

ANALISIS HUBUNGAN ANTARA OZON DENGAN TEMPERATUR (STUDI KASUS DATA WATUKOSEK 1993-2005)

Ninong Komala

Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Udara, Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim-LAPAN
Jl. Dr. Djundjunaan 133, Bandung 40173

E-mail: ninongk@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan analisis keterkaitan ozon dengan temperatur dari data Watukosek 1993-2005 dengan tujuan untuk melakukan pemanfaatan hasil penelitian (data profil ozon dan temperatur vertikal Watukosek), mencari level ketinggian yang mempunyai keterkaitan sangat besar antara ozon dengan temperatur. Penelitian dilakukan dengan membuat profil bulanan untuk ozon dan temperatur kemudian dicari level ketinggian yang mempunyai nilai korelasi profil ozon dan temperatur paling besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa korelasi antara ozon dan temperatur Watukosek dari data 1993-2005 korelasi yang besar sekali (koefisien korelasi lebih besar dari 0.9) diperoleh dari data pada ketinggian 15-20 km sedangkan untuk ketinggian 0.05 sampai dengan 3.0 km korelasinya antara 0.738-0.961.

Abstract

The analysis of correlation between ozone and temperature based on the Watukosek data of 1993-2005. The aim of this study was to use the data from insitu observation result (Watukosek profiles of ozone and temperature) and to know the altitude level which show highest correlation between ozone and temperature. The analysis was conducted by making the monthly profile of ozone and temperature within the 1993-2005 periods and searches the altitudes, which show highest correlation between ozone and temperature. The result showed that from Watukosek data observation result in the period of 1993-2005 the altitude which showed highest correlation between ozone and temperature were 0.05m-3.0 km with coefficient correlation of 0.738-0.961 and altitude of 15-20 km with coefficient correlation of 0.941 -0.982.

Keywords: ozone, temperature, monthly profile

1. Pendahuluan

Ozon di atmosfer mempunyai dua efek terhadap keseimbangan temperatur bumi. Ozon mengabsorpsi radiasi ultra violet matahari sehingga dapat memanaskan stratosfer, tetapi ozon juga mengabsorpsi radiasi infra merah yang diemisikan oleh permukaan bumi yang secara efektif menyebabkan terperangkapnya panas di troposfer. Oleh karena itu, pengaruh iklim yang disebabkan berubahnya konsentrasi ozon bervariasi terhadap ketinggian. Mayoritas perubahan ozon di stratosfer bawah adalah karena aktivitas manusia yang menghasilkan gas yang mengandung klorin dan bromine, mempunyai efek dapat mendinginkan permukaan bumi. Dengan kata lain, meningkatnya ozon yang diestimasi terjadi di troposfer karena polusi di permukaan bumi mempunyai

efek memanaskan permukaan bumi sehingga menyumbang peristiwa efek rumah kaca. Dibandingkan dengan efek perubahan gas-gas lain di atmosfer, efek dari perubahan ozon di troposfer dan di stratosfer masih sulit untuk dihitung secara akurat.

Dari faktor geografis, Indonesia terletak di ekuator, merupakan benua-maritim mempunyai karakteristik atmosfer yang unik. Dibandingkan dengan di Negara lain yang terletak di lintang yang lebih tinggi, penelitian *trace gases* di atmosfer di daerah ekuator secara kontinu masih sedikit. Sehingga penelitian ozon dan *trace gases* di Indonesia akan sangat berguna selain bagi basis data juga untuk studi karakteristik atmosfer Indonesia serta masukan bagi pemodelan atmosfer Indonesia.

Penelitian konsentrasi ozon di atmosfer telah dilakukan oleh LAPAN sejak tahun 1987 diawali dengan melakukan pengukuran ozon permukaan di Bandung (6.9S, 10 dan Watukosek. Selanjutnya dilakukan penelitian ozon vertikal melalui peluncuran ozonsonde untuk yang mengukur konsentrasi ozon vertikal secara rutin dilakukan di Watukosek (7.5 S, 112.6 E) sejak 1993 bekerja sama dengan Tokyo University dan NASDA – Jepang. Sejak tahun 1998, Watukosek menjadi bagian dari Program SHADOZ (Southern Hemisphere Additional Ozonesonde). Data set dari SHADOZ ini di desain untuk memvalidasi data satelit, riset proses dan pemodelan. Data set dari SHADOZ sudah digunakan untuk validasi data satelit TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) dan TTO (Tropospheric Total Ozone). Pada Desember 2004 data ozonsonde dari SHADOZ digunakan untuk validasi data OMI yang dibawa satelit EOS-Aura.

