

KECENDERUNGAN OZON STRATOSFER DI WATUKOSEK TAHUN 1998 – 2005

Siti Asiati, Saipul Hamdi, Afif Budiyo, Tuti Budiwati

Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer Dan Iklim-LAPAN

Jl. Dr. Djundjunaan 133, Bandung, e-mail; tuti_lapan@yahoo.com

Abstrak

Pengamatan profil ozon di Watukosek tahun 1998 – 2005 menunjukkan bahwa ozon stratosfer cenderung naik 0,14 % - 0,1248 % per tahun dari ozon rata – rata setiap lapisan. Kenaikan tertinggi pada lapisan stratosfer atas pada lapisan 30 km – 35 km dengan kenaikan sebesar 0,1248%. Kenaikan ozon pada setiap lapisan stratosfer tidak sama karena adanya gangguan polutan yang berasal dari permukaan bumi dan proses yang terjadi di stratosfer. Kenaikan ozon pada lapisan stratosfer ketinggian 17 km – 35 km adalah 0,0171 % dari ozon rata – rata pada lapisan itu, kenaikan ini relatif kecil.

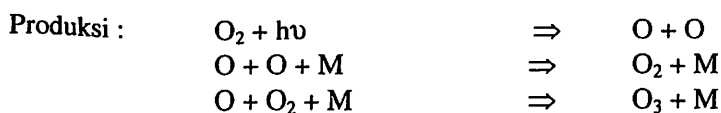
Abstract

The profile ozone observation in Watukosek during 1998 – 2005 showed that the stratospheric ozone has increasing tendency around 0,14 % - 0,1248 % every year from average ozone every layer. The highest value of increasing ozone is on stratospheric layer around 30 km – 35 km with increasing value 0,1248%. The increasing ozone every layer are not having the same value because the influence of pollution from earth surface and stratospheric process. The increasing ozone on stratospheric layer around 17 km – 35 km is 0.0171 % every year from average ozone in this layer it's relative small.

1. PENDAHULUAN

Stratosfer mengandung masa atmosfer sebesar 10 % – 20%, mempunyai peranan penting menyaring radiasi gelombang pendek terutama radiasi ultraviolet. Dari hasil penelitian 1880 menunjukkan bahwa ozon merupakan penyerapan ultraviolet (Bojkov R.D., 1995). Penyerapan radiasi ultra violet ini terjadi pada proses pembentukan ozon dan proses desosiasi ozon. Radiasi UV-C sebagian dikembalikan oleh molekul – molekul atmosfer ke atmosfer yang lebih tinggi dan sebagian radiasi UV-C diserap melekul yang jumlahnya banyak di atmosfer seperti O₂, yang jumlahnya ± 21% dari komposisi atmosfer. Radiasi UV-C yang diserap O₂ ini akan memecah O₂ menjadi masing – masing atom selanjutnya bereaksi membentuk ozon. Adanya O₂ dan O₃ yang memadai di atmosfer maka radiasi UV-C tidak akan sampai di lapisan atmosfer dengan ketinggian di bawah 25 km. Radiasi UV-B diserap di atmosfer penyerap utamanya ozon, jumlah radiasi UV-B yang sampai kepermukaan bumi tergantung pada konsentrasi ozon. Radiasi UV – B dan semua radiasi UV-C diserap oleh lapisan ozon, beberapa radiasi UV – B dapat mencapai permukaan bumi. Radiasi UV-A mempunyai sifat dapat menembus atmosfer sampai bawah karena hampir semua komponen dapat ditembus (Rowland, 1991).

Reaksi pembentukan dan peruraian ozon di stratosfer disebut juga sebagai proses fotokimia ozon yang dapat digambarkan sebagai berikut: Ozon merupakan tiga atom oksigen yang terbentuk di stratosfer dan mesosfer oleh proses fotokimia, sumber utama ozon adalah proses fotodisosiasi O₂ pada rentang panjang gelombang 200 nm - 242.4 nm (Chapman Mechanism). Tabel 1.1. menunjukkan perbedaan daerah spektrum yang penting untuk proses fotokimia yang terjadi di atmosfer, pita-pita absorpsi tersebut merupakan sebagian besar terpenting di stratosfer dan troposfer, (Brasseur et.al., 1984, Wofsy., 1978).



