 2010 bersesuaian dengan terjadinya letusan Gunung Merapi.

Tabel 2. Fluks SO₂ Gunung Merapi.

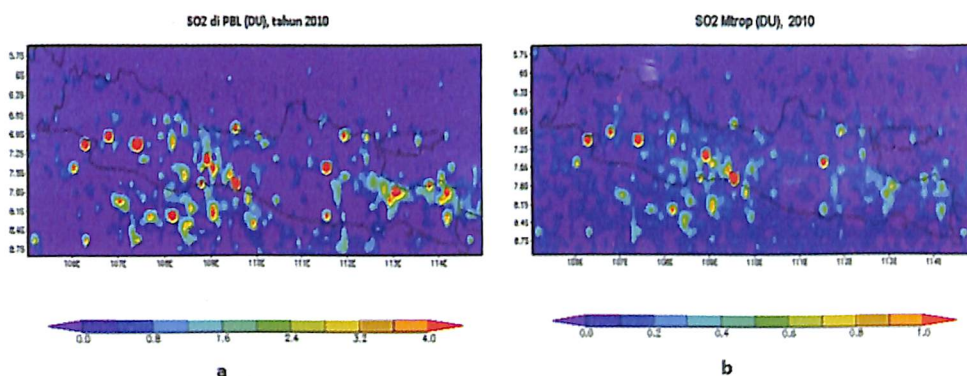
Waktu Pengukuran	Fluks SO ₂ Ton/hari
19 Oktober 2010	134
21 Oktober 2010	244
15 Oktober 2010	239
27 Oktober 2010	136
29 Oktober 2010	367
30 Oktober 2010	500



Gambar 7. SO₂ di Pulau Jawa pada 30 Oktober 2010.

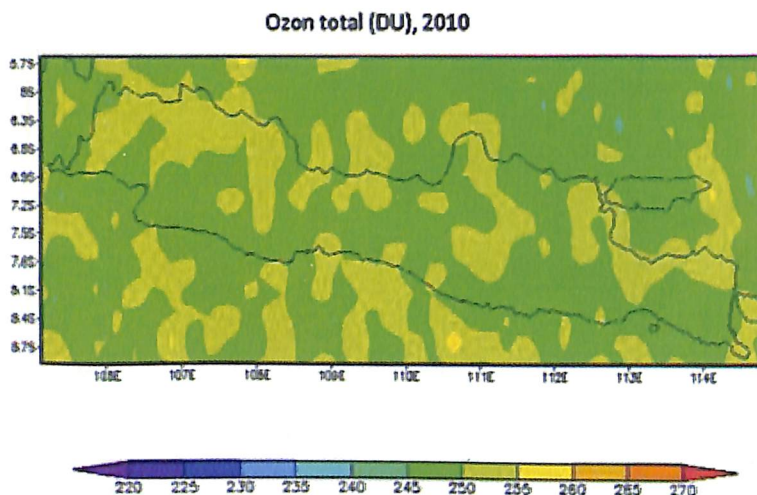
3.8 Ozon total dan SO₂ di Pulau Jawa tahun 2010

Pada tahun 2010 terjadi letusan Gunung Merapi di Pulau Jawa yang mengeluarkan SO₂ dengan fluks yang tinggi (Tabel 2) yang diduga berdampak terhadap perubahan komposisi atmosfer di Pulau Jawa.



Gambar 8. (a) Variasi spasial SO₂ di PBL dan (b) di troposfer tengah (Mtrop) Pulau Jawa pada tahun 2010.