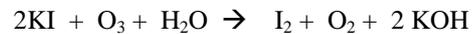
Di daerah ekuator, Watukosek menjadi stasiun kedua dengan data ozonsonde terpanjang setelah Natal (Brazil). Data ozon vertikal Watukosek sudah ada secara on-line sejak tahun 2000 di : <http://croc.gsfc.nasa.gov/shadoz/java.html>

Selain data ozon, dari hasil penelitian diperoleh pula data meteorologi seperti temperatur dan kelembaban. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemanfaatan hasil penelitian berupa data profil ozon dan temperatur vertikal Watukosek, juga untuk memberikan sumbangan terhadap kebutuhan pemodelan ozon Indonesia yang telah dilakukan dengan tahapan pengkajian pemodelan ozon dengan karakterisasi pola bulanan profil ozon vertikal Watukosek, juga dilakukan pembuatan model vertikal yang bisa dijadikan standar untuk profil ozon, dilanjutkan dengan mencari parameter meteorologi yang berpengaruh terhadap variasi ozon vertikal. Pada penelitian ini parameter meteorologi yang ditinjau dan dicari keterkaitannya adalah temperatur.

2. Metode Penelitian

Salah satu cara untuk mengukur profil vertikal ozon di atmosfer adalah dengan meluncurkan balun yang dilengkapi dengan instrument pengukur ozon. Instrument yang diterbangkan/diluncurkan dengan balun ini disebut ozonsonde yang datanya memperlihatkan perilaku struktur dinamika atmosfer. Pengukuran profil ozon vertikal menggunakan ozonsonde dengan sensor ECC (*Electrochemical Concentration cell*) ini berdasarkan metoda yang dikembangkan oleh Kobayashi, dan Komhyr. Ozonsonde mengukur konsentrasi ozon atmosfer dengan reaksi kimia. Instrumen ini dipasang pada balon meteo dan mengukur konsentrasi ozon per lapisan ketinggian. Ozonsonde tersusun atas pompa yang

mengalirkan udara masuk ke tabung reaksi yang berisi larutan kalium iodida. Tabung ini terhubung ke tabung lain yang berisi larutan kalium iodida jenuh oleh “jembatan ion” (*ion bridge*). Pada saat ozon mengalir ke tabung tersebut, maka terjadi reaksi sbb.:

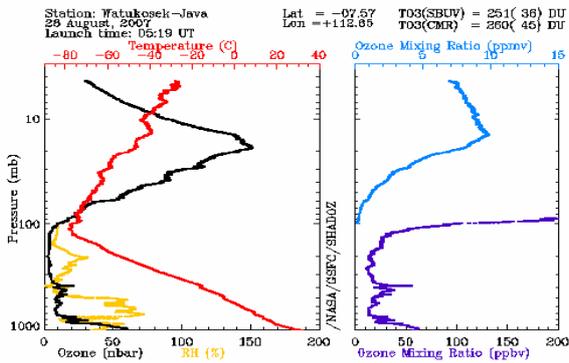


Reaksi kimia ini mengubah keseimbangan dua tabung tersebut sehingga menimbulkan aliran arus listrik yang dideteksi oleh rangkaian elektronik pada ozonsonde. Makin besar konsentrasi ozon, makin besar arus listrik yang ditimbulkan. Sinyal ini dikirim ke stasiun penerima melalui sistem telemetri dan berikutnya diolah oleh komputer di stasiun tersebut [1, 2].

Di Watukosek digunakan ozonsonde Carbon_Iodine RSII_KC79D dengan balun tipe Totex- 3000 dan system tracking untuk mengukur ozon vertikal sampai Juli 1999. Sejak Agustus 1999, digunakan ozonsonde ENSCI ECC (Electrochemical Concentration Cell) dengan larutan Kalium Iodode (KI) 2% tanpa buffer. Tekanan udara, temperatur dan kelembaban diukur dengan radiosonde Vaisala RS80-15 yang direkatkan ke box ozonsonde dan diterbangkan bersamaan. Untuk ozonsonde jenis ini, digunakan balun tipe Totex-2000. Instrumen ozonsonde yang dilengkapi dengan radiosonde ini mengukur data dalam interval waktu 1 sampai 10 detik. Ozonsonde ECC bisa mengukur ozon sampai dengan ~ 33-35 km dengan presisi instrumen sekitar 5% dan resolusi vertikal antara 5 dan 50 m, yang bisa memberi kita ciri-ciri variabilitas ozon tropis yang berkaitan dengan iklim dan dinamika atmosfer [3].