Ozon yang terbentuk ini juga akan cepat tersiklus kembali dengan proses fotolisis



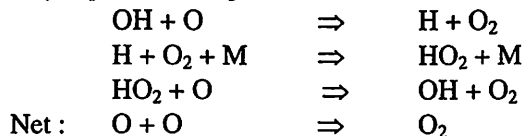
Tabel 1.1 Daerah Spectral Fotokimia di Atmosfer
(Brasseur et.al.,1986)

Panjang Gelombang (nm)	Absorber atmosfer
175 - 200	Pita O ₂ Schumann Runge Absorpsi oleh O ₂ di mesosfer dan stratosfer atas
200 - 242	O ₂ Hertzberg continuum Absorpsi oleh O ₂ Stratosfer
242 - 310	Pita O ₃ Hartley Absorpsi oleh O ₃ di Stratosfer
310 - 400	Pita Huggins Absorpsi oleh O ₃ di Stratosfer
400 - 850	Pita O ₃ Chappius Absorpsi oleh O ₃ di Troposfer

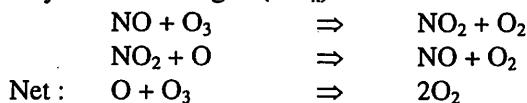
Konsentrasi ozon terbesar berada pada ketinggian stratosfer, yang disebut sebagai lapisan ozonosfer, lapisan ini sangat penting sekali guna kesetimbangan ekologi di bumi, di samping di stratosfer ozon juga ada di lapisan troposfer dan permukaan bumi, yang terbentuk melalui proses fotokimia karena adanya emisi NO_x, hidrokarbon, non metan hidrokarbon dan CO yang berasosiasi dengan radiasi ultraviolet (Logan. et.al., 1986, Crutzen. et.al., 1991).

Kestabilan ozon / oksigen ganjil di atmosfer dipengaruhi oleh emisi gas dari dari bumi seperti uap air yang merupakan sumber radikal OH, NO_x, senyawa kloroflorokarbon yang merupakan sumber ClO_x. Kehilangan oksigen ganjil (O & O₃) di atmosfer adalah merupakan rekombinasi ozon dan atom oksigen setelah bereaksi dengan katalis kimia seperti hidrogen radikal (OH), oksida nitrogen (NO_x) dan oksida klorin (ClO_x). Gangguan oksigen ganjil sangat spesifik bergantung pada ketinggian. (Brasseur et.al., 1986, 1988).

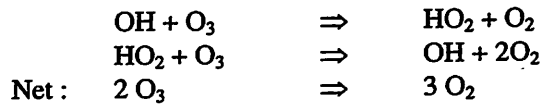
Pada ketinggian mesopause (± 80 - 85 km), gangguan oksigen ganjil terjadi karena adanya spesies hidrogen .



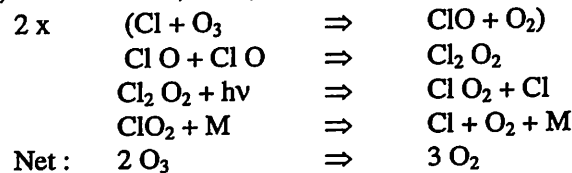
Pada ketinggian stratosfer (± 20 - 40 km), gangguan oksigen ganjil terjadi karena adanya oksida nitrogen (NO_x).