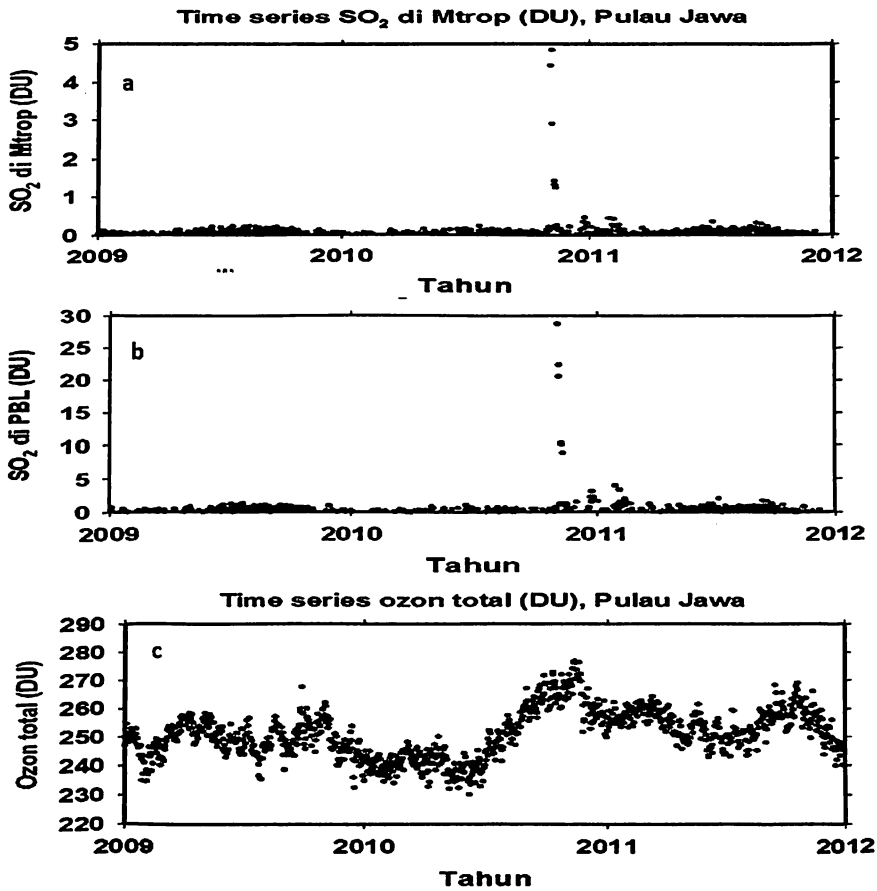
Variasi spasial SO₂ di PBL dan di troposfer tengah (Mtrop) Pulau Jawa pada tahun 2010 memperlihatkan SO₂ yang tinggi baik di PBL maupun di troposfer tengah seperti dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 9. Variasi spasial ozon total Pulau Jawa pada tahun 2010.

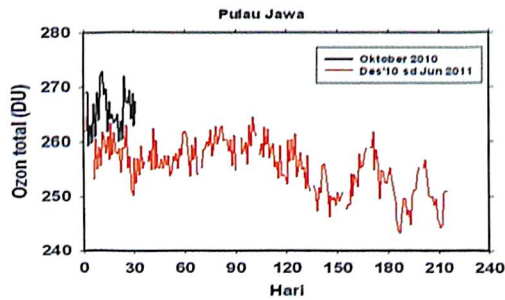
Kondisi ozon total Jawa pada tahun 2010 menunjukkan ozon total minimum 248,07 DU, maksimum 250,09 DU, rata-rata 249,31 DU dengan standar deviasi 0,50 DU. Nilai ozon total pada tahun 2010 tergolong normal untuk ozon wilayah ekuator.

Kondisi SO₂ dari letusan Gunung Merapi tahun 2010 akan dilihat dampaknya pada ozon total di Pulau Jawa satu tahun sebelum dan sesudah peristiwa letusan terjadi.



Gambar 10. (a) Variasi temporal tahun 2009 sampai 2011 untuk SO_2 di Mtrop, (b) SO_2 di PBL dan (c) ozon total Pulau Jawa.

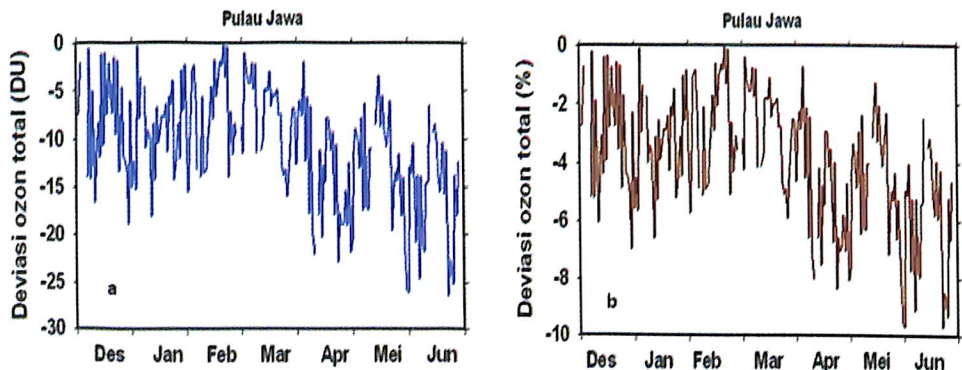
Untuk menganalisis terjadinya perubahan ozon di Pulau Jawa dampak dari letusan Gunung Merapi, maka dibuat analisis *time series* ozon total Pulau Jawa tahun 2009 sampai dengan 2011 seperti terlihat pada Gambar 10. Perubahan ozon total karena meningkatnya kolom SO_2 dari Gunung Merapi dapat dilihat dari deviasi ozon total pada sebelum, saat kejadian dan beberapa lama setelah kejadian letusan Gunung Merapi tersebut terjadi.



