

KARAKTERISTIK OZON TOTAL DI INDONESIA BERBASIS DATA SATELIT AURA-OMI

Ninong Komala

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer-LAPAN

Email: ninongk@yahoo.com

ABSTRACT

A study the characteristics of total ozone based on AURA-OMI satellite data over Indonesia were carried out by taking inventory and performing an analysis of total ozone conditions. Comparison of analysis result on total ozone conditions over the Java Island, Sumatera, Kalimantan and Papua were conducted to analyze the characteristics of ozone in more detail by looking at the differences in characteristic, the tendency pattern also the annual and its seasonal variations. The analysis revealed that the average spatial variation from 2004 to 2011 shows that the highest total ozone detected over Java and northern Sumatera. Lowest total ozone detected over Sulawesi and Papua. The analysis of total ozone based on temporal variation shows that range of total ozone in Java Island is between 230 DU to 277 DU, in Sumatera between 230 DU to 277 DU, while in Kalimantan between 228 DU to 275 DU, and between 225 DU to 265 DU over Papua. Over Java, Sumatera, Kalimantan and Papua, total ozone in 2005 and 2007 show lower values compared to conditions in other years, this is due to La Niña event which occurs in 2005 and 2007. La Niña will cause the atmosphere contains more water vapor and resulting in reduced ozone concentrations.

Keywords: *Total ozone, Annual variation, Seasonal variation*

ABSTRAK

Penelitian karakteristik ozon wilayah Indonesia berbasis data satelit Aura-OMI (Ozone Monitoring Instrument) dilakukan dengan cara menginventori serta melakukan analisis kondisi dan karakteristiknya. Komparasi hasil analisis kondisi ozon total di Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua dilakukan untuk menganalisis karakteristik ozon total secara lebih rinci dengan melihat perbedaan karakteristik, trend, variasi tahunan dan

variasi musimannya. Hasil analisis variasi spasial rata-rata 2004 sampai dengan 2011 di Indonesia menunjukkan ozon total tertinggi terdeteksi di Pulau Jawa dan Sumatera bagian Utara. Kondisi ozon total terendah terdeteksi di wilayah Sulawesi dan Papua. Hasil analisis berdasarkan variasi temporal menunjukkan kisaran ozon total untuk Pulau Jawa antara 230 DU sampai dengan 277 DU, di Pulau Sumatera antara 230 DU sampai dengan 277 DU, di Kalimantan antara 228 DU sampai dengan 275 DU dan di Papua berkisar antara 225 DU sampai dengan 265 DU. Di Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua kondisi ozon total pada tahun 2005 dan 2007 terdeteksi lebih rendah dibandingkan dengan kondisi ozon total pada tahun lainnya. Kondisi ozon total yang rendah ini dikarenakan pada tahun 2005 dan 2007 di Indonesia terjadi peristiwa La Niña yang menyebabkan kondisi atmosfer banyak mengandung uap air, sehingga terjadi penurunan konsentrasi prekursor ozon dan meningkatnya konsentrasi OH yang mengakibatkan penurunan konsentrasi ozon total.

Kata kunci : Ozon total, Variasi tahunan, Variasi musiman.

1 PENDAHULUAN

Indonesia yang terletak di daerah ekuator dan merupakan Negara benua-maritim dengan karakteristik atmosfer yang unik. Dibandingkan dengan daerah yang terletak di lintang yang lebih tinggi, di daerah ekuator penelitian *trace gases* di atmosfer secara terus menerus masih sangat sedikit. Untuk itu penelitian ozon secara insitu dan berbasis data satelit sudah pula di dilakukan di LAPAN (Komala dkk, 2009; Komala dkk, 2010). Data set dari SHADOZ sudah digunakan untuk validasi satelit TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) dan TTO (Tropospheric Total Ozone). Di daerah ekuator, Watukosek menjadi stasiun kedua dengan data ozonsonde terpanjang setelah Natal, Brazil (Thompson *et al.* ; 2003).

