

## KORELASI RADIASI ULTRA VIOLET DAN OZON

Siti Asiati\*, Rukmi Hidayati\*, Halimmurahman\*\*

\*<sup>1</sup>) Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Udara

\*\* Bidang Pemodelan Iklim

Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim - LAPAN

### Abstrak

Dalam kurun waktu 1997 – 2000 pengukuran intensitas radiasi UV-B meunjukkan rata-rata bulanan sebesar  $352,2 \text{ mW/m}^2$ , maksimum  $362,8 \text{ mW/m}^2$  dan minimum  $340,7 \text{ mW/m}^2$ , konsentrasi ozon stratosfer rata –rata bulanan sebesar 231,2 DU, maksimum 244,6 DU dan minimum 211,5 DU, konsentrasi ozon troposfer rata – rata bulanan sebesar 32,2 DU, maksimum 48,14 DU dan minimum 26,29 DU. Pada musim basah tahun 1998 - 2000 intensitas radiasi UV-B turun, konsentrasi ozon stratosfer dan troposfer selama pengukuran juga turun. Grafik rata –rata bergerak 12 bulan menunjukkan pola kecenderungan intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon stratosfer berlawanan, bila intensitas radiasi UV-B rendah konsentrasi ozon stratosfer tinggi dan sebaliknya. Koefisien korelasi intensitas radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon stratosfer negatif ( $- 0,42$ ), dan koefisien determinasinya 0,1723. Pola kecenderungan intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer hampir satu phasa sampai tahun 1999, pada tahun 2000 tampak intensitas radiasi UV-B cenderung sedikit naik, konsentrasi ozon troposfer cenderung sedikit turun. Dari pola kecenderungan, koefisien korelasi intensitas radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon troposfer sebesar 0,308 dan koefisien determinasinya 0,0948 menunjukkan bahwa intensitas radiasi UV-B yang sampai permukaan bumi tidak dominan dipengaruhi ozon troposfer.

### Abstract

During 1997 – 2000 the measurement showed the monthly average of UV-B radiation intensity was  $352.2 \text{ mW/m}^2$ , maximum  $362.8 \text{ mW/m}^2$  and minimum  $340.7 \text{ mW/m}^2$ , the monthly average of stratospheric ozone concentration was 231.2 DU, maximum 244.6 DU and minimum 211.5 DU, the monthly average of tropospheric ozone concentration was 32.2 DU, maximum 48.14 DU and minimum 26.29 DU. In wet season 1998 – 2000 the UV-B radiation intensity decreased, during the measurement the stratospheric and tropospheric ozone concentration decreased too. The 12 month moving average of UV-B radiation intensity and stratospheric ozone concentration showed the opposite trend pattern, if the UV-B radiation intensity was low the stratospheric ozone concentration was high and the opposite. The correlation coefficient UV-B radiation intensity and stratospheric ozone concentration was negative ( $- 0.42$ ) and the determination coefficient was 0.1723. The UV-B radiation intensity and tropospheric ozone concentration showed almost one phase trend pattern until 1999, but in 2000 showed the UV-B radiation intensity trend little increase and the tropospheric ozone concentration trend little decrease. From the trend pattern, the correlation coefficient UV-B radiation intensity and tropospheric ozone concentration value was 0.308 and the determination coefficient was 0.0948 showed that surface UV-B radiation intensity was not dominant influence by tropospheric ozone.

## 1. PENDAHULUAN

Radiasi UV matahari pada rentang gelombang 200nm – 300 nm sangat berperan pada keberadaan ozon di stratosfer. Radiasi matahari panjang gelombang ( $\lambda$ ) < 300 nm hanya 1% dari total luaran radiasi matahari, namun merupakan spektra yang kritis karena hampir seluruh radiasi diserap oleh lapisan atmosfer bumi, sangat berperan dalam pemanasan atmosfer dan menentukan komposisi kimia atmosfer melalui proses fotodesosiasi dan fotoionisasi. Radiasi UV dengan  $\lambda$ , antara 200 nm – 285 nm menembus lapisan stratosfer, menyebabkan pemanasan dan fotodesosiasi ozon dilapisan tersebut. Ozon stratosfer menyerap sangat kuat radiasi UV-C yaitu radiasi matahari dengan panjang gelombang < 280 nm, sehingga radiasi ini tidak mencapai permukaan bumi. Makin besar panjang gelombangnya penyerapan ozon terhadap radiasi makin lemah sampai tidak terdeteksi pada panjang gelombang 340 nm.