Dalam setiap peluncuran, diperoleh profil ozon, dan temperatur seperti pada Gambar 1. Dari hasil peluncuran sejak tahun 1993 sampai 2005, diperoleh data profil ozon vertikal dan temperatur. Data inilah yang digunakan untuk membuat profil standar ozon vertikal dan temperatur.

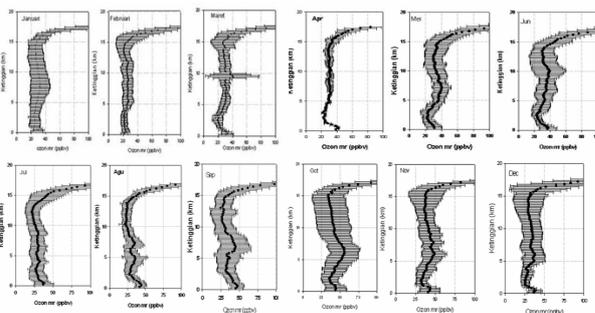
Profil bulanan temperatur diperoleh dari radiosonde Vaisala RS-80 yang diluncurkan bersama-sama dengan ozon. Metoda statistik dilakukan untuk meninjau korelasi profil ozon dengan profil temperatur. Data profil ozon vertikal Watukosek yang digunakan adalah data tahun 1993-2005. Demikian pula untuk data profil temperatur vertikal. Korelasi profil bulanan ozon dengan profil vertikal temperatur dilakukan untuk mencari ketinggian dimana korelasi antara ozon dan temperatur mempunyai nilai korelasi yang paling tinggi.



Gambar 1. Contoh profil ozon, temperatur dan kelembaban (kiri) dan ozon miksing rasio (kanan) Watukosek yang dipublikasi di web-NASA

3. Hasil dan Pembahasan

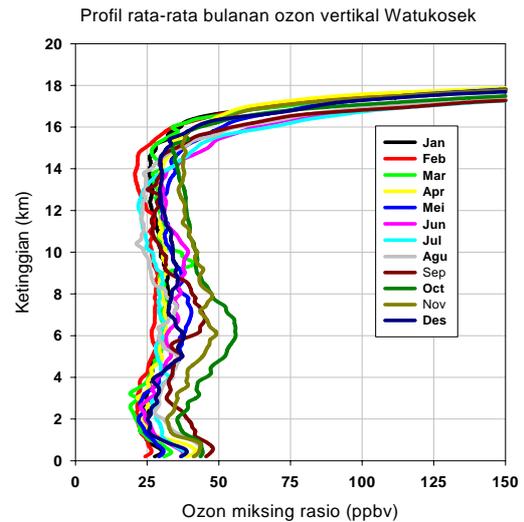
Dari data ozon vertikal Watukosek periode 1993-2005 dibuat profil bulanan ozon miksing rasio (ppbv = part per billion volume) vertikal dari ketinggian permukaan sampai 20 km beserta standar deviasinya. Pada gambar 3.1 dapat dilihat profil vertikal ozon Watukosek (1993-2005) serta standar deviasinya untuk bulan Januari sampai dengan Desember. Ozon data yang diukur dengan ozonsonde mempunyai presisi sekitar ±3 sampai 12% di troposfer. Akurasi untuk ozonsonde secara individu adalah ±6% untuk ketinggian dekat permukaan dan 7 sampai 17% di troposfer-tinggi (*high troposfer*) dimana ozon miksing rasionya rendah [2].



Gambar 2. Rata-rata bulanan profil vertikal ozon Watukosek (1993-2005) serta standar deviasinya untuk bulan Januari sampai Desember

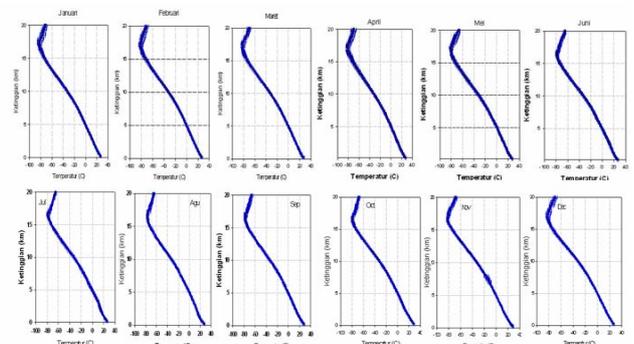
Variasi profil vertikal ozon troposfer yang teramati dari data Watukosek jangka panjang (data 1993-2005) mempunyai kesamaan yaitu pada musim basah konsentrasi ozon troposfer mempunyai miksing rasio yang konstan [4], [5], [6], [7]. Namun demikian, dalam profil musim basah ini kadang-kadang dijumpai peningkatan ozon di troposfer atas. Pada musim transisi dari musim panas ke musim basah, peningkatan

