

PROFIL VERTIKAL OZON, ClO DAN TEMPERATUR DI BANDUNG DAN WATUKOSEK BERBASIS OBSERVASI SENSOR MLS SATELIT AURA

Novita Ambarsari dan Ninong Komala
Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Udara, Pusfatsatklm-LAPAN
Jl. Dr. Djunjunan 133 Bandung 40173
novita@bdg.lapan.go.id

Abstract

Vertical profile of atmospheric components is very important to learn relates to its influence on climate. Atmospheric components that influence each other mutually include chlorine monoxide (ClO) and ozone. ClO known to contribute greatly to the destruction of the ozone layer in the stratosphere. Destruction reaction is also highly influenced by temperatur. When a high temperatur, the reaction will run faster and will decrease the ozone molecules. Ozone, ClO, and temperatur vertical profile in Bandung and Watukosek based on observation MLS / AURA instrument year 2007-2009 become the data's to study for the variations and trends during the measurement year. The results show a monthly variation of ozone vertical profiles in Bandung and Watukosek years 2007-2009 generally show constant below 100 hPa and increased on the pressure 100 hPa up to 0.1 hPa, which are from the lower stratosphere to the upper stratosphere and then decreasing with a maximum value in the middle stratosphere is at a pressure of 10 hPa with ozone mixing ratio maximum between 8 ~ 11 ppm, the minimum ozone in the troposphere and above the altitude of 0.01 hPa. Monthly variations of temperatur profiles in Bandung and Watukosek years 2007-2009 indicates the minimum in the tropopause and maximum in stratopause and troposphere on pressure 1 hPa and below 1000 hPa. Seasonal patterns of temperatur profile is almost similar for the third year. Monthly variations of ClO profile in Bandung and Watukosek showed the maximum in the upper stratosphere, the ClO concentration between 0.1 to 0.4 ppb. ClO tropospheric concentration shows a minimum value. Detailed analysis will be discussed in this paper.

Keywords : vertical profile, ozone, ClO, temperatur, MLS/AURA

Abstrak

Profil vertikal komponen atmosfer sangat penting untuk dipelajari berkaitan dengan pengaruhnya terhadap iklim. Komponen atmosfer yang saling berpengaruh satu sama lain diantaranya adalah Klorin monoksida (ClO) dan ozon. ClO diketahui berperan sangat besar dalam perusakan lapisan ozon di stratosfer. Reaksi perusakan ini juga sangat dipengaruhi oleh temperatur. Bila temperatur tinggi, reaksi akan berjalan lebih cepat dan molekul ozon akan semakin berkurang. Profil vertikal ozon, ClO, dan temperatur di Bandung dan Watukosek hasil observasi instrument MLS/AURA tahun 2007-2009 menjadi data untuk dipelajari variasinya serta kecenderungannya selama tahun pengukuran tersebut. Hasil analisis menunjukkan variasi bulanan profil vertikal ozon di Bandung dan Watukosek tahun 2007-2009 secara umum menunjukkan konstan dibawah tekanan 100 hPa dan meningkat pada tekanan 100 hpa hingga 0,1 hpa yaitu dari lapisan stratosfer bawah hingga lapisan stratosfer atas kemudian menurun kembali dengan nilai maksimum di lapisan stratosfer pertengahan yaitu pada tekanan 10 hpa dengan ozon mixing rasio maksimum antara 8 ~ 11 ppm, ozon minimum di troposfer dan di atas ketinggian 0.01 hPa. Variasi bulanan profil temperatur di Bandung dan Watukosek tahun 2007-2009 menunjukkan minimum di tropopause dan maksimum di lapisan stratopause dan troposfer pada tekanan 1 hpa dan di bawah 1000 hpa. Pola musiman profil temperatur hampir mirip untuk ketiga tahun tersebut. Variasi bulanan profil ClO di Bandung dan Watukosek menunjukkan maksimum di lapisan stratosfer atas dengan konsentarsi ClO antara 0.1 sampai 0.4 ppb. Di lapisan troposfer konsentrasi ClO menunjukkan nilai minimum. Analisis secara rinci akan dibahas pada makalah ini.

Kata kunci : profil vertikal, ozon, ClO, temperatur, MLS/AURA.

1. PENDAHULUAN

Ozon merupakan salah satu komponen atmosfer yang berperan sangat penting. Ozon di troposfer berperan sebagai oksidator dalam proses fotokimia yang mengoksidasi senyawa-senyawa kimia yang diemisikan permukaan bumi. Ozon di stratosfer menyerap sinar ultraviolet dan sinar tampak dari matahari sehingga menghangatkan atmosfer bagian tengah stratosfer) dimana ozon terkonsentrasi paling besar. Selain itu, ozon di stratosfer juga melindungi bumi dari bahaya sinar ultraviolet B yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia. Oleh karena itu, profil vertikal ozon menjadi sangat penting untuk dipelajari (Brasseur, et.al, 2010).

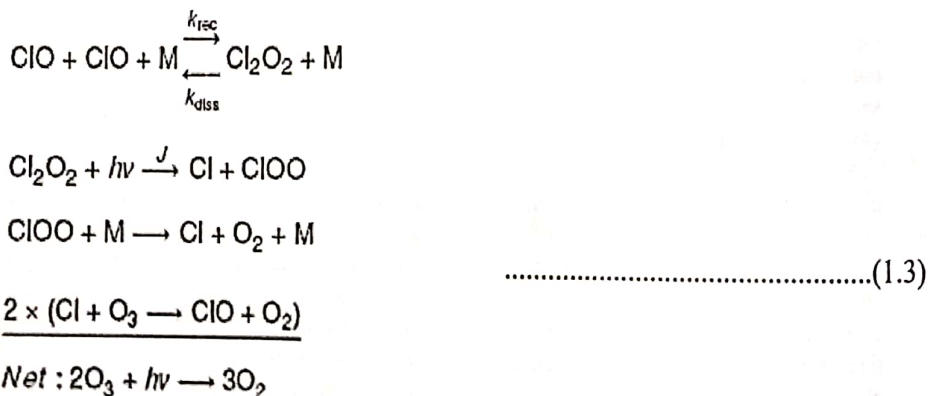
Ozon di stratosfer secara global telah mengalami penurunan sejak sekitar 25 tahun yang lalu. Untuk wilayah lintang menengah, karakteristik ozon secara vertikal, latitudinal, maupun musiman telah menunjukkan adanya perubahan yang sesuai dengan pengetahuan bahwa halogen menjadi penyebab utama dari fenomena ini. Proses penguraian ozon di stratosfer bawah dikatalisis oleh reaksi dengan BrO, ClO, HO₂, dan N₂O (Vogel, et.al, 2005).