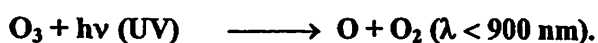
Menurut panjang gelombangnya radiasi UV dikelompokkan menjadi 3 kelompok. Radiasi UV kelompok A (UV-A) mempunyai panjang gelombang 315 nm – 400 nm. Radiasi UV kelompok B (UV-B) mempunyai panjang gelombang 280 nm – 315 nm, dan radiasi UV kelompok C (UV - C) mempunyai panjang gelombang < 280 nm (Wardle D.I. et. all, 1997). Radiasi UV-C dikembalikan oleh molekul – molekul atmosfer pada atmosfer yang lebih tinggi. Beberapa radiasi UV-C diserap molekul yang banyak di atmosfer seperti  $O_2$ , yang jumlahnya  $\pm$  21% dari komposisi atmosfer. Radiasi UV-C yang diserap  $O_2$  ini akan memecahnya menjadi masing – masing atom yang selanjutnya bereaksi membentuk ozon. Hal ini dapat dilihat dari mekanisme reaksi pembentukan ozon menurut Chapman, reaksi fotolisa molekul oksigen dengan menyerap radiasi ultraviolet dengan panjang gelombang  $\lambda$  < 243 nm.



Atom oksigen yang terbentuk ini bereaksi secara cepat membentuk ozon

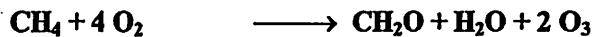
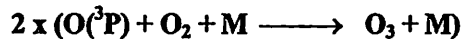
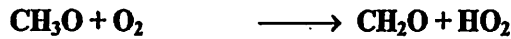
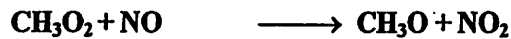
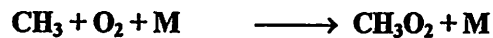
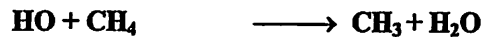


Selanjutnya  $O_3$  mengalami reaksi fotolisa



Reaksi ini akan berulang terus hasilnya pemanasan di stratosfer karena reaksi pembentukan maupun reaksi perusakan ozon menghasilkan panas. Pada keadaan ini tidak ada kehilangan ozon karena reaksinya selalu berulang dan memerlukan radiasi matahari sehingga produksi ozon paling banyak di daerah tropis (Wardle D.I. et. all. 1997; Rowland, 1991).

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. Radiasi UV-B diserap di atmosfer, penyerap utamanya ozon, jumlah UV-B yang sampai ke permukaan 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). Hal ini akan berpengaruh pada reaksi pembentukan ozon troposfer, sebagai contoh reaksi pembentukan ozon troposfer dengan prekursor  $CH_4$  yang menyerap radiasi <420 nm

*Reaksi dengan CH<sub>4</sub>*

(Anderson and Herschbach, 1985).

Selain dipengaruhi ozon radiasi UV yang sampai di permukaan bumi juga dipengaruhi faktor lain seperti sulfur dioksida, awan, aerosol dan salju, albedo dan polusi sehingga membuat sulit mengukur pengaruh ozon pada radiasi UV. Secara umum ozon, sulfur dioksida, awan, aerosol dan polusi akan mereduksi radiasi UV yang sampai permukaan bumi karena zat-zat tersebut mempunyai sifat menyerap radiasi UV, sebaliknya salju mengubah albedo permukaan tempat pengukuran sehingga menyebabkan radiasi UV naik. Hal ini terjadi karena radiasi UV yang sampai permukaan bumi dipantulkan oleh salju tersebut (Wardle et. al., 1997).

Dari reaksi pembentukan ozon tersebut terlihat ada hubungan erat antara konsentrasi ozon dan radiasi UV, maka dalam penelitian ini akan diteliti korelasinya. Untuk ini akan diindikasikan dengan koefisien korelasi yang dinyatakan dengan  $r$  yang berarti korelasi suatu unsur terhadap unsur lainnya dan koefisien determinasi yang dinyatakan dengan  $r^2$  yang berarti berapa persen besarnya pengaruh suatu unsur terhadap unsur lainnya.

## 2. DATA DAN PENGOLAHAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini data radiasi UV eritema (UV-B) yang sampai di permukaan bumi di daerah tropis yang diperoleh dari TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer). Dilakukan ekstrak data UV-B untuk daerah Indonesia ( $6^\circ \text{LU} - 11^\circ \text{LS}$ ;  $92.5^\circ - 142.5^\circ \text{BT}$ ). Data ozon stratosfer dan troposfer untuk daerah Indonesia diperoleh dari TOMS - CCD (Total Ozone Mapping Spectrometer - Convective Cloud Differential), diambil pada lintang dan bujur yang sama dengan radiasi UV-B. Data yang digunakan dari tahun 1997 sampai 2000.