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan data satelit AURA yang membawa Ozone Monitoring Instrument (OMI) dalam menunjang "Space Based Observation" dan mengetahui karakteristik ozon total di Indonesia dengan melakukan komparasi hasil analisis kondisi ozon total di pulau Jawa,

Sumatera, Kalimantan dan Papua yang dapat memberikan sumbangan terhadap kebutuhan pemodelan serta riset proses atmosfer Indonesia. Sasaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah tercapainya perolehan karakteristik ozon total Indonesia dari data satelit AURA-OMI, ketersediaan basis data atmosfer Indonesia dari data satelit, dan hasil komparasi analisis karakteristik ozon total di Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Dari pembelajaran ozon di Indonesia, sampai saat ini telah dilakukan penelitian tentang ozon dari penelitian insitu. Namun sampai saat ini hasil penelitian insitu untuk ozon di Indonesia masih sangat terbatas. Karena adanya keterbatasan cakupan dari hasil pengukuran insitu, data satelit memegang peranan penting untuk menunjang kelengkapan data. Data ozon untuk wilayah Indonesia akan sangat berguna selain bagi basis data juga untuk studi karakteristik atmosfer Indonesia dan bisa digunakan sebagai validator untuk data hasil pengukuran dari satelit.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi konsentrasi ozon yaitu faktor alamiah dan antropogenik. Aktivitas matahari, efek musiman, ENSO, QBO dan aktivitas manusia adalah faktor lain yang dapat mempengaruhi konsentrasi ozon. Pada saat aktivitas matahari tinggi, ozon total akan meningkat dan pada saat aktivitas matahari rendah konsentrasi ozon menurun. Pada saat musim basah, konsentrasi ozon menurun karena kurangnya radiasi matahari dan adanya uap air yang merusak molekul ozon. Pada saat musim panas, konsentrasi ozon meningkat karena intensitas radiasi matahari yang sangat tinggi yang menjadikan laju pembentukan ozon lebih cepat. Peristiwa ENSO terdiri dari El Niño dan La Niña. Pada saat El Niño udara di wilayah Indonesia sangat kering sehingga kadar uap airnya minimum mengakibatkan meningkatnya konsentrasi ozon. Sedangkan pada saat La Niña udara di atas Indonesia sangat basah. Dengan demikian konsentrasi uap air sangat tinggi sehingga terjadi proses kerusakan ozon oleh uap air yang mengakibatkan konsentrasi ozon menjadi turun. Ozon total

dinyatakan sebagai jumlah keseluruhan ozon yang ada di atmosfer. Satuan yang digunakan adalah Dobson Unit (DU). 1 DU = 2.7×10^{16} molekul ozon per sentimeter persegi. 1 Dobson unit merujuk pada lapisan ozon dengan ketebalan 0.01 milimeter pada temperatur dan tekanan standar. Sebagai contoh ozon total di atas satu wilayah adalah 300 Dobson unit, maka lapisan ozon tersebut mempunyai ketebalan 3 mm [NASA, 2001].

Menurut Rowlands (2006), konsentrasi ozon di stratosfer sangat dipengaruhi oleh tiga faktor utama yaitu:

1. Jumlah oksigen di stratosfer

Reaksi pembentukan ozon di stratosfer berasal dari reaksi fotolisis molekul oksigen oleh sinar UV, sehingga jumlah ozon di stratosfer sangat ditentukan oleh kelimpahan molekul oksigen. Walaupun faktor lain seperti transport proses juga ikut berpengaruh terhadap jumlah ozon di stratosfer.

2. Radiasi sinar ultraviolet

Radiasi sinar ultraviolet memegang peranan penting dalam reaksi pembentukan ozon di stratosfer. Reaksi fotolisis molekul oksigen sangat ditentukan oleh energi radiasi ultraviolet dengan panjang gelombang 242 nm. Sedangkan reaksi penguraian ozon secara alami akibat fotolisis juga melibatkan energi radiasi UV yang terjadi pada panjang gelombang 310 nm.

3. Keberadaan radikal halogen, NO_x dan HO_x

Selain reaksi alami fotolisis ozon di stratosfer, serta keberadaan radikal NO dan OH seperti sudah dijelaskan sebelumnya, keberadaan radikal halogen terutama klorin dan bromin ikut menentukan konsentrasi ozon di stratosfer.

3 DATA DAN METODE

3.1 DATA

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data dari satelit AURA-OMI yaitu data ozon total dengan periode data tahun 2004 sampai dengan 2011 (NASA, 2011). Data ozon total berupa data harian dengan ukuran grid sel 0,25 derajat lintang x 0,25 derajat bujur. Satuan untuk data ozon total adalah DU (Dobson Unit).

