

**VARIASI MUSIMAN DAN TREND TOTAL OZON DI EKUATOR  
INDONESIA BERDASARKAN DATA TOMS  
1979 - 2004.**

**Ninong Komala**

Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Udara  
Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim - LAPAN

**Abstrak:**

Telah dilakukan penelitian pola musiman total ozon di kota-kota besar /ibukota provinsi di Indonesia (dari data TOMS selama 13 tahun- data TOMS 1979-1992) yang terletak di sebelah utara khatulistiwa, yang berada tepat di khatulistiwa dan yang terletak di sebelah selatan khatulistiwa, Pada tahap berikutnya akan diteliti trend dan pola musiman total ozon di lokasi yang sama dengan penelitian tahap awal tetapi dengan memperpanjang periode pengamatan lebih panjang (1979-2004).

**Abstract:**

Based on the data obtained by TOMS on board of NIMBUS-7, METEOR-3 and EPTOMS for equatorial region, seasonal variation of total ozone has been conducted. By using the longer data period (1979-2004) the seasonal variation pattern and trend of total ozone in the equatorial Indonesia would be investigated.

## 1. PENDAHULUAN

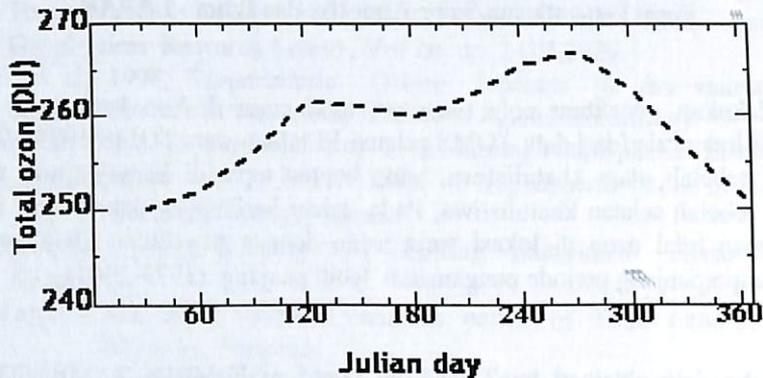
Karakteristik ozon di lapisan troposfer dan stratosfer untuk wilayah ekuator belum diketahui secara rinci karena terbatasnya stasiun pengamat yang melaksanakan pengamatan rutin di wilayah tersebut (Logan, 1985; Cros et al, 1987). Karena konsentrasi ozon bervariasi sesuai dengan letak tempat dan posisi geografisnya, maka tersedianya stasiun pengamat yang memenuhi syarat skala ruang sangat diperlukan. Untuk keperluan penelitian ini tahun 1979-1992 dipakai basis data yang berdasarkan data Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) yang dipasang pada Satelit NIMBUS-7, untuk kurun waktu tahun 1993 ~ 1995 dipakai data dari Satelit METEOR-3, serta untuk tahun 1996-2004 dipakai basis data dari satelit EPTOMS (Earth Probe Total Ozone Mapping Spectrometer).

Variasi total ozon dari TOMS periode 1979-1992 untuk kota-kota besar di Indonesia telah dianalisis pola variasi musimannya, sehingga diperoleh pola musiman untuk tempat yang berada di sebelah utara khatulistiwa (seperti: Medan, Manado), di khatulistiwa (Pontianak dan Kototabang) serta di sebelah selatan khatulistiwa (Bandung, Watukosek) (Saraspriya dkk, 2000). Dengan menambah periode data lebih panjang akan dianalisis trend serta perubahan pola musimannya (periode tahun 1979-2004) dibandingkan dengan periode sebelumnya (periode tahun 1979-1992).

## 2. METODOLOGI

Dengan menggunakan pola musiman total ozon ekuator yang dikemukakan Stolarski (1991), sebagai acuan. Stolarski menyatakan bahwa pola total ozon ekuator yang terletak antara lintang 5 °S - 5 °N dan 120° - 150 °E adalah seperti yang terlihat

pada gambar 2.1. Dalam pola musiman tersebut terlihat ada dua puncak variasi semi anual, dimana puncak pada musim kering lebih tinggi. Konsentrasi minimum untuk wilayah ini terjadi pada bulan Februari dan maksimumnya pada bulan September.