Metoda analisa yang digunakan adalah metode analisa grafik rata-rata bulanan, rata-rata bergerak 12 bulan. Tujuan analisis rata-rata bergerak 12 bulan untuk mengeliminasi efek variasi bulanan (rotasi matahari  $\pm 27$  hari) dan musiman. Dengan program Excel dibuat grafik variasi intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon stratosfer, variasi intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer rata-rata bulanan, serta grafik rata-rata bergerak 12 bulan intensitas radiasi UV-B dan

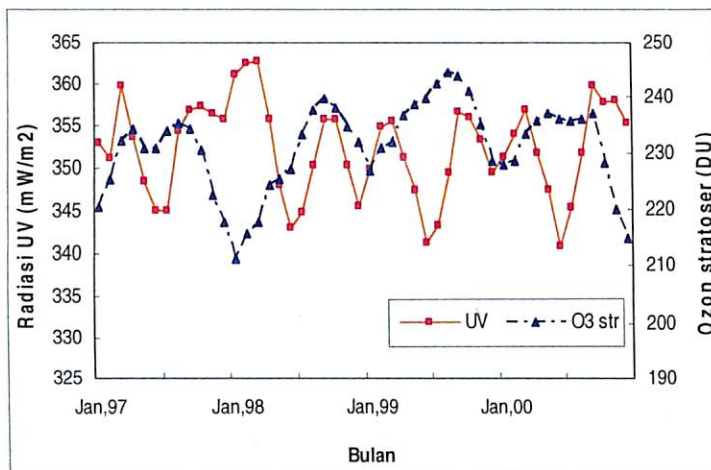
konsentrasi ozon stratosfer, intensitas radiasi UV-B dan troposfer. Dibat grafik koefisien korelasi dan determinasi intensitas radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon stratosfer dan intensitas radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon troposfer.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembahasan ini dibagi menjadi dua yaitu korelasi intensitas radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon stratosfer dan korelasi intensitas radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon troposfer.

#### a. Korelasi radiasi UV-B dengan Ozon stratosfer

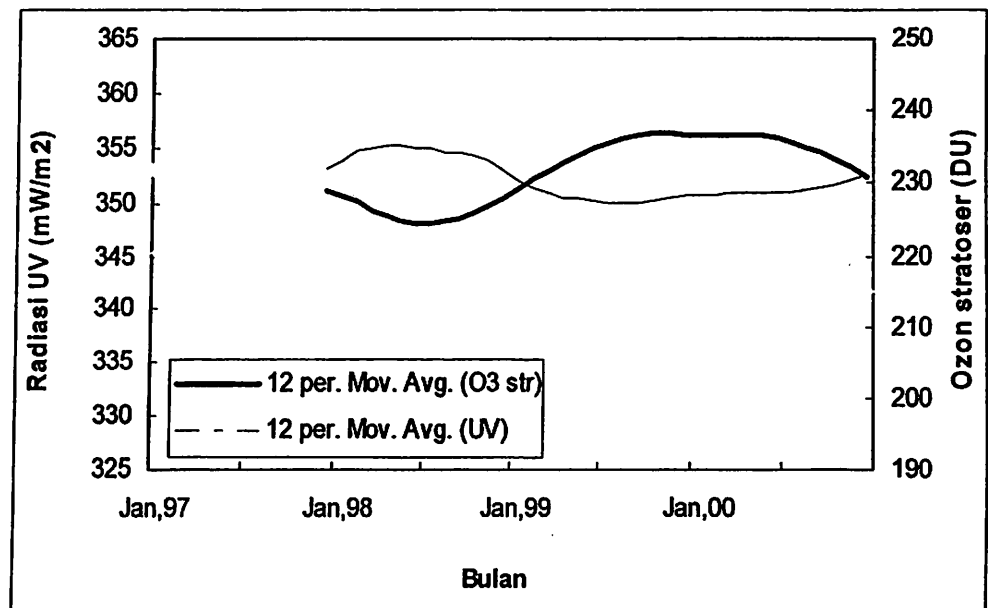
Gambar 3 - 1 adalah grafik variasi rata-rata bulanan intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon stratosfer pada tahun 1997 - 2000. Intensitas radiasi UV-B rata-rata bulanan sebesar  $352,2 \text{ mW/m}^2$ , maksimum  $362,8 \text{ mW/m}^2$  dan minimum  $340,7 \text{ mW/m}^2$ . Dalam gambar terlihat bahwa pada musim basah tahun 1998 - 2000 intensitas radiasi UV turun, hal ini kemungkinan ada atenuasi oleh awan, yang kemunculannya relatif lebih besar pada musim basah. Konsentrasi ozon stratosfer rata-rata bulanan dalam kurun waktu 1997 - 2000 sebesar  $231,2 \text{ DU}$ , maksimum  $244,6 \text{ DU}$  dan minimum  $211,5 \text{ DU}$ . Konsentrasi ozon stratosfer pada musim basah (Desember, Januari) kecil, hal ini disebabkan jumlah uap air yang naik pada bulan basah. Uap air ini ada yang dapat naik ke stratosfer bawah selanjutnya bereaksi dengan ozon menyebabkan berkurangnya jumlah ozon stratosfer.