Gambar 11. Ozon total di Pulau Jawa pada saat letusan (Oktober 2010) dan sesudah letusan Gunung Merapi terjadi (Desember 2010 sampai Juni 2011).

Pada Gambar 11 dapat dilihat kondisi ozon di Pulau Jawa pada bulan Desember 2010 dan awal 2011 lebih rendah dari kondisi ozon pada saat kejadian letusan Gunung Merapi (Oktober 2010).

Besarnya penurunan ozon di Pulau Jawa dapat dilihat pada Gambar 12. Perubahan ozon total karena meningkatnya kolom SO₂ dari Gunung Merapi dapat dilihat dari deviasi ozon total pada sebelum, saat kejadian dan beberapa lama setelah kejadian letusan terjadi. Pada Gambar 11 tersebut memperlihatkan terjadinya penurunan ozon total terhadap kondisi ozon Oktober 2010 di Pulau Jawa berkisar dari 5 DU sampai hampir 30 DU pada Desember 2010 sampai Juni 2011.



Gambar 12. Deviasi penurunan ozon total di Pulau Jawa dalam DU (a) dan dalam prosentase (b).

Bila deviasi dalam satuan DU tersebut dijadikan prosentasi maka persen penurunan ozon yang terjadi di Pulau Jawa dari Desember 2010 sampai dengan Juni 2011 adalah 1 % sampai dengan 10%.

4 PEMBAHASAN

Variasi Ozon total di Pulau Jawa secara spasial dari tahun 2004 sampai dengan 2012, menunjukkan ozon total rata-rata: 249,6 DU, standar deviasi 2,3 DU, minimum 242 DU dan maksimum 255,2 DU. Pada tahun 2007 rata-rata nilai ozon total di Pulau Jawa lebih kecil yaitu 247 DU. Kondisi ozon total di Pulau Jawa ini masih dalam kategori normal untuk ozon total di ekuator yaitu antara 240 DU sampai 270 DU. Variasi ozon total di Pulau Jawa secara temporal mempunyai range 229,7 DU – 277,7 DU. Nilai ozon total terendah terdeteksi 229,7 DU yang lebih kecil dari nilai batas bawah nilai normal yaitu 240 DU. Variasi temporal ozon total pada tahun 2007 juga menunjukkan nilai 247,33 DU yang lebih rendah dari tahun-tahun yang lainnya.

Variasi SO₂ di PBL Pulau Jawa bervariasi dari 0 sampai dengan 5 DU, dengan kondisi yang fluktuatif seperti pada tahun 2010 karena dampak dari letusan Gunung Merapi yang menunjukkan nilai SO₂ di PBL hingga mencapai 30 DU.

Variasi SO₂ di troposfer tengah di Pulau Jawa juga bervariasi dari 0 sampai dengan 1 DU, nilai SO₂ di troposfer tengah lebih kecil dari SO₂ di PBL. Terdeteksi juga SO₂ yang fluktuatif yang pada akhir tahun 2010 mencapai 5 DU. Sesuai dengan data kejadian meletusnya Gunung Merapi pada tahun 2010, peningkatan ini sebagai dampak dari letusan Gunung Merapi yang sampai ke lapisan atmosfer yang lebih tinggi.

Kondisi SO₂ di PBL dan di troposfer tengah yang fluktuatif pada saat tertentu dengan nilai yang lebih tinggi telah dikonfirmasi dengan data letusan Gunung Merapi yang terjadi pada 19 Oktober 2010 sampai dengan 30 Oktober 2010 seperti terlihat pada tabel 2 untuk membuktikan bahwa SO₂ tersebut berasal dari letusan Gunung Merapi dapat dilihat dari peningkatan SO₂ di PBL dan di troposfer tengah terdeteksi maksimum pada bulan-bulan SON. Pada saat Gunung Merapi meletus SO₂ di Pulau Jawa meningkat drastis baik di ketinggian PBL maupun di troposfer tengah.