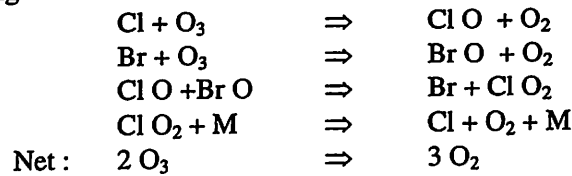
Pada ketinggian stratosfer rendah dan tropopaus (± 8 - 20 km), gangguan oksigen ganjil terjadi karena adanya hidrogen radikal hasil dari proses fotodekomposisi klorin oleh radiasi ultraviolet terhadap kloroflourokarbon hasil industri.



Siklus lain yang sangat dipercaya dan bertanggung jawab terhadap gangguan oksigen ganjil adalah ClO seperti yang terjadi di stratosfer rendah di antarctica dan arctic. (Salomon., 1990, Michael. et.al., 1986, Brune. et.al., 1991)



dan reaksi kopling antara Klorin dan Bromin.



Selain penambahan katalis radikal OH, NO_x, senyawa kloroflorokarbon yang merupakan sumber ClO_x, penambahan senyawa kimia lainnya karena aktivitas manusia yang menghasilkan aerosol pada lapisan stratosfer juga akan mengganggu keseimbangan konsentrasi ozon di stratosfer. Sebagai contoh pesawat terbang menghasilkan uap air dan SO₂ menyebabkan terjadinya awan es dan aerosol dilapisan stratosfer, sehingga dapat mengganggu kesetimbangan ozon di stratosfer radiasi di stratosfer dan troposfer (ICU/SCOPE, 1979).

Umur ozon disuatu lapisan dapat didefinisikan berapa lama keberadaan molekul ozon disuatu lapisan. Keberadaan ozon ini tergantung pada berapa lama ozon dipecah oleh radiasi ultraviolet, proses pemecahan ozon oleh ultraviolet dikenal proses fotolisis. Pembentukan ozon terjadi di atas dan dibagian tengah stratosfer daerah tropis karena cukup radiasi ultraviolet dan cukup oksigen. Ozon maksimum terjadi pada ketinggian antara 20 km – 40 km, dibawah dan diatas ketinggian ini mempunyai prosesnya yang terjadi berlawanan. Pada stratosfer atas umur ozon lebih pendek karena radiasi ultraviolet lebih melimpah dibanding stratosfer bawah. Pada stratosfer bawah ozon dapat dua minggu sampai berbulan – bulan tanpa ada reaksi fotolisis yang disebabkan radiasi ultraviolet (Anonim, 2005).

Adanya penyerapan radiasi ultraviolet oleh ozon maka bumi terlindung dari sengatan radiasi ultraviolet yang dapat menimbulkan dampak negatif pada kehidupan di bumi.

Mengingat proses stratosfer yang kompleks maka perlu diteliti struktur dan proses yang terjadi di stratosfer. Untuk studi kasus ini digunakan data ozon profil di Watukosek.

2. DATA DAN METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Data Penelitian

Data yang dipakai untuk penelitian ini adalah profil ozon Watukosek, untuk mendapatkannya dengan cara download dari web site NASA. Contoh data pada tanggal 15 Agustus 2001

SHADOZ Archive Created 2 February, 2005
 STATION : Watukosek - Java Is., Indonesia
 Principal Investigator : Anne M. Thompson (NASA/GSFC)
 Co-Investigator : Toshihiro Ogawa (EORC/NASDA)
 Latitude (deg) : -07.50
 Longitude (deg) : +112.6
 Elevation (m) : 50.0
 Launch Date : 20010815
 Launch Time (UT) : 02:11:13
 Instrument Number : 2Z
 KI Solution (%) : 2.0 unbuffered
 Applied pump corrections : NOAA/CMDL measured
 Burst Pressure (hPa) : 4.59
 Integrated O3 (DU) up to 7mb : 195.56
 SBUV Residual (DU) : 35.0
 Const. Mixing Ratio Residual (DU): 43.4
 Brewer (# 092) Total O3 (DU) : 9999
 TOMS Overpass (DU) : 9999