di troposfer bawah biasanya dapat dideteksi dengan mudah. Ada tiga type profil khusus yang ditemukan yaitu: (i) profil yang menunjukkan miksing rasio rendah dan konstan (20~30 ppbv) di daerah troposfer seperti pada profil bulan Januari dan Februari. (ii) profil dengan konsentrasi ozon yang lebih tinggi di troposfer atas seperti yang ditemukan pada profil April, Mei dan Juni. (iii) profil dengan ciri konsentrasi ozon yang lebih tinggi di troposfer bawah seperti ditemukan pada profil bulan September, Oktober dan November.



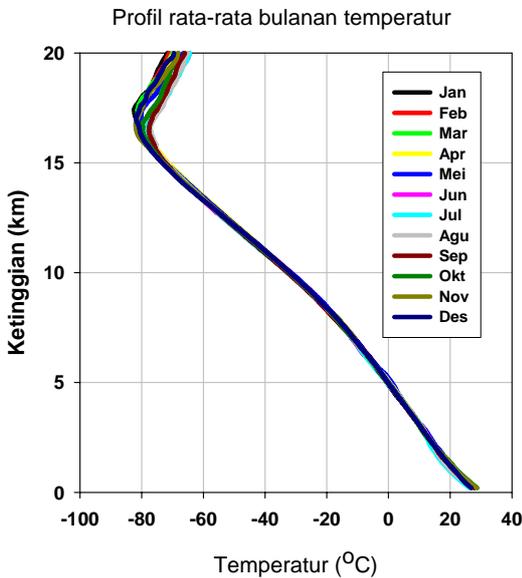
Gambar 3. Rata-rata bulanan profil vertikal ozon Watukosek bulan Januari sampai Desember.

Pada Gambar 3. yang menggambarkan profil ozon vertikal untuk bulan Januari sampai Desember, karakteristik profil ozon vertikal antara tipe (i), (ii) dan (iii) dapat lebih terlihat dengan lebih jelas. Profil Januari dan Februari (tipe i) menunjukkan profil ozon miksing rasio yang relatif konstan (~ 25 ppbv) dan profil September dan Oktober (tipe iii) menunjukkan miksing rasio yang lebih besar (~ 50 ppbv) di troposfer bawah.



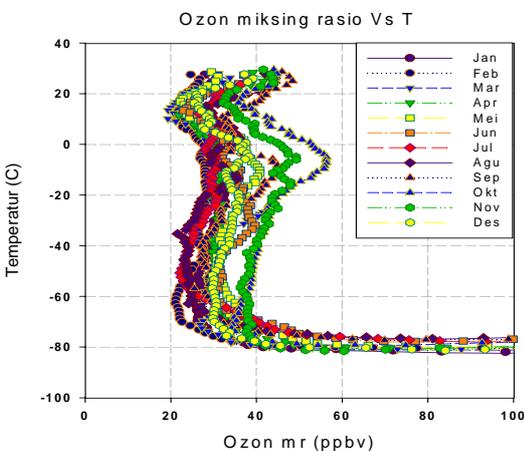
Gambar 4. Rata-rata bulanan profil vertikal temperatur Watukosek (1993-2005) serta standar deviasinya Januari – Desember

Berdasarkan data temperatur vertikal Watukosek periode 1993-2005 dibuat profil bulanan temperatur beserta standar deviasinya yang akan dijadikan standar, seperti tampak pada Gambar 4.



Gambar 5. Rata-rata bulanan profil vertikal temperatur Watukosek Januari – Desember

Pada Gambar 5. dapat dilihat profil rata-rata temperatur untuk bulan Januari sampai dengan Desember yang memperlihatkan kesamaan profil di troposfer bawah, sedangkan di troposfer atas (15~20 km), masing-masing profil mempunyai sedikit variasi. Untuk melihat keterkaitan antara ozon dan temperatur, dari profil bulanan ozon vertikal Watukosek (data 1993-2005) dengan temperatur vertikal, dicari korelasinya. Sebagai contoh profil ozon bulan Januari (data 1993-2005) dengan profil temperatur bulan Januari (data 1993-2005), demikian pula untuk bulan-bulan lainnya.