Klorin monooksida (ClO) merupakan bentuk yang paling banyak dari senyawa klorin yang reaktif di stratosfer sehingga senyawa ini merupakan agen utama dalam reaksi penguraian ozon di stratosfer berkatalisis klorin. Sumber utama klorin di stratosfer adalah CFC Chloro Fluoro Carbon), merupakan senyawa kimia yang tersusun dari klor, fluor, dan karbon yang diemisikan oleh aktivitas manusia di permukaan bumi. Setelah senyawa ini mencapai stratosfer atas terutama akibat proses naiknya udara di wilayah tropis), CFC terurai oleh radiasi UV dengan energi tinggi menghasilkan klorin, seperti pada reaksi berikut ini :



Di wilayah yang jauh dari kutub, klorin yang terlepas dari CFC disimpan dalam bentuk ClONO₂ dan HCl yang tidak secara langsung merusak ozon. Di wilayah kutub saat musim dingin, berbagai jenis reaksi kimia di permukaan awan stratosfer polar mengubah klorin menjadi unsur yang lebih reaktif yaitu ClO. Meningkatnya konsentrasi ClO di stratosfer menjadi ciri terjadinya perusakan ozon (Santee M, 2010).

Reaksi ClO di atmosfer adalah sebagai berikut (Hobe, 2006) :



Temperatur memiliki peranan penting dalam sains atmosfer. Temperatur merupakan kunci utama dalam kesetimbangan radiatif di atmosfer. Temperatur pada

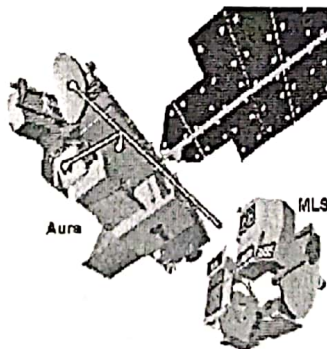
tekanan tertentu menentukan kerapatan dan dinamika di seluruh skala juga menentukan kecepatan reaksi kimia dan proses transfer radiatif di atmosfer (Schwartz, 2010). Profil temperatur vertikal di atmosfer bumi secara global berkaitan dengan radiasi, konveksi, dan proses pemanasan dinamika antara permukaan bumi dengan sistem atmosfer (Ramaswamy, et.al, 2006).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan profil ozon, ClO dan temperatur di Bandung dan Watukosek serta mengetahui pengaruh ClO dan temperatur terhadap profil ozon di kedua lokasi didasarkan pada data-data hasil observasi instrumen MLS satelit AURA.

2. DATA DAN METODE

Data profil ozon, ClO, dan temperatur dari tahun 2007-2009 hasil observasi sensor MLS (Microwave Limb Sounder) diunduh dari website http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/gui.cgi?instance_id=mls. Data yang diperoleh merupakan data harian. Data diolah menjadi variasi bulanan, musiman, dan perbandingan profil ozon, ClO, dan temperatur di Bandung dan Watukosek untuk diketahui perbedaan karakteristik tiga komponen atmosfer tersebut.

Microwave Limb Sounder (MLS) merupakan bagian dari Earth Observing System (EOS) dan merupakan satu dari empat instrument yang ditempatkan pada satelit AURA milik NASA yang diluncurkan pada 15 Juli 2004. MLS melakukan pengukuran komposisi atmosfer, temperatur, kelembapan dan awan es yang dibutuhkan untuk mengetahui kestabilan lapisan ozon, memprediksi perubahan iklim dan variabilitasnya, serta mengembangkan pemahaman mengenai kualitas udara. MLS mengobservasi radiasi termal pada gelombang mikro yang diemisikan Bumi, merekam data dari permukaan hingga 90 km setiap 25 detik. Pengukuran oleh MLS dilakukan secara global pada siang dan malam hari.



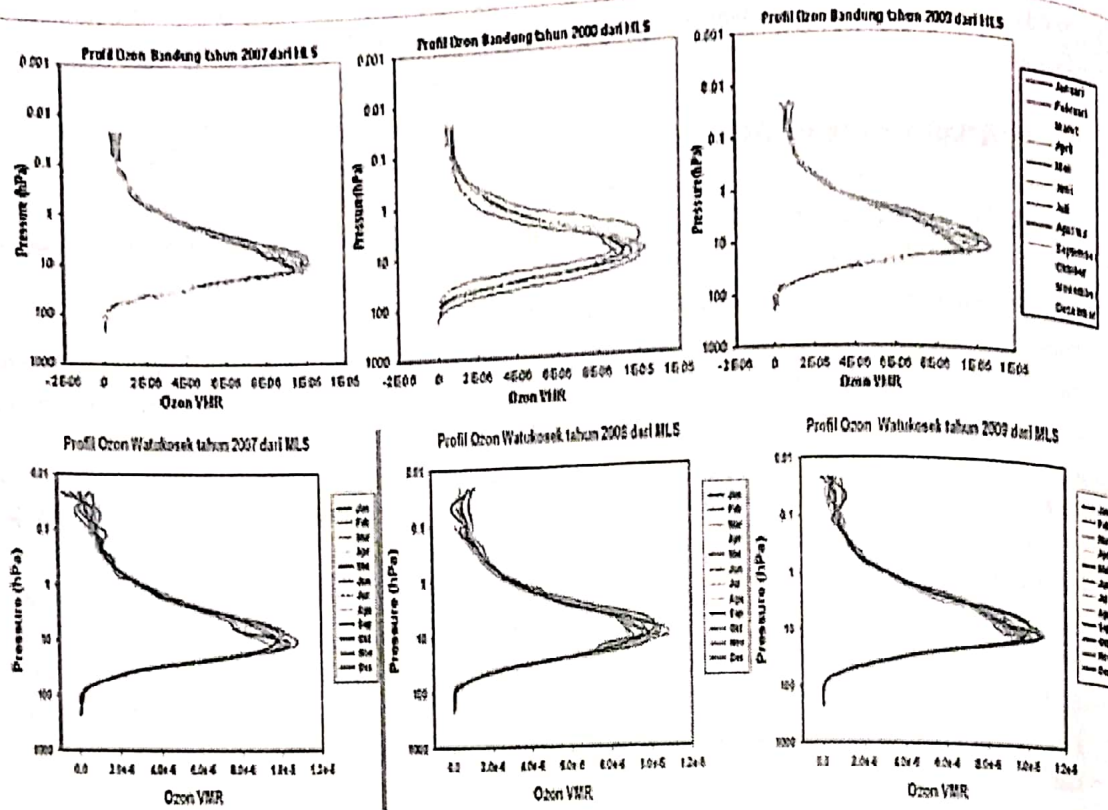
Gambar 2.1. Instrumen MLS pada satelit AURA (<http://mls.jpl.nasa.gov/index-eos-mls.php>)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Profil ozon, ClO, dan temperatur di Bandung dan Watukosek