Gambar 2.1. Pola musiman total ozon ekuator (Stolarski 1991)

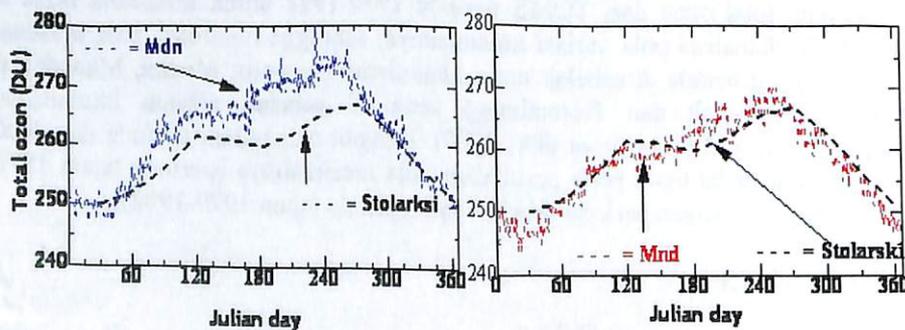
Data yang digunakan adalah data Total ozon dari TOMS untuk kota kota Medan (3.6 N, 98.7 E) Manado (1.5 N, 128.8 E) Pontianak (0.03 N, 109.3 E), Kototabang (0.2 S, 100.32 E) Bandung (6.9 S, 107.6E) serta Watukosek (7.6 S, 112.5 S) untuk periode 1979-2004.

Data dari masing-masing lokasi dibuat pola periode jangka panjangnya untuk melihat trend total ozon, sedangkan plotting tahunan dari periode 1979-2004 digunakan untuk melihat karakteristik pola musimannya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pola musiman Total ozon Ekuator Indonesia 1979-1992

##### 3.1.1. Medan dan Manado

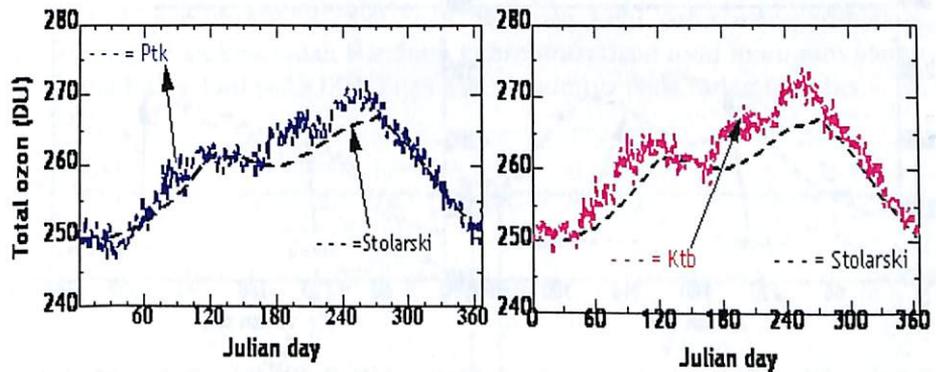


Gambar 3.1. Pola musiman total ozon (1979-1992) untuk Medan (Mdn) dan Manado (Mnd) serta komparasinya dengan Pola Stolarski.

Pola musiman total ozon untuk Medan dan Manado sebagai kota yang terletak di sebelah utara ekuator Indonesia, mempunyai pola musiman yang mirip dengan pola yang ditunjukkan oleh Stolarski, yaitu mempunyai dua puncak semi anual, dengan maksimum pada bulan September (lebih besar dari 270 DU) dan minimum pada bulan Desember- Januari ( ~ 245 DU). Bulan Juni dan Juli, total ozon Manado dan Medan lebih tinggi dari yang ditunjukkan oleh pola musiman Stolarski, (lihat gambar 3.1).

### 3.1.2. Pontianak dan Kototabang

Sebagai kota yang terletak tepat di sebelah ekuator Indonesia, Pontianak dan Kototabang mempunyai pola musiman yang lebih mirip dengan pola yang ditunjukkan oleh Stolarski, yaitu mempunyai dua puncak semi anual, dengan maksimum pada bulan September (~ 270 DU) dan minimum pada bulan Januari (~ 250 DU). Bulan Juli Total ozon Pontianak dan Kototabang sedikit lebih tinggi (~265 DU) dari yang ditunjukkan oleh pola musiman Stolarski (lihat gambar 3.2).