3.2 METODE

Data yang diperoleh dari AURA-OMI adalah data dalam skala global. Data ozon total dengan $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ grid sel ini cakupannya dari bujur $-180,0^\circ$ sampai $+180,0^\circ$ dan dari lintang $-90,0^\circ$ sampai $+90,0^\circ$). Kemudian dilakukan ekstrak data untuk wilayah Indonesia (10 LU-10 LS, 95 BT – 140 BT), Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua, dengan periode data yang dianalisis adalah data dari tahun 2004 sampai dengan 2011.

Dari data set ozon total wilayah Indonesia kemudian dilakukan analisis secara spasial juga temporal dengan menganalisis pola tahunan dan pola musimannya.

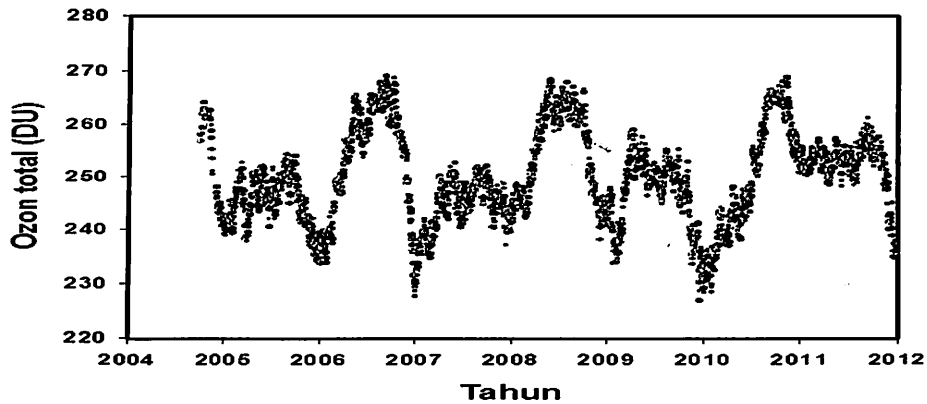
Untuk analisis ozon total Pulau Jawa, Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan dan Papua dilakukan analisis secara temporal dan komparasi hasil analisis pola tahunannya.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL

4.1.1 Ozon total di Indonesia dari data OMI AURA

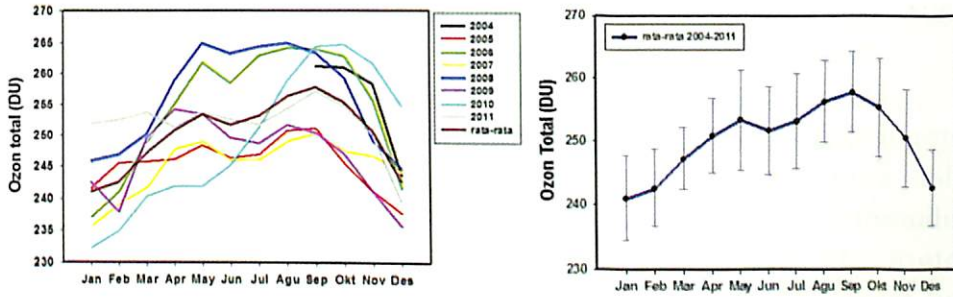
Hasil inventori data OMI AURA untuk data ozon total Indonesia telah dilakukan dan diperoleh data dari tahun 2004 sampai dengan 2011. Data yang ditampilkan adalah data temporal rata-rata untuk seluruh wilayah Indonesia (10 LU - 10 LS, 95 BT-140 BT). Data rata-rata ozon total Indonesia dari tahun 2004 – Desember 2011 memperlihatkan adanya variasi musiman untuk ozon total. Kisaran data ozon total Indonesia pada periode 2004-2011 adalah antara 230 DU sampai dengan 270 DU. Bila dilihat dari nilai ozon total rata-rata di wilayah Indonesia, nilai ini masih dalam nilai normal untuk ozon total wilayah ekuator (Nilai normal ozon total untuk wilayah ekuator adalah antara 240 DU sampai dengan 270 DU).