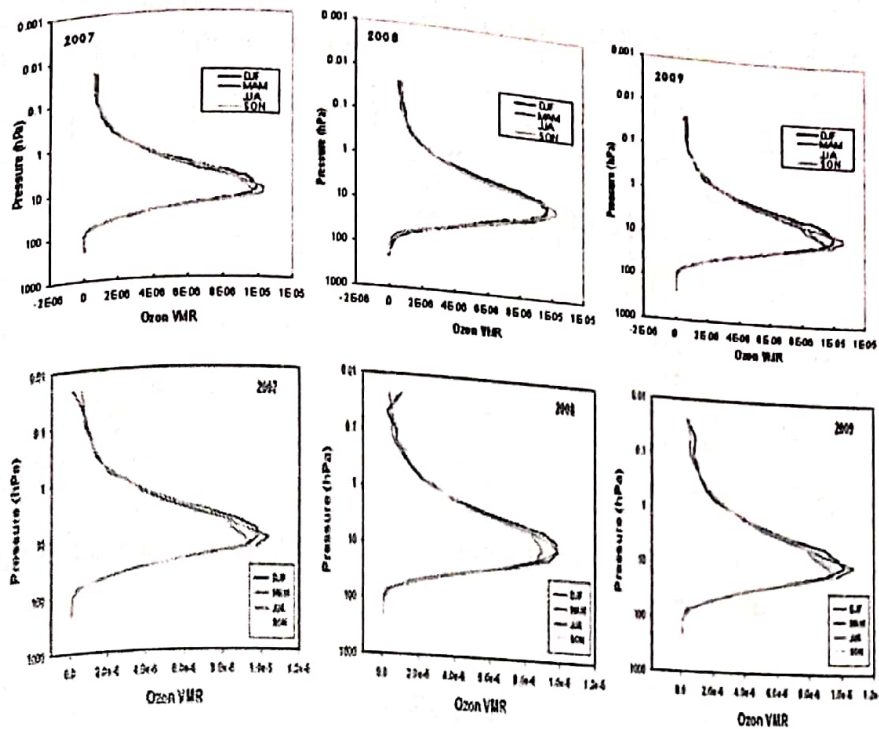
Gambar 3.1 menunjukkan profil ozon di Bandung dan Watukosek yang memperlihatkan pola yang hampir sama yaitu maksimum pada tekanan 10 hPa atau lapisan stratosfer tengah dengan rasio miksing 8 ppm -11 ppm kemudian menurun dari tekanan 10 hPa hingga 0,02 hPa atau lapisan stratosfer atas. Konsentrasi ozon miksing rasio juga minimum di troposfer pada tekanan di bawah 215 hPa dengan konsentrasi 20 ppb hingga 40 ppb. Fenomena ini dapat disederhanakan dengan melihat ozon maksimum pada tekanan 10 hPa karena ozon terkonsentrasi paling besar di lapisan stratosfer pertengahan,

sedangkan ozon minimum pada ketinggian < 100 hPa dan $> 0,1$ hPa di Bandung dan Watukosek) akibat reaksi penguraian ozon yang dominan terjadi pada lapisan stratosfer bawah dan stratosfer atas. Penguraian di stratosfer bawah terjadi akibat reaksi fotolisis oleh sinar UV dan reaksi dengan atom oksigen maupun molekul ozon itu sendiri sedangkan reaksi penguraian di stratosfer atas disebabkan reaksi penguraian ozon dengan katalis halogen terutama ClO (Manins, Peter, 2001).



Gambar 3.1. Profil ozon, Bandung atas), Watukosek bawah)

Gambar 3.2 menunjukkan profil musiman DJF, MAM, dan JJA di Bandung dan Watukosek untuk setiap tahun. Dari gambar diketahui bahwa profil ozon maksimum di Bandung tahun 2007 dan 2009 dengan rasio miksing 10,3 dan 10,6 ppm terjadi pada bulan MAM sedangkan pada tahun 2008 profil maksimum terjadi pada bulan SON dengan rasio miksing 10,28 ppm pada tekanan 10 hPa. Rasio miksing ozon di Bandung tahun 2007 minimum terjadi pada bulan DJF dengan nilai 20,5 ppb, tahun 2008 minimum di bulan DJF dengan nilai 16,03 ppb, dan tahun 2009 minimum di bulan MAM sebesar 21,6 ppb pada tekanan 215 hPa. Hal ini kemungkinan disebabkan bulan MAM merupakan musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau sehingga terjadi peningkatan rasio miksing ozon akibat meningkatnya konsentrasi ozon di permukaan sedangkan bulan DJF merupakan puncak musim hujan sehingga konsentrasi ozon di permukaan menurun yang mengakibatkan rasio miksing ozon vertikal pun menurun.

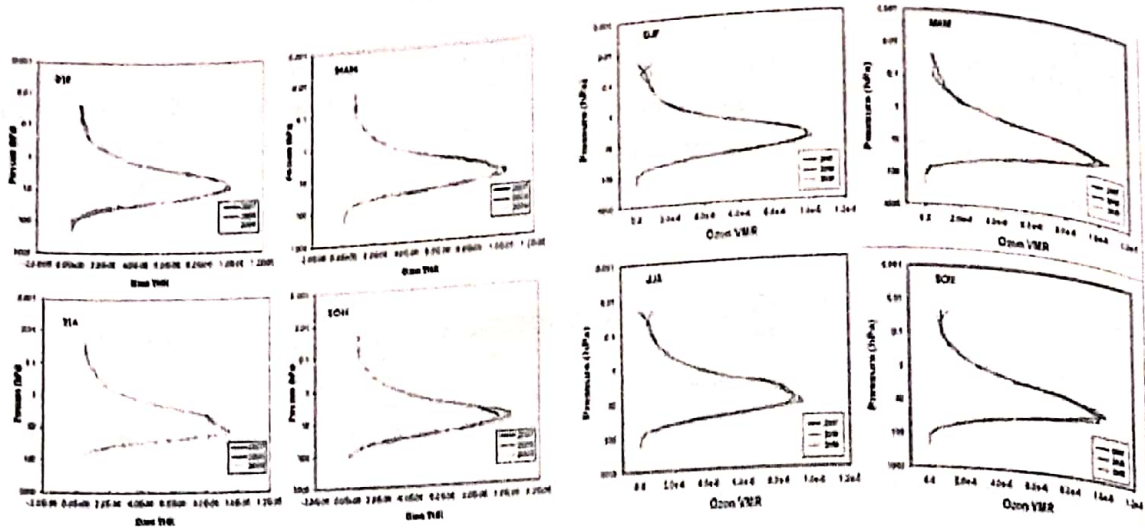


Gambar 3.2. Perbandingan pola musiman ozon dalam satu tahun, Bandung (atas) dan Watukosek (bawah).