Press hPa	Alt km	Temp C	RH %	O3 nbar	O3 ppmv	Wind Dir deg	Wind Spd m/s
1009.100	0.05	30.71	47.70	22.840	0.0226	999.99	999.99
1008.300	0.06	29.80	48.10	26.220	0.0260	999.99	999.99
1007.400	0.07	29.52	48.90	25.180	0.0250	999.99	999.99
1006.800	0.07	29.28	50.00	25.440	0.0253	999.99	999.99
1006.300	0.08	29.08	50.00	24.810	0.0247	999.99	999.99



4.800	36.20	-30.56	2.90	36.120	7.5200	999.99	999.99
4.600	36.51	-29.04	2.70	29.240	6.3500	999.99	999.99
4.870	36.11	-29.30	2.60	31.670	6.5100	999.99	999.99
4.590	36.53	-28.69	2.50	29.830	6.5000	999.99	999.99
4.590	36.54	-28.42	2.60	19.160	4.1800	999.99	999.99

2.2. Metodologi Penelitian

Untuk mencapai tujuan dari kegiatan penelitian ini dilakukan :
 Pengumpulan data profil ozon di Watukosek dari tahun 1998 – 2005 dengan cara download dari website NASA. Pengolahan data konsentrasi ozon stratosfer untuk penelitian ini dibagi menjadi 4 level ketinggian yaitu:

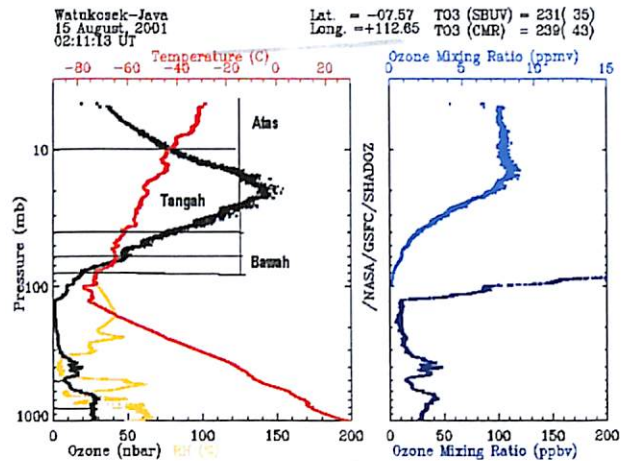
Stratosfer bawah (17 – 20) km atau (100 – 50) h Pa

Stratosfer peralihan antara tengah dan bawah (20 – 24) km atau (50 – 30) hPa

Stratosfer tengah (24 – 30) km atau (30 – 10) hPa

Stratosfer atas (30 – 35) km atau (10; 5; 2) hPa

Stratosfer secara keseluruhan dari tropopause yaitu lapisan 17 km – 35 km. Untuk jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 yang merupakan salah satu contoh profil ozon vertikal di Watukosek pada tanggal 15 Agustus 2001.



Gambar 2.1. Grafik ozon vertikal 15 Agustus 2001 di Watukosek

Untuk mencari konsentrasi ozon pada setiap lapisan diperlukan software, yang dapat mengintegrasikan ozon pada satu lapisan yang diinginkan dalam rata – rata bulan. Analisa data memakai metoda grafik, yang dibuat dengan program Excel.

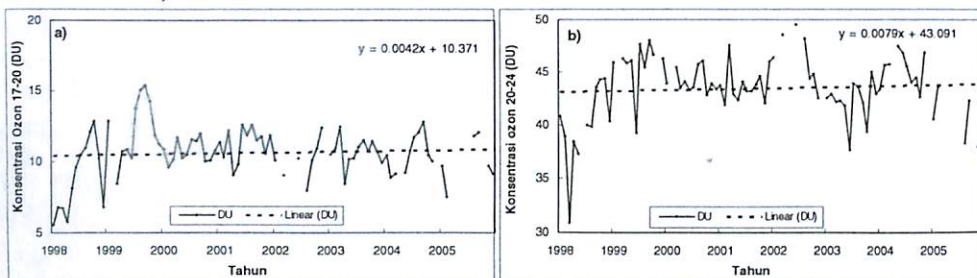
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kecenderungan ozon di stratosfer.