Gambar 3.2 Pola musiman total ozon (1979-1992) untuk Pontianak (Ptk) dan Kototabang (Ktb) serta komparasinya dengan Pola Stolarski.

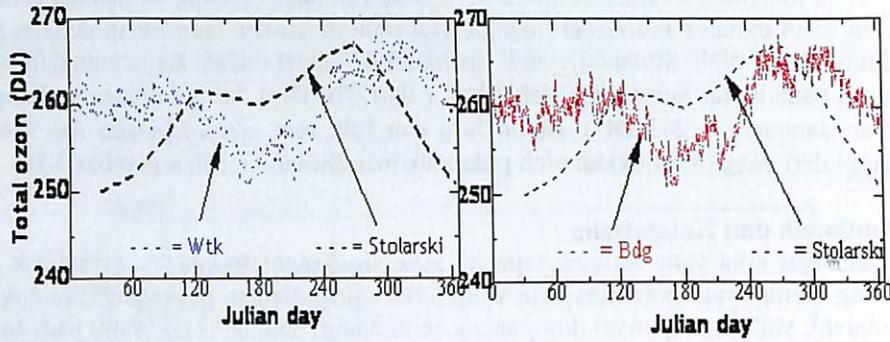
### 3.1.3 Bandung dan Watukosek

Data tahun 1979 sampai dengan tahun 1992 dari satelit NIMBUS-7 memperlihatkan bahwa untuk wilayah Watukosek dan Bandung konsentrasi ozon total minimum rata-rata terjadi pada bulan Juni dan maksimumnya pada bulan Oktober - November. Pada gambar 3.3 diperlihatkan perbandingan siklus musiman ozon total di Bandung Watukosek dengan Model dari Stolarski.

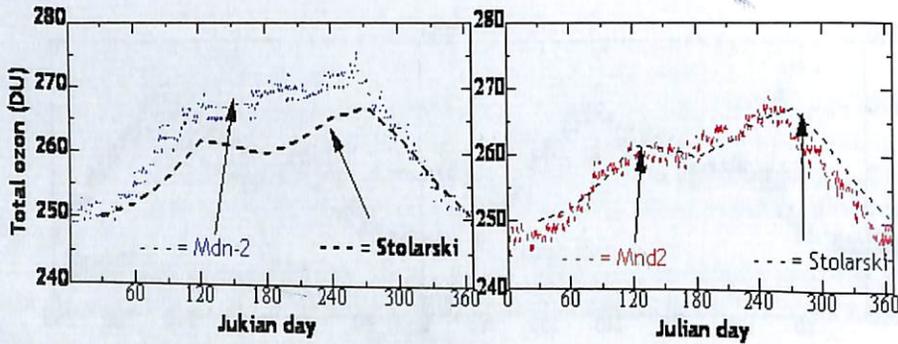
## 3.2 Pola musiman Total ozon Ekuator Indonesia 1979-2004

### 3.2.1. Medan dan Manado

Pola musiman total ozon untuk Medan dan Manado pada periode 1979-2004, mempunyai pola musiman yang mirip dengan pola yang ditunjukkan oleh Stolarski, juga mirip dengan pola 1979-1992 yaitu mempunyai dua puncak semi anual, dengan maksimum pada bulan September (lebih besar dari 270 DU) dan minimum pada bulan Desember - Januari (~ 245 DU). Bulan Juni dan Juli Total ozon Manado dan Medan lebih tinggi dari yang ditunjukkan oleh pola musiman Stolarski (lihat gambar 3.4)