Begitu pula di Watukosek. Profil maksimum di tahun 2007 dan 2009 adalah di bulan MAM dengan konsentrasi MAM pada 2007 adalah 10,4 ppm dan 2009 adalah 10,8 ppm, sedangkan tahun 2008 di bulan SON dengan konsentrasi ozon 10,2 ppm. Semua nilai maksimum tersebut dicapai pada tekanan 10 hPa atau lapisan stratosfer tengah. Profil minimum di tahun 2007 pada bulan MAM dengan rasio miksing 22,3 ppb, minimum di tahun 2008 pada bulan SON dengan rasio miksing 12,8 ppb, dan minimum di tahun 2009 pada bulan DJF dengan rasio miksing 22,3 ppb pada tekanan 215 hPa. Perbedaan nilai rasio miksing ozon maksimum di Bandung dan Watukosek pada tahun 2007 dan 2009 bulan MAM adalah 0,1 ppm dan 0,2 ppm, sedangkan tahun 2008 bulan SON adalah 0,08 ppm.

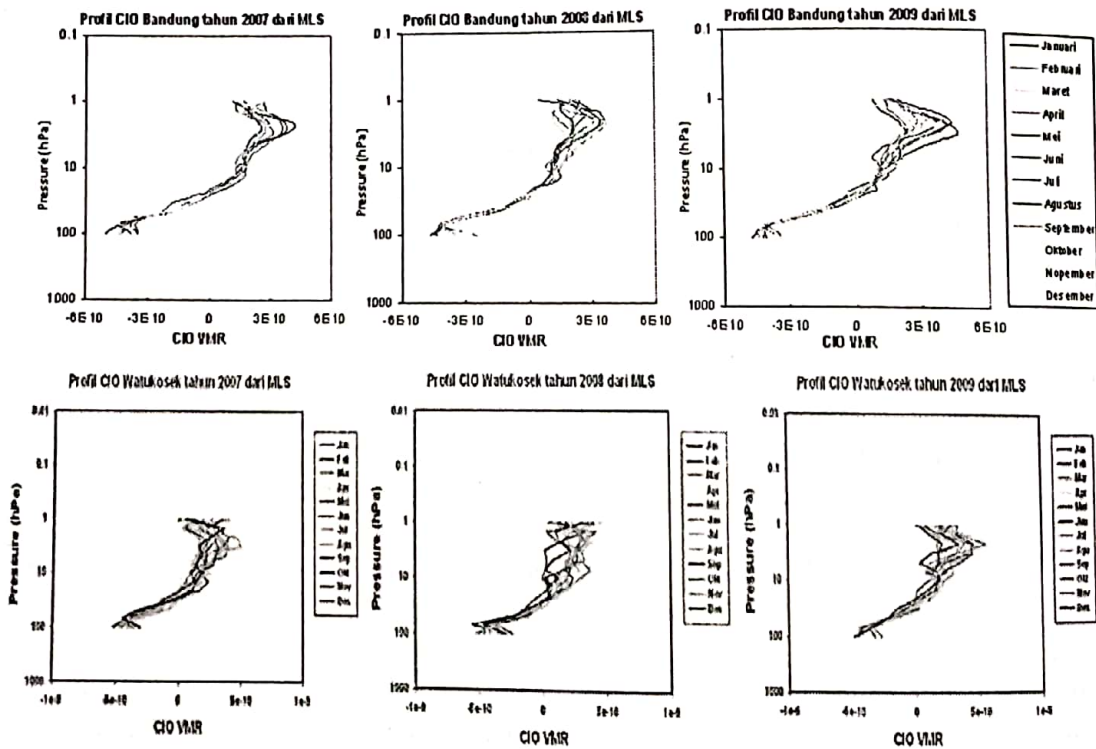
Gambar 3.3 menunjukkan perbandingan pola musiman ozon tahun 2007 hingga 2009. Dari gambar diketahui bahwa profil ozon bulan DJF, MAM, JJA tahun 2009 di Bandung memiliki puncak yang lebih tinggi dibandingkan profil ozon pada bulan-bulan tersebut di tahun yang lain dengan konsentrasi DJF 9,9 ppm, MAM 10,7 ppm dan JJA 9,5 ppm, sedangkan profil ozon bulan SON menunjukkan puncak yang lebih tinggi pada tahun 2008 dibanding tahun-tahun lainnya dengan konsentrasi 10,3 ppm. Hal ini disebabkan pada tahun 2009 aktivitas matahari menurun sehingga reaksi penguraian ozon dengan katalis ClO menjadi lebih lambat dan mengakibatkan miksing rasio ozon lebih tinggi (Chow, Dennis, 2010).

Profil ozon di Watukosek juga menunjukkan pola yang sama. Profil ozon bulan DJF, MAM, JJA tahun 2009 menunjukkan puncak maksimum dengan rasio miksing 10,2 ppm, 10,8 ppm, dan 9,5 ppm sedangkan profil bulan SON maksimum pada tahun 2008 dengan konsentrasi 10,2 ppm. Profil ozon di bulan MAM tahun 2009 di Bandung maupun Watukosek menunjukkan puncak maksimum mencapai ~11 ppm. Perbedaan rasio miksing ozon di Bandung dan Watukosek pada bulan DJF, MAM, JJA tahun 2009 adalah 0,3 ppm, 0,1 ppm, dan 0 ppm lebih besar Watukosek.