Untuk mengetahui kondisi dan karakteristik ozon stratosfer maka akan dibahas kecenderungan ozon karakteristiknya selama 1998 – 2005.

3.1.1. Stratosfer 17 km – 20 km dan stratosfer 20 km – 24 km

Gambar 3.1a) adalah grafik ozon stratosfer rata – rata bulanan di lapisan stratosfer bawah pada ketinggian 17 km – 20 km pada tahun 1998 – 2005. Jumlah ozon maksimum, minimum dan rata - rata pada lapisan ini masing – masing adalah: 15,34 DU; 5,56 DU dan 10,57 DU.



Gambar 3.1. Kecenderungan ozon rata – rata bulanan pada ketinggian 17 km –20 km dan ketinggian 20 km – 24 km di Watukosek tahun 1998 – 2005.

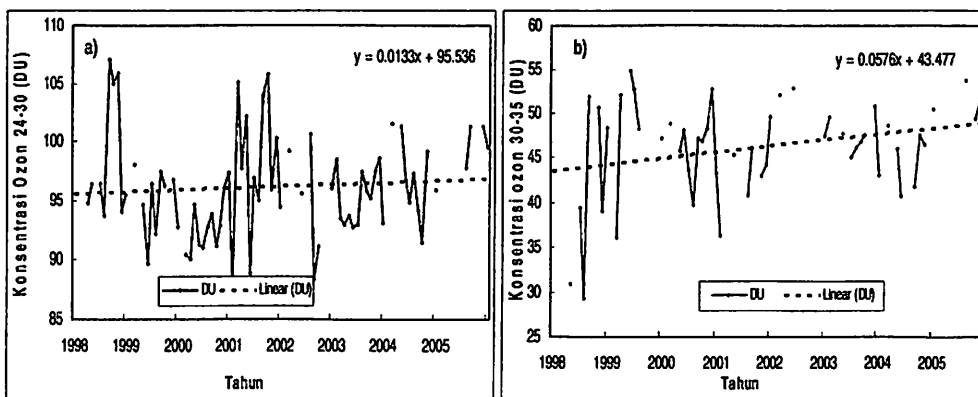
Selama kurun waktu 1998 – 2005 ozon cenderung naik 0,0042 DU / tahun atau 0,040 % dari rata – rata total ozon pada lapisan ini selama 1998 - 2005, persamaan kecenderungannya $Y = 0,0042 X + 10,371$. Gambar 3.1 b) adalah grafik ozon stratosfer peralihan antara tengah dan bawah dengan ketinggian 20 km – 24 km pada tahun 1998 – 2005. Jumlah ozon maksimum, minimum dan rata – rata pada lapisan ini masing - masing adalah: 49,53 DU; 30,96 DU dan 43,43

DU. Ozon cenderung naik sebesar 0,0079 DU / tahun atau 0,018% / tahun dari rata – rata ozon pada lapisan ini selama tahun 1998 - 2005 dan ditunjukkan dalam persamaan kecenderungan $Y = 0,0079X + 43,091$ Ozon pada kedua lapisan ini cenderung naik, maka menunjukkan bahwa reaksi bahan perusak ozon dengan ozon di daerah ini kecil. Diatas disebutkan bahwa pada ketinggian 8 km – 20 km gangguan oksigen ganjil termasuk ozon karena adanya hidrogen radikal hasil dari proses fotodekomposisi klorin oleh radiasi ultraviolet terhadap kloroflourokarbon hasil industri. Lapisan stratosfer paling bawah 17km – 20 km masih dalam rentang ketinggian 8 km – 20 km maka gangguan oksigen ganjil masih termasuk rentang ketinggian tersebut. Pada ketinggian stratosfer (± 20 km - 40 km), gangguan oksigen ganjil terjadi karena adanya oksida nitrogen (NO_x), maka pada ketinggian 20 km – 24 km masih dipengaruhi senyawa oksida nitrogen.