Gambar 4.1 Variasi temporal ozon total wilayah Indonesia (rata-rata 10LU-10LS, 95E-140E) dari tahun 2004 sampai dengan Desember 2011

4.1.2 Pola Tahunan Ozon Total di Indonesia

Pola tahunan ozon total diperoleh dari data harian ozon total yang dirata-ratakan menjadi data rata-rata bulanan kemudian dibuat plot data setiap tahun dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2011. Ozon total Indonesia dari 2004 sampai dengan Desember 2011 memperlihatkan adanya pola tahunan ozon total seperti terlihat pada **Gambar 4.2**. Pada periode 2005 sampai dengan 2011, ozon total di Indonesia menunjukkan kisaran antara 230 DU - 270 DU. Pola tahunan ozon total di Indonesia mencapai maksimum pada bulan September dan minimum pada bulan Januari. Pola tahunan pada tahun 2005 dan 2007 lebih rendah dari pola tahunan rata-rata 2004-2011 dan pola rata-rata tahunan pada tahun-tahun lainnya, sedangkan pola tahunan 2006 dan 2008 lebih tinggi dari pola rata-rata.

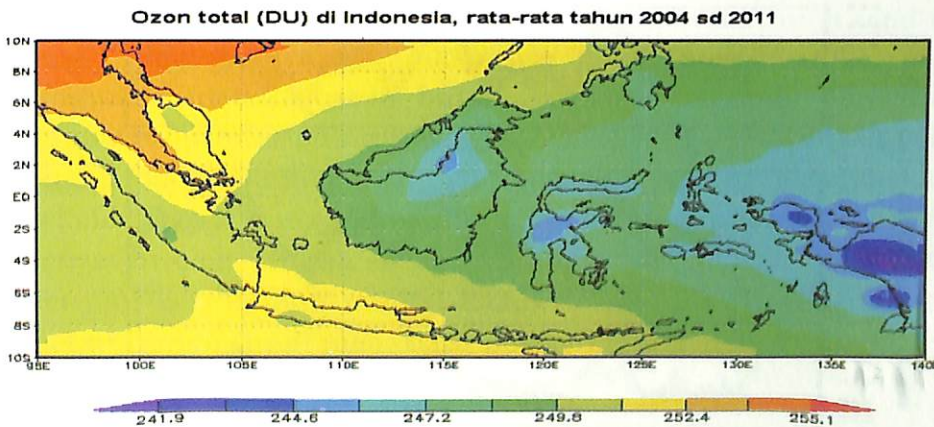


Gambar 4.2 Pola tahunan ozon total Indonesia dari tahun 2004~2011 (kiri), pola tahunan 2005 dan 2007 lebih rendah dari tahun lainnya. Pola rata-rata tahunan beserta standar deviasinya (kanan)

4.1.3 Variasi Spasial Total Ozon Indonesia

Variasi spasial ozon total Indonesia pada rentang 10 LU-10 LS, 95 BT-140 BT yang diperoleh dari data OMI AURA untuk rata-rata tahun 2004 sampai dengan 2011 dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.

Variasi spasial ozon total di Indonesia dari tahun 2004 sampai dengan 2011 menunjukkan nilai ozon total yang berbeda. Hasil analisis variasi spasial rata-rata 2004 sampai dengan 2011 di Indonesia menunjukkan ozon total tertinggi terdeteksi di Pulau Jawa dan Sumatera bagian utara. Ozon total terendah terdeteksi di Sulawesi dan Papua.