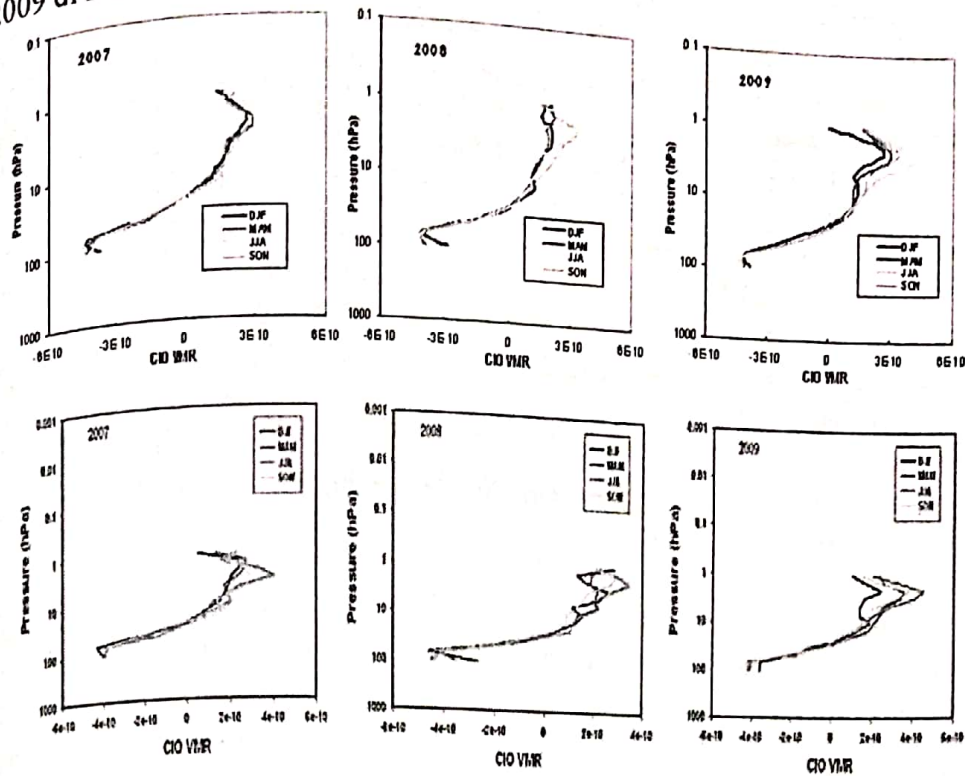
Gambar 3.3. Perbandingan pola musiman ozon antar tahunan, Bandung (kiri) dan Watukosek (kanan)

Gambar 3.4 menunjukkan profil CIO di Bandung dan Watukosek pada tahun 2007-2009. Profil CIO di Bandung dan Watukosek menunjukkan pola yang mirip. Keduanya minimum di troposfer ditunjukkan dengan nilai mixing ratio negatif kemudian meningkat dan mencapai konsentrasi maksimum pada tekanan 3 hPa hingga 1 hPa atau lapisan stratosfer atas dengan konsentrasi mixing ratio maksimum antara 0.1 ppb hingga 0.4 ppb. Hal ini disebabkan CFC sebagai sumber dari CIO baru akan terurai melepaskan atom Cl radikal, yang kemudian bereaksi dengan ozon membentuk CIO, pada saat mencapai stratosfer atas dimana radiasi UV sangat besar karena proses penguraian CFC membutuhkan energi UV yang cukup besar (Santee M, 2010).



Gambar 3.4. Profil CIO, Bandung atas), Watukosek bawah)

Gambar 3.5 menunjukkan perbandingan profil musiman CIO dalam satu tahun dari 2007-2009 di Bandung dan Watukosek.

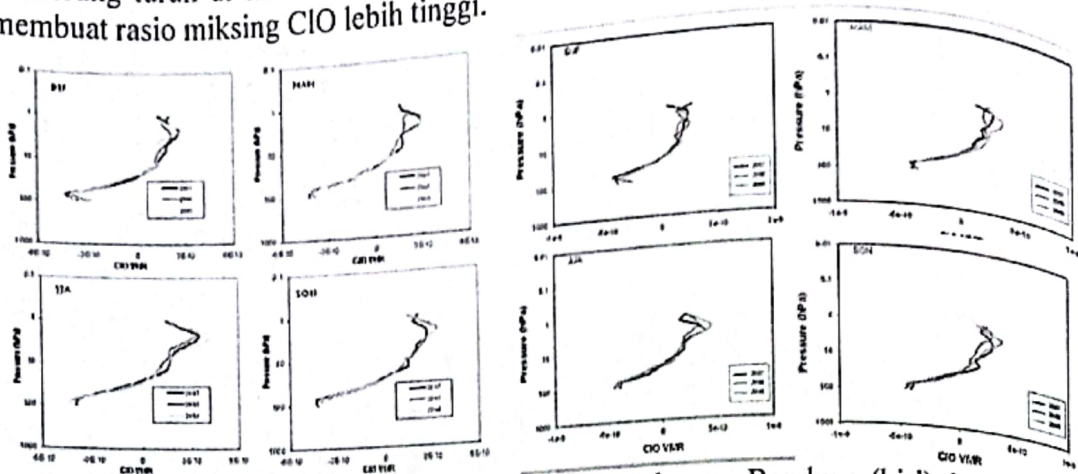


Gambar 3.5. Perbandingan pola musiman CIO dalam satu tahun, Bandung (atas) dan Watukosek (bawah)

Profil musiman CIO di Bandung tahun 2007 sampai 2009 menunjukkan maksimum puncak konsentrasi mixing ratio CIO terjadi pada bulan JJA dengan rasio miksing JJA tahun 2007 adalah 0,35 ppb pada tekanan 2,15 hPa, JJA tahun 2008 adalah 0,34 ppb pada tekanan 2,15 hPa, dan JJA tahun 2009 adalah 0,41 ppb pada tekanan yang sama. Pola yang sama juga ditunjukkan pada profil CIO di Watukosek. Konsentrasi puncak maksimum CIO 2007-2009 terjadi di bulan JJA dengan rasio miksing CIO pada JJA tahun 2007 sebesar 0,4 ppb pada tekanan 3,16 hPa, JJA tahun 2008 sebesar 0,34 ppb pada tekanan 2,15 hPa, dan JJA tahun 2009 sebesar 0,45 ppb pada tekanan 2,15 hPa. Profil CIO di kedua lokasi menunjukkan nilai puncak maksimum pada bulan JJA tahun 2009 pada tekanan 2,15 hPa atau lapisan stratosfer atas. Hal ini diduga karena bulan JJA merupakan puncak musim kemarau sehingga aktivitas antropogenik yang menghasilkan CFC meningkat akibatnya meningkatkan rasio miksing CIO. Seperti sudah disampaikan sebelumnya, aktivitas matahari tahun 2009 cenderung menurun dan berpengaruh terhadap reaksi CIO dan ozon yang kecepataannya juga menurun sehingga rasio miksing CIO lebih tinggi.