Kecepatan reaksi pembentukan ozon tergantung pada bujur, lintang, dan musim yang dapat dihitung berdasarkan kecepatan fotolisa molekul oksigen. Produksi ozon yang paling besar dekat ekuator dan naik dengan kenaikan ketinggian (Seinfeld J.H. and Pandis S.N., 1998). Watukosek terletak didaerah ekuator ($7,34^0$ LS; $112,39^0$ BT) maka pembentukan ozon didaerah ini tinggi. Bahan perusak ozon diatas di Watukosek di perkirakan masih kecil sehingga pada lapisan 17 km – 20 km dan lapisan 20 km – 24 km maka dikedua lapisan terjadi kenaikan ozon.

3.1.2. Stratosfer tengah (24 – 30) km dan stratosfer 30 km – 35 km.

Gambar 3.2 a) adalah grafik ozon stratosfer rata – rata bulanan pada lapisan peralihan antara stratosfer tengah dan bawah pada ketinggian 24 km – 30 km tahun 1998 – 2005. Pada lapisan ini jumlah ozon maksimum, minimum dan rata - rata masing – masing adalah: 107,09 DU ; 88,15 DU dan 96,20 DU. Jumlah ozon pada lapisan ini naik sebesar 0,0133 DU / tahun atau 0,014% / tahun dari rata – rata jumlah ozon pada lapisan ini selama 1998 -2005. Persamaan kecenderungan ozon $Y = 0,0133 X + 95,536$. Oksida nitrogen juga merupakan gangguan dilapisan ini.



Gambar 3.2. Kecenderungan ozon rata – rata bulanan pada ketinggian 24 km – 30 km dan ketinggian 30 km – 35 km di Watukosek tahun 1998 – 2005

Gambar 3.2 b) adalah adalah grafik ozon stratosfer rata – rata bulanan pada ketinggian 30 km – 35 km. Semula akan dihitung lapisan stratosfer atas dengan ketinggian 30 km – 42 km atau (10;5;2) hPa, tetapi karena data untuk lapisan stratosfer atas paling banyak yang hanya sampai 35 km maka lapisan ini dihitung sampai ketinggian

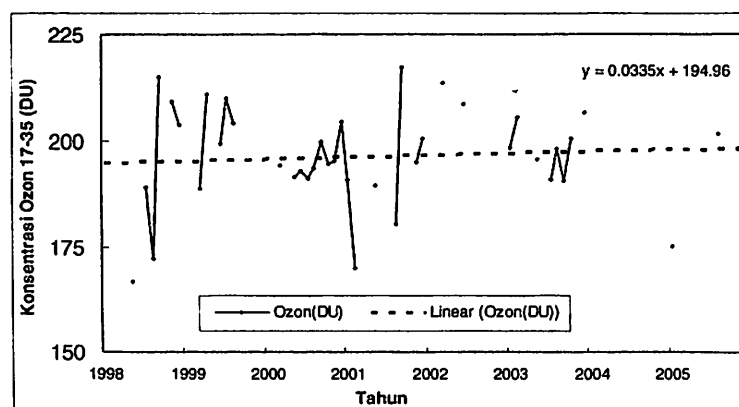
35 km. Dengan gambaran kondisi data seperti diatas maka dibuat grafik kecenderungan ozon stratosfer pada ketinggian 30 km – 35 km tahun 1998 – 2005. Jumlah ozon maksimum, minimum dan rata - rata pada lapisan ini masing - masing adalah: 54,94 DU ; 29,35 DU dan 46,15 DU.

Persamaan kecenderungan total ozon pada lapisan 30 km – 35 km yang dicari dari program excel adalah $Y = 0,0576 X + 43,477$, dari persamaan ini menunjukkan bahwa pada lapisan ini terjadi kenaikan ozon sebesar 0,0576 DU per tahun atau 0,1248 % dari rata – rata total ozon pada lapisan ini selama 1998 -2005. Oksida nitrogen juga masih merupakan gangguan dilapisan ini.