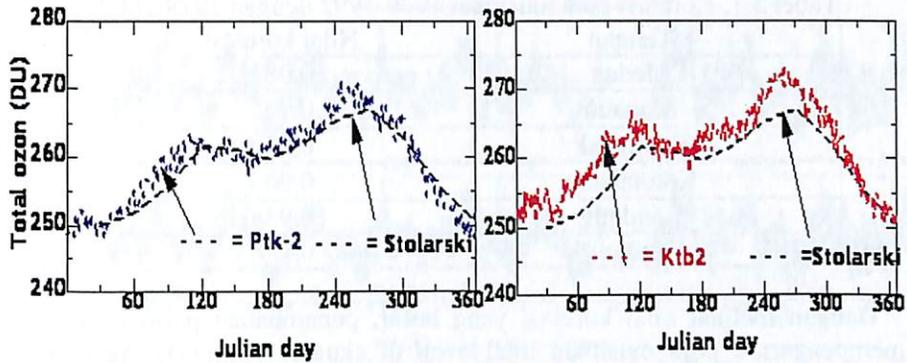
Gambar 3.3. Pola musiman total ozon (1979-1992) untuk Bandung (Bdg) dan Watukosek (Wtk) serta komparasinya dengan Pola Stolarski.



Gambar 3.4. Pola musiman total ozon (1979-2004) untuk Medan (Mdn) dan Manado (Mnd2) serta komparasinya dengan Pola Stolarski.

### 3.2.2. Pontianak dan Kototabang

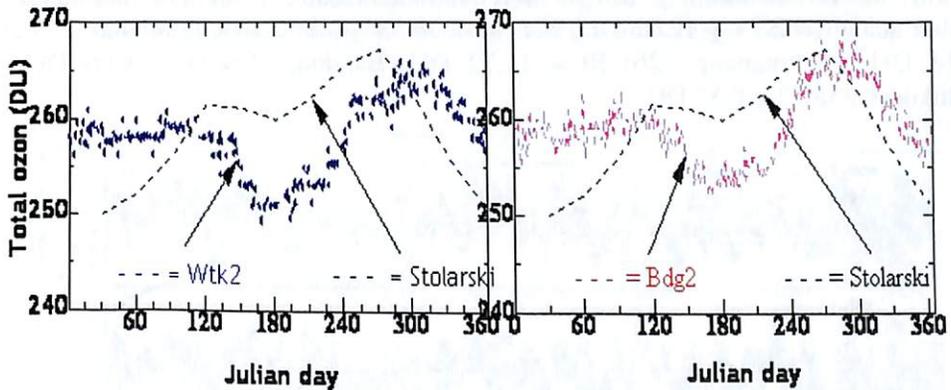
Pontianak dan Kototabang pada periode 1979-2004 mempunyai pola musiman yang lebih mirip dengan pola yang ditunjukkan oleh Stolarski, dan sama dengan pola 1979-1992 yaitu mempunyai dua puncak semi annual, dengan maksimum pada bulan September (~ 270 DU) dan minimum pada bulan Januari (~ 250 DU). Bulan Juli Total ozon Pontianak dan Kototabang sedikit lebih tinggi (~ 265 DU) dari yang ditunjukkan oleh pola musiman Stolarski.



Gambar 3.5. Pola musiman total ozon (1979-2004) untuk Pontianak (Ptk) dan Kototabang (Ktb-2) serta komparasinya dengan Pola Stolarski.

### 3.2.3 Bandung dan Watukosek

Pada periode 1979-2004, pola musiman total ozon memperlihatkan bahwa untuk wilayah Watukosek dan Bandung konsentrasi ozon total minimum yang rata-rata terjadi pada bulan Juni (~250 DU) dan maksimumnya pada bulan Oktober – November (~265 DU).



Gambar 3.6 Pola musiman total ozon (1979-2004) untuk Bandung (Bdg2) dan Watukosek (Wtk2) serta komparasinya dengan Pola Stolarski.

Kemiripan pola musiman total ozon Stolarski dengan pola musiman Medan-Manado dan Pontianak-Kototabang diduga karena lokasi tersebut tercakup ke dalam model yang dibuat oleh Stolarski yaitu antara 5N-5S, sedangkan Bandung dan Watukosek lokasinya terletak di luar daerah yang dijadikan model.