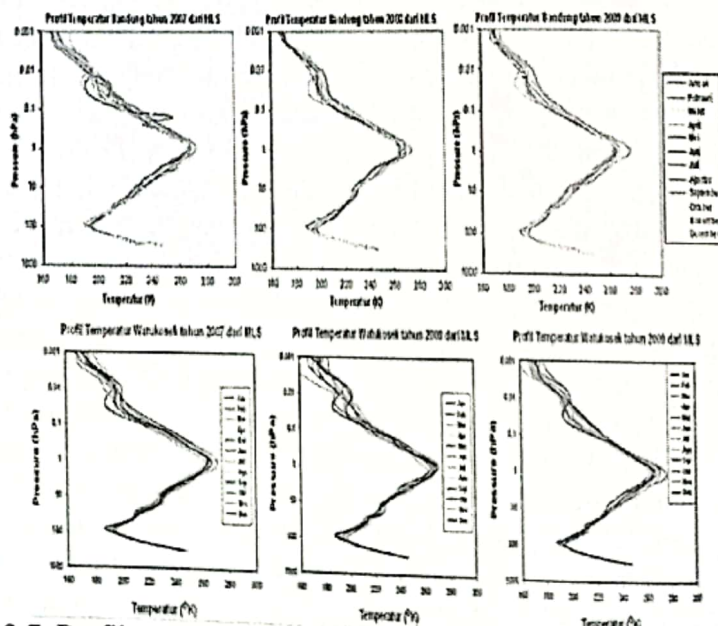
Gambar 3.6 menunjukkan perbandingan pola musiman CIO antartahunan di Bandung dan Watukosek. Dari gambar dapat diketahui bahwa profil musiman DJF, MAM, JJA, SON di tahun 2009 memiliki puncak konsentrasi maksimum yang lebih tinggi dibandingkan tahun 2007 dan 2008. Rasio miksing CIO maksimum di Bandung pada tahun 2009 bulan DJF sebesar 0,27 ppb, MAM sebesar 0,30 ppb, JJA sebesar 0,41 ppb, SON 0,33 ppb semuanya dicapai pada tekanan 2,15 hPa. Hal ini juga terjadi di Watukosek. Puncak rasio miksing CIO di Watukosek tahun 2009 pada bulan DJF adalah 0,24 ppb, MAM 0,35 ppb, JJA 0,45 ppb, dan SON 0,38 ppb pada tekanan 2,15 hPa. Seperti pola-pola sebelumnya, tahun 2009 menunjukkan rasio miksing CIO maksimum dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Kemungkinan penyebabnya sama yaitu akibat aktivitas matahari yang

cenderung turun di tahun 2009 menyebabkan reaksi ClO dengan ozon lebih lambat dan membuat rasio miksing ClO lebih tinggi.



Gambar 3.6. Perbandingan pola musiman ClO antar tahunan, Bandung (kiri) dan Watukosek (kanan)

Gambar 3.7 menunjukkan profil temperatur di Bandung dan Watukosek yang memperlihatkan kesamaan pola. Temperatur tertinggi dicapai di lapisan stratopause dan troposfer pada tekanan 1 hpa dan di bawah 316 hpa. Temperatur maksimum di stratopause berkisar 260 hingga 270 K sedangkan di troposfer sekitar 250 K. Minimum temperatur di tropopause berkisar 180 hingga 190 K dan di mesosfer berkisar 160 hingga 170 K. Nilai maksimum profil vertikal temperatur ini berkaitan dengan adanya tiga 'hot spot' yang membentuk profil maksimum temperatur, yaitu di termosfer, stratopause, dan troposfer (<http://www-paoc.mit.edu/labweb/notes/chap3.pdf>, 2009). Temperatur maksimum di termosfer disebabkan radiasi UV dengan panjang gelombang pendek diserap oleh molekul oksigen yang kemudian dipancarkan kembali sebagai radiasi infra merah yang memanaskan wilayah ini (Ramaswamy et.al, 2006).



Gambar 3.7. Profil temperatur 2007-2009, Bandung atas), Watukosek bawah)

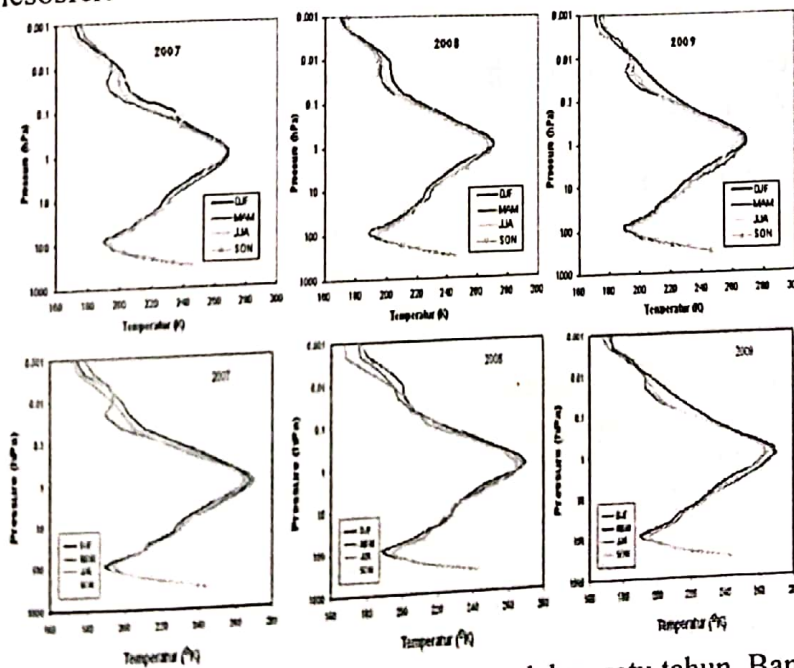
Stratopause menjadi wilayah lain di atmosfer yang temperaturnya tinggi disebabkan adanya molekul ozon yang bersifat gas rumah kaca sehingga menyerap radiasi UV dengan panjang gelombang menengah yang kemudian dipancarkan sebagai radiasi

infra merah. Hal yang sama terjadi di troposfer. Adanya gas rumah kaca terutama uap air dengan jumlah yang cukup besar di troposfer yang juga memancarkan gelombang IR menjadikan wilayah troposfer lebih tinggi temperaturnya (<http://www.srh.noaa.gov/jetstream//atmos/layers.htm>, 2010).