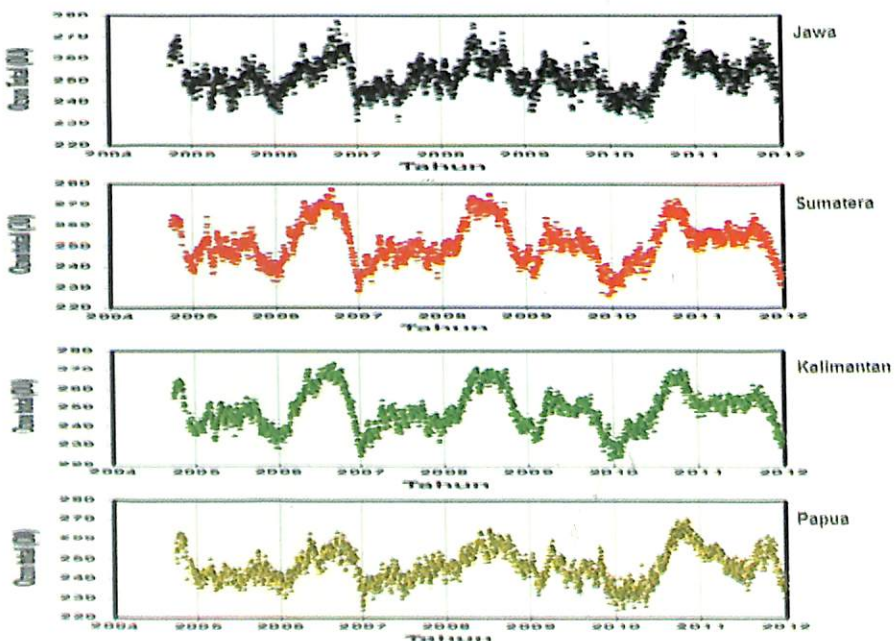


Gambar 4.3 Variasi spasial ozon total Indonesia rata-rata tahun 2004 sampai dengan 2011

4.1.4 Komparasi Ozon total di Pulau Jawa Sumatera, Kalimantan dan Papua

Dari rata-rata spasial ozon total Indonesia tahun 2004 sampai dengan 2011 diperoleh hasil yang menunjukkan adanya nilai yang berbeda untuk ozon total di pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua. Pulau Jawa dan Sumatera nilai ozon total antara 249, 8 DU- 252,4 DU, Kalimantan antara 244,6 - 249,8 dan terendah terdeteksi di Papua antara 241,9 DU - 244,6 DU. Untuk memperjelas perbedaan tersebut maka di analisis kondisi dan variasi ozon di Pulau Jawa Sumatera, Kalimantan dan Papua dalam bentuk variasi temporal dari tahun 2004 sampai dengan 2011 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.

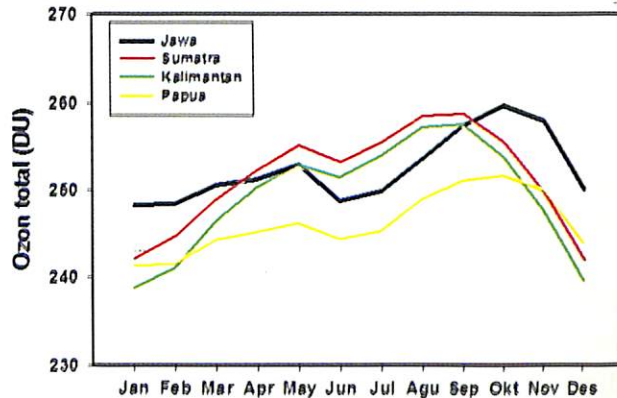
Dari *time series* variasi ozon total di pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua diperoleh pola tahunan yang mirip untuk pulau Sumatera dan Kalimantan. Pada pola tahunan 2005, 2007 dan 2010, nilai ozon total lebih rendah dibanding tahun lainnya. Range ozon total untuk Pulau Jawa 230 DU - 277 DU, Pulau Sumatera 230 DU-277 DU, Kalimantan 228 DU-275 DU, dan Papua 225 DU-265 DU.



Gambar 4.4 Kondisi dan variasi ozon total di Pulau Jawa Sumatera, Kalimantan dan Papua

4.1.5 Pola tahunan ozon total Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua

Perbandingan pola tahunan ozon total Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Pola tahunan ozon total di Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua

Dari analisis data ozon total Indonesia 2004 sampai dengan 2011 memperlihatkan pola rata-rata tahunan ozon total yang agak berbeda. Pola tahunan rata-rata di Sumatera hampir mirip dengan di Kalimantan yaitu mencapai maksimum pada September dan minimum pada Januari walaupun nilai pola tahunan ozon total di Sumatera sedikit lebih tinggi. Pola tahunan ozon total Pulau Jawa mirip dengan pola tahunan ozon total di Papua, yaitu mencapai maksimum pada bulan Oktober dan minimum terdeteksi pada bulan Januari, walaupun nilai pola tahunan ozon total pulau Jawa jauh lebih tinggi. Perbedaan pola tahunan pada **Gambar 4.5**, bisa dijelaskan seperti dikemukakan Rowland (2006), yang menyatakan konsentrasi ozon di stratosfer dipengaruhi oleh jumlah oksigen di stratosfer, radiasi sinar ultra violet dan keberadaan radikal halogen, NO_x dan HO_x. Ketiga hal tersebut tergantung juga dari posisi lintang dan bujur lokasi penelitian serta musim.