Setelah terjadi letusan besar gunung berapi, beberapa penelitian menunjukkan adanya penurunan konsentrasi ozon seperti yang dijelaskan oleh Textor, *et.al.* (2003) bahwa setelah Gunung Pinatubo meletus, terdapat penurunan konsentrasi ozon sebesar 2 % di wilayah tropis dan 7 % di daerah lintang tengah.

SO₂ yang sampai di stratosfer kemudian dioksidasi menjadi aerosol sulfat yang dapat menurunkan konsentrasi radikal nitrogen yang berperan dalam reaksi penguraian klorin reaktif yang menguraikan ozon. Akibatnya jumlah klorin di atmosfer meningkat sehingga konsentrasi ozon menurun.

Tingginya konsentrasi SO₂ di atmosfer secara teori dapat menurunkan konsentrasi ozon akibat menurunnya fluks radiasi matahari yang masuk karena SO₂ menyerap radiasi pada panjang gelombang 180 nm - 390 nm yang merupakan panjang gelombang yang sama untuk proses fotolisis oksigen yang digunakan untuk proses produksi ozon. Akibat proses fotolisis oksigen berkurang maka konsentrasi ozon menurun. Berdasarkan penelitian lain yang menggunakan model, pada jangka pendek sesaat setelah letusan gunung berapi terjadi, pada ketinggian 25 km tidak ada penipisan ozon. Akan tetapi, setelah dua bulan sebagian besar SO₂ diubah menjadi SO₄ akibat reaksi dengan radikal OH yang bergabung dengan aerosol (Huff, K., 1996).

Dalam penelitian ini pengaruh SO₂ dari letusan Gunung Merapi dapat mengakibatkan penurunan ozon di Pulau Jawa yang terjadi setelah 2 bulan - 6 bulan peristiwa letusan terjadi, akan tetapi masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji mekanisme dan efek lebih lanjut SO₂ dari letusan Gunung Merapi terhadap konsentrasi ozon di stratosfer di Pulau Jawa.

5 KESIMPULAN

Telah diperoleh karakteristik parameter atmosfer yang dihasilkan dari letusan Gunung Merapi yaitu terjadinya peningkatan konsentrasi SO₂ dan terjadinya penurunan ozon total. Telah diperoleh pula prosentase meningkatnya SO₂ terhadap penurunan ozon di Pulau Jawa yaitu ozon berkurang ~ dari 5 sampai 30 DU (2 sd 10 %). Keterkaitan antara SO₂ dari letusan Gunung Merapi dan penurunan ozon di Pulau Jawa terjadi setelah 2 bulan - 6 bulan peristiwa letusan Gunung Merapi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bluth, J.S.G., Rose, I.W., Sprod, E.I., dan Krueger, J.A., 1997: Stratospheric Loading of Sulfur from Explosive Volcanic Eruption. *The Journal of Geology*, **105**, 671-683.
- Huff, K, The effect of Volcanic Sulfur Dioxide on The Ozone Layer, <http://www.meteor.iastate.edu/gcp/studentpapers/1996/atmoschem/huff.html>, tanggal akses 20 Januari 2014.
- NASA, OMI home page: <http://toms.gsfc.nasa.gov/omi>, 2012
- http://www.geology.sdsu.edu/how_volcanoes_work/index.html/ diakses 21 Januari 2013
- Robock, A., 2000: Volcanic Eruptions and Climate. *Reviews of Geophysics*, **38**, 191-219
- Czopak C., 2012: Volcanic impact of short and longterm climate, comparison with anthropogenic climate change. *Thesis*.
- Surono, Jousset, P., Pallister, J., Boichu, M., Buongiorno, M., Budisantoso, A., Costa F., Andreastuti, S., Prata F., Scheider D., Clarisse L., Humaida H., Bignami C., Griswold J., Carn S., Oppenheimer, C., Lavigne F., 2012: The 2010 explosive eruption Java's merapi volcano a 100 year event. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **241-242**, 121,135, DOI: 10.1016/j.volgeores, 2012.06.018.
- Textor, C., Hans, F., and Herzog, M., 2003: Injection of Gases into The Stratosphere by Explosive Volcanic Eruption. *Journal of Geophysical Research*, **108**, 5-1;5-17.