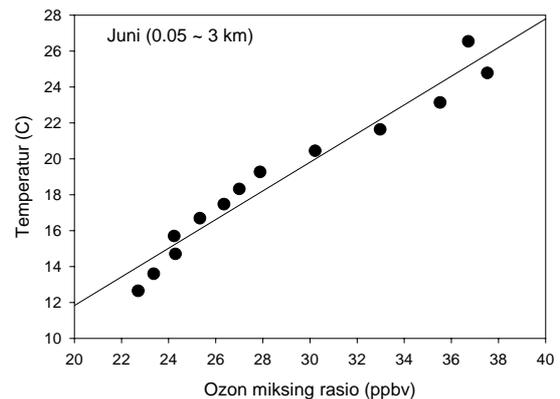


Gambar 6. Korelasi ozon miksing ratio dengan Temperatur

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa profil vertikal temperatur terhadap profil vertikal ozon, pola keterkaitannya tidak menunjukkan grafik yang linier seandainya data pada semua ketinggian dicari korelasinya. Korelasi yang telah dianalisis adalah korelasi antara ozon dan temperatur pada ketinggian 0.05 km sampai 3.0 km dan ketinggian 15-20 km. Korelasi pada kedua ketinggian ini memperlihatkan nilai korelasi yang besar seperti dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Korelasi profil ozon dan temperatur Watukosek pada ketinggian 0.05-3km dan 15-20 km

O3 vs T	0.05~3 km	15~20 km
Jan	0.738	0.941
Feb	0.881	0.969
Mar	0.910	0.964
Apr	0.899	0.957
Mei	0.891	0.978
Jun	0.924	0.973
Jul	0.961	0.968
Agu	0.939	0.970
Sep	0.954	0.977
Okt	0.753	0.962
Nov	0.784	0.982
Des	0.766	0.982



Gambar 7. Contoh plot korelasi temperatur dan ozon bulan Juni pada ketinggian 0.05 – 3 km

4. Kesimpulan

Korelasi Ozon dengan Temperatur pada ketinggian 0.05 km sampai dengan 3 km menunjukkan nilai 0.73-0.88 untuk bulan-bulan DJF, 0.89-0.91 untuk bulan-bulan MAM, 0.92-0.96 untuk bulan-bulan JJA dan 0.75-0.95 untuk bulan-bulan SON. Pada ketinggian 15-

20 km korelasi ozon dengan temperatur menunjukkan nilai yang sangat besar untuk setiap bulannya yaitu antara 0.94-0.98. Korelasi ozon dengan temperatur pada ketinggian di atas 3 km sampai 15 km belum dibahas dan akan dibahas pada tulisan yang lain misalnya dengan mencari korelasi per-level atau dicari korelasinya berdasarkan ketinggian standard, atau dengan metoda lain.

Daftar Acuan

- [1] Kobayashi, J. and Toyama, Y.: On various methods of measuring the vertical distribution of atmospheric ozone (III) carbon-iodine type chemical ozonesonde, *Pap. Meteorol. Geophys.*, 17, 113–126, 1966.
- [2] Komhyr, W. D., Barnes, R. A., Brothers, G. B., Lathrop, J.A., and Opperman, D. P.: Electrochemical concentration celozonesonde performance evaluation during STOIC 1989, *J. Geophys. Res.*, 100, 9231–9244, 1995.
- [3] Thompson, A. M., Witte, J. C., McPeters, R. D., Oltmans, S. O., et al.: Southern Hemisphere Additional Ozonesondes (SHADOZ) 1998–2000 tropical ozone climatology – 1: Comparison with Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) and ground-based measurements, *J. Geophys. Res.*, 108, 8238, doi:10.1029/2001JD000967, 2003.
- [4] Komala, N., S. Saraspriya, K. Kita, and T. Ogawa, Tropospheric ozone behavior observed in Indonesia, *Atmospheric Environment*, 30, 1851-1856, 1996.
- [5] Komala, N., S. Saraspriya, A. Suropto, H. Suherman, Pengkajian Model Ozon Indonesia dari keluaran Mozart dan Geos-chem Tahap I, II dan III, Program Penelitian Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, Tahun Anggaran 2003~2005.
- [6] Fujiwara, M., K. Kita, S. Kawakami, T. Ogawa, N. Komala, S. Saraspriya, and A. Suropto, Tropospheric ozone enhancements during the Indonesian forest fire events in 1994 and in 1997 as revealed by ground-based observations, *Geophysical Research Letters*, 26, 2417-2420, 1999.
- [7] Fujiwara, M., K. Kita, T. Ogawa, S. Kawakami, T. Sano, N. Komala, S. Saraspriya and A. Suropto, Seasonal variation of tropospheric ozone in Indonesia revealed by 5-year ground-based observations, *J. Geophys. Res.* 105, 1879-1888, 2000.