Menurunnya temperatur di tropopause atau sering disebut dengan istilah *lapse rate* disebabkan berkurangnya densitas gas-gas di lapisan ini seiring dengan meningkatnya ketinggian atau berkurangnya tekanan sehingga lapisan udara menjadi lebih tipis dan temperatur pun menurun. Begitu juga dengan lapisan mesosfer. Semakin berkurangnya molekul oksigen, ozon dan komponen lain yang dapat memancarkan energi panas di lapisan ini menjadikan temperatur di mesosfer menurun (<http://www.srh.noaa.gov/jetstream//atmos/layers.htm>, 2010).

Gambar 3.8 menunjukkan pola musiman temperatur dalam satu tahun dari 2007-2009 di Bandung dan Watukosek. Dari gambar dapat diketahui temperatur maksimum di Bandung terjadi di stratopause pada tekanan 1 hPa tahun 2007 dicapai pada bulan MAM dengan nilai 269,15 K, sedangkan 2008 dan 2009 pada bulan DJF dengan nilai temperatur 270,67 dan 269,48 K. Minimum temperatur tahun 2007-2009 terjadi di bulan JJA pada tekanan 0,001 hPa atau lapisan mesosfer. Temperatur minimum pada JJA 2007, 2008, dan 2009 adalah 169,33 K, 168,19 K, dan 169,71 K.

Pola musiman di Watukosek, sama halnya seperti pola musiman di Bandung, menunjukkan maksimum pada tahun 2007 terjadi pada bulan MAM dengan nilai 270,13 K, sedangkan tahun 2008 dan 2009 terjadi pada bulan DJF dengan nilai 270,13 dan 269,98 K. Temperatur maksimum di Watukosek juga dicapai pada tekanan 1 hPa atau lapisan stratopause. Temperatur minimum pada tahun 2007 terjadi pada bulan SON dengan nilai 172,21 K, sedangkan tahun 2008 dan 2009 terjadi pada bulan JJA dengan nilai 166,82 K dan 167,39 K. Temperatur minimum di Watukosek juga terjadi pada tekanan 0,001 hPa atau lapisan mesosfer.



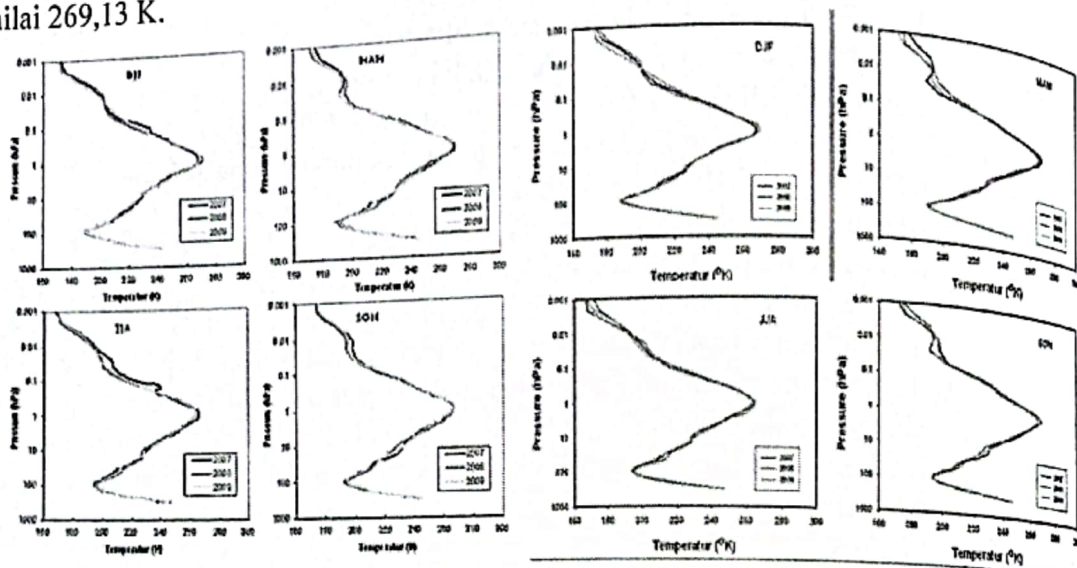
Gambar 3.8. Perbandingan pola musiman temperatur dalam satu tahun, Bandung (atas) dan Watukosek (bawah).

Adanya pola temperatur vertikal yang cenderung sama antara Bandung dan Watukosek kemungkinan akibat posisi matahari yang pada bulan Maret berada di wilayah ekuator sehingga pemanasan di Indonesia termasuk Bandung dan Watukosek menjadi lebih

intensif. Begitu pula pada bulan Desember, matahari yang cenderung ada di selatan Bumi menjadikan Bandung dan Watukosek mendapat intensitas matahari lebih besar sehingga profil temperatur menunjukkan nilai maksimum (Lutgens and Tarbuck, 1995-2010).

Gambar 3.9 menunjukkan pola musiman temperatur antartahunan di Bandung dan Watukosek, 2007-2009. Gambar menunjukkan untuk profil temperatur di Bandung dan DJF, MAM, dan SON maksimum diperoleh pada tahun 2008 dengan nilai 270,67 K, 270,45 K, dan 267,36 K, sedangkan profil temperatur bulan JJA maksimum pada tahun 2007 dengan nilai 266,33 K.

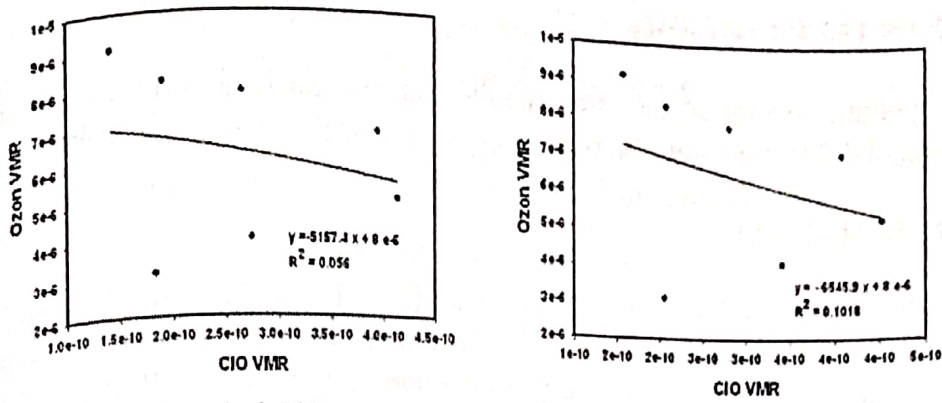
Profil temperatur di Watukosek menunjukkan profil DJF 2007-2009 maksimum diperoleh pada bulan DJF 2008 dengan nilai 270,27 K. Profil MAM 2007-2009 maksimum pada bulan MAM 2007 dengan nilai 270,13. Profil JJA 2007-2009 maksimum pada JJA 2007 sebesar 264,96 K, dan profil SON 2007-2009 maksimum pada SON 2008 dengan nilai 269,13 K.