Pada kedua lapisan diatas ozon mempunyai kecenderungan naik, ini berarti bahwa ozon dilapisan gangguan oleh bahan perusak ozon kecil dan pembentukannya lebih besar karena letaknya di daerah ekuator. Pada lapisan inilapisan stratosfer pada ketinggian 30 km – 35 km mempunyai kecenderungan naik terbesar dari laisan lainnya, menurut Seinfeld J.H. and Pandis S.N., 1998, ozon di atmosfer terbentuk pada ketinggian diatas 30 km, dari fotodesosiasi molekul oksigen oleh radiasi ultraviolet gelombang pendek yang mempunyai panjang gelombang (λ) < 242 nm. Hal ini diperkuat oleh Rowland (1991) bahwa radiasi UV-C yang mempunyai panjang gelombang 100 nm – 280 nm diserap oleh oksigen, radiasi UV-C akan memecah O_2 menjadi masing – masing atom yang selanjutnya bereaksi membentuk ozon. Adanya O_2 dan O_3 yang memadai di atmosfer maka radiasi UV-C tidak akan sampai di lapisan atmosfer dengan ketinggian di bawah 25 km. Ini berarti bahwa pembentukan ozon banyak terjadi pada lapisan diatas 25 km sehingga kenaikan diatas 25 km lebih besar. Pembentukan ozon yang lebih besar dilapisan diatas ini maka pada lapisan 30 km – 35 km mempunyai kecenderungan naik yang paling besar diantara lapisan lainnya.

3.1.3. Lapisan stratosfer pada ketinggian 17 km – 35 km.

Lapisan stratosfer secara keseluruhan yang terukur di Watukosek tahun 1998 – 2005 yang terbanyak ketinggian maksimum 35 km, maka disini dihitung total ozon dari tropopause, untuk Indonesia sekitar 17 km – 18 km. Dalam perhitungan ini diambil ketinggian 17 km. Perhitungan ozon total di stratosfer dapat dicari dari interpolasi data yang ada, tetapi pada paper ini hanya dihitung pada ketinggian yang ada datanya.



Gambar 3.3. Kecenderungan ozon rata – rata bulanan pada ketinggian 17 km - 35 km di Watukosek tahun 1998 – 2005

.. Gambar 3.3 adalah grafik ozon rata – rata bulanan lapisan stratosfer pada ketinggian 17 km – 35 km tahun 1998 – 2005. Pada lapisan ini total ozon maksimum, minimum dan rata - rata masing – masing adalah: 217,2 DU ; 166,9 DU dan 196,38 DU. Pada lapisan stratosfer dengan ketinggian 17 km – 35 km ozon cenderung naik sebesar 0,0335 DU per tahun atau 0,0171% dari rata – rata ozon pada lapisan ini selama 1998 – 2005, persamaan kecenderungannya $Y = 0,0335 X + 194,96$.

Kecenderung kenaikan ozon di stratosfer ketinggian 17 km – 35 km sebesar 0,0171%, kenaikan sangat kecil boleh dikatakan ozon di lapisan stratosfer konstan hal ini menunjukkan bahwa bahan perusak ozon masih kecil konsentrasinya di Watukosek, sehingga perusakan ozon lebih kecil dari pembentukannya sehingga ozon stratosfer mempunyai kecenderungan naik. Watukosek terletak di daerah tropis pembentukan ozon terjadi lebih besar dari daerah lainnya.

Dari lima data lapisan stratosfer yang telah diolah dan akan dianalisa dibuatkan tabel kecenderungan ozon dari tahun 1998 – 2005 yang dapat dilihat dalam Tabel 3.1. Tabel tersebut menunjukkan bahwa bahwa kenaikan ozon terbesar terjadi pada lapisan ketinggian 30 km – 35 km, karena pada lapisan ini terjadi pembentukan ozon seperti dijelaskan diatas. Pada lapisan 24 km – 30 km kenaikan ozon lebih kecil dari lapisan 30 km – 35 km, makin kebawah kecenderungan kenaikan makin besar, hal ini diperkirakan pengaruh umur ozon, pada lapisan lebih bawah umurnya lebih panjang karena radiasi ultraviolet yang menyebabkan fotolisa lebih kecil sehingga kecenderungan kenaikan ozon makin besar (Anonim 2005).