Pola musiman total ozon periode 1979-1992 dengan periode 1979-2004 mempunyai pola yang sama untuk masing-masing tempat yang berada di utara ekuator, tepat di ekuator dan di sebelah selatan ekuator Indonesia. Pola musiman total ozon 1979-1992 dengan pola musiman total ozon 1979-2004 mempunyai nilai korelasinya ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3.1. Korelasi pola musiman 1979-1992 dengan 1979-2004

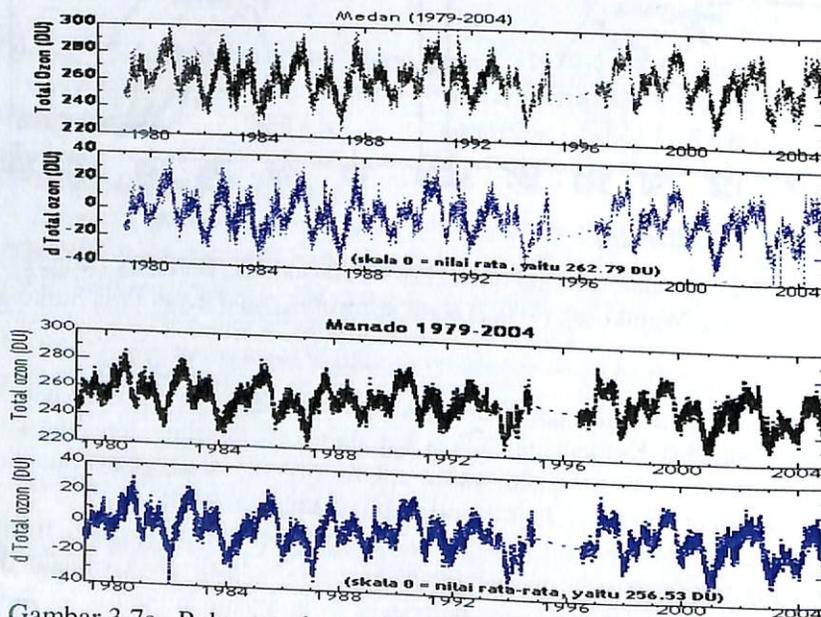
Tempat	Nilai korelasi
Medan	0.983
Manado	0.985
Pontianak	0.969
Kototabang	0.963
Bandung	0.934
Watukosek	0.958

Dengan melihat nilai korelasi yang besar, penambahan periode pengamatan tidak mempengaruhi pola musiman total ozon di ekuator Indonesia, kecuali terjadi kondisi ekstrim (seperti kebakaran hutan yang sangat besar dan terjadi dalam jangka waktu yang lama).

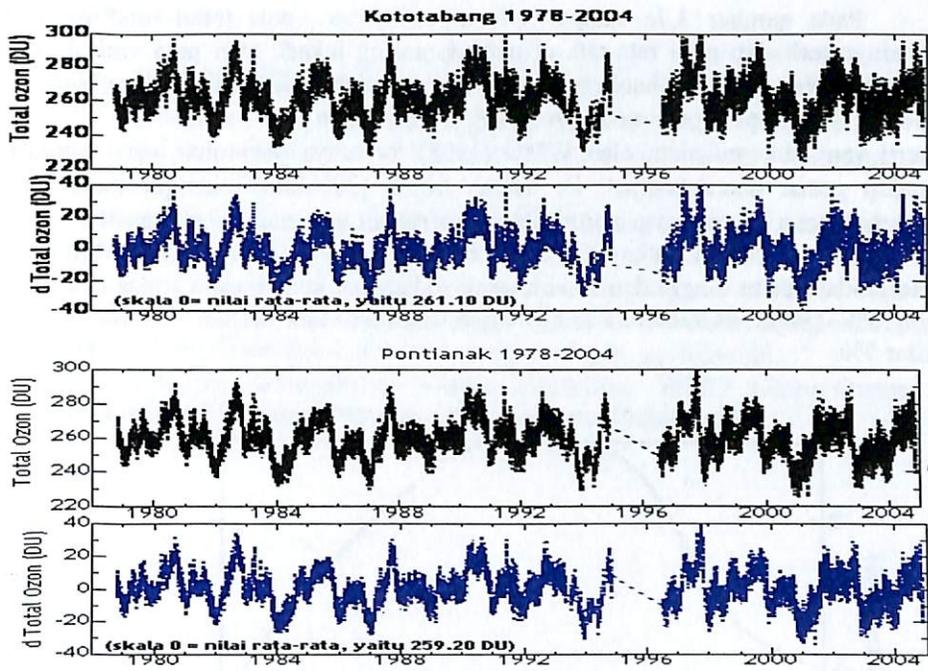
### 3.3 Trend Total Ozon Ekuator Indonesia