Gambar 3.9. Perbandingan pola musiman temperatur antar tahunan, Bandung (atas) dan Watukosek (bawah)

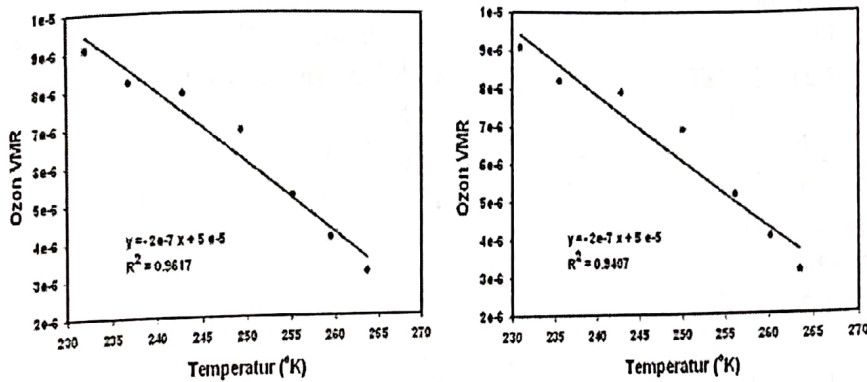
3.2. Pengaruh ClO dan temperatur terhadap profil ozon

Berdasarkan analisis sebelumnya, konsentrasi ClO maksimum di stratosfer atas pada tekanan 10 hingga 1 hPa pada bulan JJA 2009. Teori penguraian ozon dengan katalisis ClO menyebutkan bahwa jika ClO maksimum maka konsentrasi ozon akan menurun akibat reaksi penguraian molekul ozon dengan katalis ClO (Santee M, 2010). Grafik pada gambar 3.10 menunjukkan hubungan antara ClO dengan ozon pada tekanan 10 hingga 1 hPa pada bulan JJA 2009. Dari grafik diketahui bahwa adanya hubungan dengan korelasi negatif yang berarti konsentrasi ozon menurun dengan meningkatnya konsentrasi ClO pada tekanan tersebut.



Gambar 3.10. Korelasi CIO terhadap ozon di Bandung (kiri), Watukosek (kanan)

Reaksi penguraian ozon sangat dipengaruhi oleh temperatur atmosfer pada tekanan yang sama (Schwartz M, 2010). Bila temperatur meningkat maka laju reaksi penguraian ozon berkatalisis CIO akan semakin cepat sehingga konsentrasi ozon menurun. Grafik pada gambar 3.11 menunjukkan hubungan antara temperatur terhadap konsentrasi ozon pada tekanan 10 hingga 1 hPa pada bulan JJA tahun 2009 dimana konsentrasi CIO melimpah. Dari grafik diperoleh korelasi negatif temperatur terhadap ozon yang berarti konsentrasi ozon terus menurun dengan meningkatnya temperatur pada tekanan tersebut.



Gambar 3.11. Korelasi temperatur terhadap ozon di Bandung (kiri), Watukosek (kanan)

4. KESIMPULAN

Konsentrasi ozon dan CIO tidak terlalu dipengaruhi oleh lokasi. Secara umum di stratosfer menunjukkan range konsentrasi ozon dan CIO hampir sama. Konsentrasi puncak ozon antara 8 ppm -11 ppm dan CIO 0,1 ppb hingga 0,4 ppb. Profil musiman temperatur di Bandung dan Watukosek menunjukkan pola yang hampir sama. Maksimum di stratopause berkisar 260 K hingga 270 K sedangkan di troposfer sekitar 250 K. Minimum di tropopause dan mesosfer sekitar 190 K dan 160-170 K. Konsentrasi ozon menurun di stratosfer atas pada tekanan 10 hingga 1 hPa akibat konsentrasi CIO dan temperatur yang meningkat. Korelasi CIO terhadap ozon pada tekanan 10 hingga 1 hPa pada bulan JJA 2009 menunjukkan korelasi negatif yang berarti konsentrasi ozon menurun dengan meningkatnya konsentrasi CIO pada tekanan tersebut. Korelasi temperatur terhadap ozon pada tekanan dan bulan yang sama menunjukkan korelasi negatif yang berarti konsentrasi ozon terus menurun dengan meningkatnya temperatur pada tekanan tersebut yang mengindikasikan pengaruh temperatur terhadap reaksi penguraian ozon dengan katalis CIO.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Saudara Emmanuel Adetya atas bantuannya dalam pengumpulan data-data yang diperlukan dalam makalah ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Vogel B., Müller R., Engel, J.-U., Groöb1, D., Toohey3, T., Woyke4, and F. Strohl, 2005, *Midlatitude ClO during the maximum atmospheric chlorine burden: in situ balloon measurements and model simulations*, *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 1623–1638.
- Brasseur Guy P., Müller Jean-Francois., Tie XueXi., dan Horowitz Larry, 2001, "Tropospheric Ozone and Climate: Past, Present, and Future", *Present and Future of Modeling Global Environmental Change: Toward Integrated Modeling*, TERRAPUB. Page 63-75.
- Chow Dennis, 2010, Sun's Strange Behaviour Baffles and Astronomers, <http://www.msnbc.msn.com/id/37705466/>.
- Hobe Von M., et.al., 2006, *Understanding the kinetics of the ClO dimer cycle*, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 6, 7905–7944.
- Lutgens and Tarbuck, 1995-2010, *The Atmosphere, Chapter 2. Heating Earth's Surface and Atmosphere*, Pearson Education.
- Manins Peter, 2001, Atmosphere Theme Report, CSIRO Australia, www.environment.gov.au tanggal akses 8 Desember 2009.
- Schwartz M., The MLS Temperatur Product, http://mls.jpl.nasa.gov/products/temp_product.php, tanggal akses 15 Juni 2010.
- Santee M., The MLS ClO Product, http://mls.jpl.nasa.gov/products/clo_product.php, tanggal akses 15 Juni 2010
- V. Ramaswamy et.al, 2006, Chapter 1. Temperatur Trends in The Lower Atmosphere, The US. Climate Change Science Program.
- Chapter 3. The Vertikal structure of the atmosphere. <http://www-paoc.mit.edu/labweb/notes/chap3.pdf> tanggal akses 8 Desember 2009.
- Layers of the Atmosphere*, <http://www.srh.noaa.gov/jetstream//atmos/layers.htm>, tanggal akses 22 Juni 2010.