Tabel 3.1. Kecenderungan ozon stratosfer Watukosek tahun 1998 – 2005

Ketinggian (km)	Persamaan Kecenderungan	Kenaikan ozon per tahun (DU)	Kenaikan ozon per tahun (%)
17 - 20	$Y = 0,0042 X + 10,371$	0,0042	0,040
20 - 24	$Y = 0,0079X + 43,091$	0,0079	0,018
24 - 30	$Y = 0,0133 X + 95,536$	0,0133	0,014
30 - 35	$Y = 0,0576 X + 43,477$	0,0576	0,1248
17 - 35	$Y = 0,0335 X + 194,96$	0,0335	0,0171

4. KESIMPULAN

Pengamatan profil ozon di Watukosek tahun 1998 – 2005 menunjukan bahwa ozon stratosfer cenderung naik 0,14 % - 0,1248 % per tahun dari ozon rata – rata setiap lapisan. Kenaikan tertinggi pada lapisan stratosfer atas pada lapisan 30 – 35 km dengan kenaikan sebesar 0,1248%. Kenaikan oozon pada setiap lapisan stratosfer tidak sama karena adanya gannguan polutan yang berasal dari permukaan bumi dan perbedaan proses fotolisa yang terjadi di stratosfer. Kenaikan ozon pada seluruh lapisan stratosfer pada ketinggian 17 km – 35 km adalah 0,0171 % dari ozon rata – rata pada lapisan itu, kenaikan relatif kecil.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2005, *Stratospheric Ozone*, An Electronic Textbook halaman 90 – 91.
 Bojkov R.D., 1995, *The Changing Ozone Layer*, A joint publication of the World Meteorological Organization and the United Nations Environment Programme on the occasion of the fiftieth anniversary of the United Nation, page 7.
 Brasseur G. and De Rudder A., 1984, Agent and Effects of Ozone Trends in the Atmosphere, Strtospheric Ozone Reduction, Solar Ultraviolet Radiation and Plant

- Life, Edited by R.C. Worrest and M.M. Cadwell, Springer – Verlag , Berlin Heidelberg, page 1 -28.
- Brasseur G. and Solomon S.,1986, *Aeronomy of the Middle Atmosphere*, Atmospheric Sciences Library, second edition R. Reidel Publishing Company,
- Brasseur G. and Verstraete M. M., 1988, *The role of Atmospheric Chemistry in Solar Terrestrial Relations*, STEP (Solar Terrestrial Energy Programs) Mayor Scientific program, Proceeding of Scostep Simposium Held during the XVII Cospar Premary Meeting, July, 23, page 167 - 185
- Crutzen. P.J., Peter Zimmermann H., 1991, *The Changing Photochemistry of the Troposphere*, Tellus, 43 AB, page 136 - 151
- Logan.J.A., Volker W.J.H. Kirchhoff, 1986, *Seasonal Variation of Tropospheric Ozone at Natal, Brazil*, J. Geophysic Res VI.91, page 7875 - 7881
- Rowland F.S., 1991, *Chlorofluorocarbons and Ozone Depletion*, Ozone Depletion Implications for the Tropics, Editor Mohammad Ilyas, Published by University of Science Malaysia and United Nations Environment Programmed.
- Seinfeld J.H. and Pandis S.N., 1998, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Publish by John Wiley and Sons, New York – Chichester – Weinheim – Brisbane – Singapore – Toronto.
- Wofsy S.C., 1978, *Temporal and Latitudinal of stratospheric gases, A critical comparation between theory and experiment*, J. Geophysic Res, page 364