Beberapa peneliti mengamati bahwa ozon total atmosfer di wilayah Indonesia sangat dipengaruhi oleh variasi musiman, Quasi Biennial Oscillation (QBO), El Nino - Southern Oscillation (ENSO) dan aktivitas matahari.

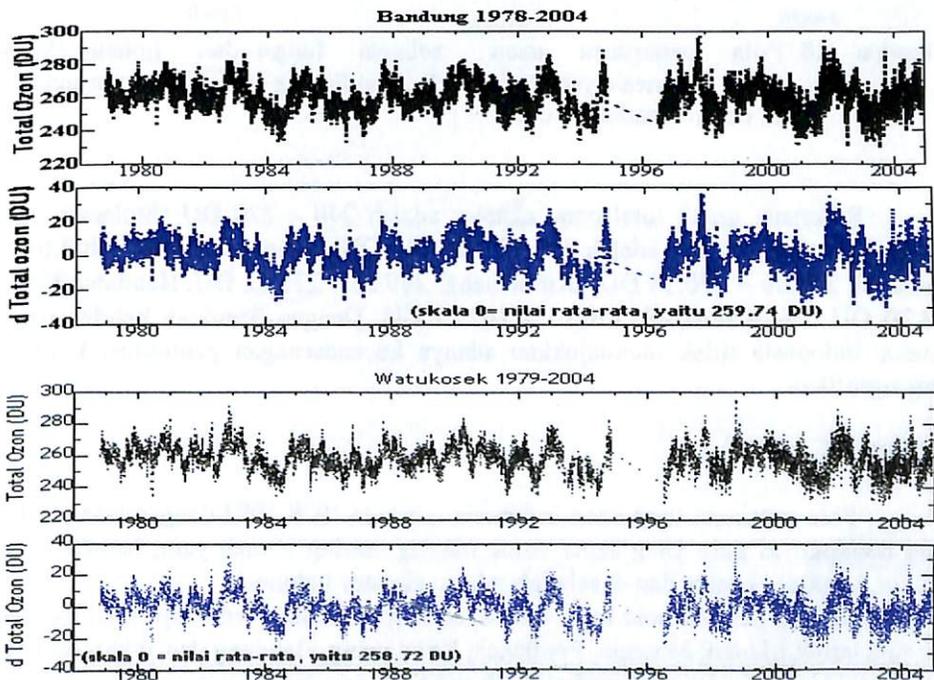
Variasi total ozon dari tahun 1979-2004 memperlihatkan Siklus tahunan dan QBO sama seperti yang telah dikemukakan oleh peneliti terdahulu. Untuk melihat trend total ozon di masing-masing lokasi ini, dibuat rata-rata jangka panjang, kemudian nilai yang terukur oleh TOMS dikurangi dengan nilai rata-rata tersebut. Total ozon rata-rata untuk Medan adalah  $262.79 \pm 12.02$  DU, Manado  $256.53 \pm 10.50$  DU, Pontianak  $259.20 \pm 11.14$  DU, Kototabang  $261.10 \pm 11.72$  DU, Bandung  $259.74 \pm 8.96$  DU dan Watukosek  $258.72 \pm 8.57$  DU.



Gambar 3.7a. Pola trend total ozon (atas) dan deviasi dari nilai rata-rata (bawah) untuk Medan dan Manado (1979-2004).