4.2 PEMBAHASAN

Variasi spasial ozon total Indonesia tahun 2005 dan 2007 sama dengan variasi temporalnya menunjukkan nilai ozon total

yang lebih kecil dibanding dengan tahun-tahun lainnya. Dilihat dari tahun kejadian El Niño dan La Niña, pada tahun 2005 dan 2007 adalah tahun yang dipengaruhi oleh La Niña. Sesuai dengan yang dikemukakan oleh NASA (2001), pada tahun dimana terjadi peristiwa La Niña kondisi atmosfer banyak mengandung uap air, yang mengakibatkan menurunnya konsentrasi ozon prekursor dan meningkatnya konsentrasi OH yang mengakibatkan menurunnya konsentrasi ozon.

Dari analisis data ozon total Indonesia 2004 sampai dengan 2011 memperlihatkan ozon total di Sumatera dan Pulau Jawa lebih tinggi dibanding Kalimantan dan Papua. Dengan kisaran ozon total untuk Pulau Jawa 230 DU - 277 DU, Pulau Sumatera 230 DU-277 DU, Kalimantan 228 DU-275 DU, dan Papua 225 DU-265 DU. Di semua tempat kondisi ozon total pada tahun 2005 dan 2007 lebih rendah dibanding dengan kondisi pada tahun-tahun lainnya

5 KESIMPULAN

Data rata-rata ozon total Indonesia tahun 2004- sampai Desember 2011 memperlihatkan adanya variasi tahunan. Range data ozon total Indonesia pada periode 2004-2011 adalah antara 230 DU sampai dengan 270 DU. Bila dilihat dari nilai ozon total rata-rata di wilayah Indonesia, nilai ini masih dalam kisaran normal untuk ozon total wilayah ekuator (240 DU-270 DU). Walaupun nilai minimumnya telah mengalami sedikit penurunan.

Pola tahunan rata-rata ozon total Indonesia dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2011 (bulan Desember) menunjukkan pola tahunan yang mencapai maksimum pada bulan September dan minimum pada Januari. Pola tahunan pada tahun 2005 dan 2007 lebih rendah dari pola tahunan rata-rata 2004-2011 dan pola rata-rata tahunan pada tahun-tahun lainnya. Dilihat dari tahun kejadian El Niño dan La Niña, pada tahun 2005 dan 2007 adalah tahun yang dipengaruhi oleh La Niña. Pada tahun ada peristiwa La Niña kondisi atmosfer banyak mengandung uap air, yang mengakibatkan menurunnya konsentrasi ozon prekursor dan meningkatnya konsentrasi OH yang mengakibatkan menurunnya konsentrasi ozon.

Variasi spasial ozon total Indonesia (10 LU-10 LS, 95 BT-

140 BT) dari data OMI AURA untuk tahun 2004 sampai dengan 2011 menunjukkan nilai ozon total yang berbeda. Dari hasil analisis diperoleh bila posisi lokasi semakin ke barat longitudenya dan semakin ke utara lintangnya maka nilai ozonnya akan lebih tinggi.

DAFTAR RUJUKAN

- Jacob, Daniel J., (2007): *Observation of atmospheric composition from space*, Harvard University.
- NASA, (2001): Educational Resources, The Ozone layer, at <http://www.nasa.gov/About/Education/Ozone/>
- Komala, N., A. Budiyo, N. Ambarsari, Thohirin, H. Suherman dan E. Adetya, (2009): *Karakteristik ozon total dan parameter atmosfer Indonesia dari Satelit AURA*, Program Penelitian Pusfatsatklm.
- Komala, N., A. Budiyo, N. Ambarsari, D. Y. Risdianto, H. Suherman dan E. Adetya, (2010): *Kondisi ozon total dan parameter atmosfer Indonesia keterkaitannya dengan iklim*, Program Penelitian Pusfatsatklm.
- NASA, (2011): OMI home page: <http://toms.gsfc.nasa.gov/omi>.
- Rowland S., (2006): "Stratospheric Ozone Depletion Review", *Phil. Trans. R. Soc. B* (2006) **361**, 769–790
- Thompson, A. M., Witte, J. C., McPeters, R. D., Oltmans, S. J., Schmidlin, F. J., Logan, J. A., Fujiwara, M., Kirchhoff, V. W. J. H., Posny, F., Coetze, G. J. R., Hoegger, B., Kawakami, S., Ogawa, T., Johnson, B. J., Voemel, H. and Labow, G., (2003): 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.