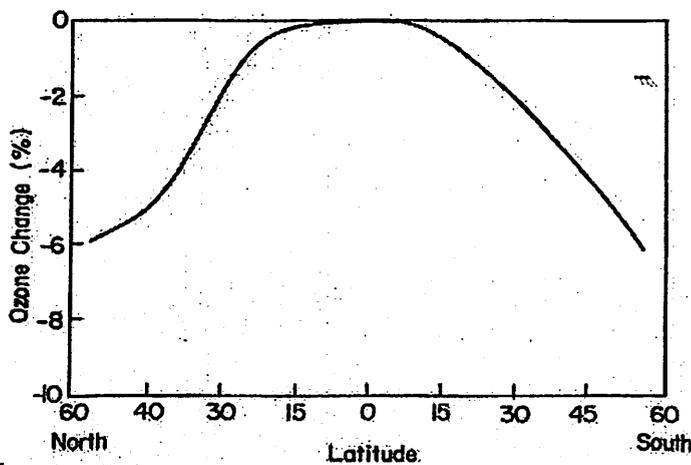
Gambar 3.7b. Pola trend total ozon (atas) dan deviasi dari nilai rata-rata (bawah) untuk Kototabang dan Pontianak (1979-2004).



Gambar 3.7c. Pola trend total ozon (atas) dan deviasi dari nilai rata-rata (bawah) untuk Bandung dan Watukosek (1979-2004)

Pada gambar 3.7a sampai 3.7c diperlihatkan pola trend total ozon dan deviasinya terhadap nilai rata-rata di masing-masing lokasi. Dari pola variasi jangka panjang tersebut tidak terlihat kecenderungan penurunan total ozon yang signifikan. Hal ini sesuai dengan pola penurunan ozon yang diperlihatkan pada gambar 3.8.

Seperti yang dikemukakan oleh WMO (1998), besarnya penurunan ozon bervariasi terhadap posisi daerah/tempat. Di daerah tropik (20N-20S) hampir tidak terjadi penurunan ozon. Besarnya penurunan ini juga sangat tergantung pada musim. Sebagai contoh untuk di daerah lintang menengah belahan bumi utara penurunan sekitar 5-6% terjadi pada musim dingin dan musim semi, sedangkan pada musim panas dan musim gugur 3%. Untuk daerah lintang menengah belahan bumi selatan penurunan terjadi sekitar 5%.



Gambar 3.8 Pola penurunan ozon sebagai fungsi dari lintang (WMO). Indonesia yang terletak di dekat lintang 10N-10S, penurunan total ozon mendekati 0%.

Referensi untuk total ozon ekuator adalah 240 – 270 DU (Stolarski, 1991). Range total ozon Medan adalah 250.77 - 274.81 DU, Manado 246.03 - 267.03 DU, Pontianak 248.06 – 270.34 DU, Kototabang 249.28 – 272.82 DU, Bandung 250.78 – 268.70 DU dan Watukosek 250.15 – 267.29 DU. Dengan demikian kondisi ozon di ekuator Indonesia tidak menunjukkan adanya kecenderungan penurunan total ozon yang signifikan.

#### 4. KESIMPULAN

Pola musiman total ozon Indonesia periode 1979-1992 dengan periode 1979-2004 mempunyai pola yang sama untuk masing-masing tempat yang berada di utara ekuator, tepat di ekuator dan di sebelah selatan ekuator Indonesia.

Telah diperoleh pola trend total ozon dan deviasinya terhadap nilai total ozon rata-rata untuk Medan, Manado, Pontianak, Kototabang, Bandung dan Watukosek. Dari pola variasi jangka panjang tersebut tidak terlihat kecenderungan terjadinya penurunan total ozon.

**DAFTAR RUJUKAN**

- Stolarski, R.S., 1991, Variations in Tropical Total ozone as Measured by TOMS, 1991, Ozone Depletion Implication for the Tropics, Mohammad Ilyas (Editor), University of Science Malaysia and United Nations Environment Programme. pp:98-105
- Slamet Saraspriya, Ninong Komala, 20 November 1998, Variasi tahunan ozon total di Watakosek, Dipresentasikan pada Seminar HUT ke 34 LAPAN, Bandung .
- Saraspriya, S., Komala N, 3-8 July 2000, Seasonal Variation Pattern of Total Ozone in Indonesian Capital Cities, Proceeding of Quadrennial Ozone Symposium, Sapporo 2000, Hokkaido University, Sapporo Japan, pp 625-626.
- WMO, 1998, Scientific Assesment of Ozone Depletion, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project – Report no. 44, Geneva, 1998.