Gambar 3.1. Variasi rata-rata bulanan intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon stratosfer pada tahun 1997 - 2000

Dalam Gambar 3 - 1 tersebut juga nampak bahwa pola kecenderungan intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon stratosfer berlawanan, bila intensitas radiasi UV-B tinggi konsentrasi ozon rendah dan sebaliknya. Hal ini terjadi seperti disebutkan diatas karena ada penyerapan intensitas radiasi UV-B oleh ozon stratosfer sehingga bila terjadi penipisan ozon stratosfer intensitas radiasi UV-B yang sampai permukaan bumi makin besar. Dari gambar tersebut nampak adanya kenaikan konsentrasi ozon tetapi intensitas radiasi UV-B juga tinggi seperti pada bulan

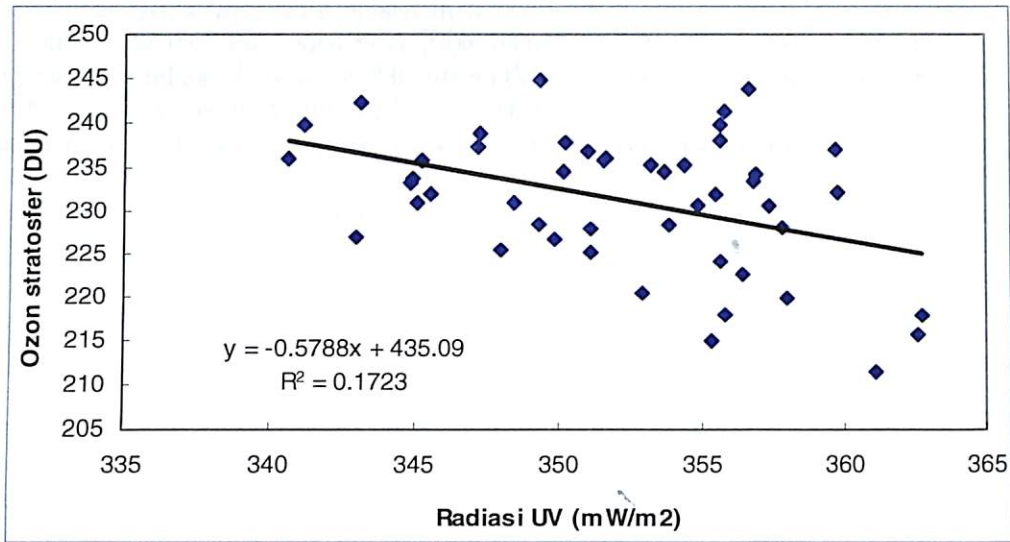
September dan Oktober 1998, hal ini kemungkinan adanya pengaruh aktivitas matahari. Tahun 1997 – 2000 adalah phasa matahari aktif, yang berarti ada kenaikan bilangan sunspot. Dari penelitian Asiati dkk. (2002) menunjukkan bahwa kalau bilangan sunspot naik konsentrasi ozon stratosfer akan naik. Hasil penelitian Sinambela dkk. (2000) menyatakan bahwa variasi radiasi UV-B cenderung mengikuti pola aktivitas matahari, berarti kenaikan aktivitas matahari akan diikuti kenaikan radiasi UV-B. Selain pengaruh aktivitas matahari kemungkinan unsur – unsur lain di atmosfer yang dapat menyerap radiasi UV-B seperti aerosol, awan, polusi udara jumlahnya kecil sehingga radiasi UV-B yang sampai permukaan bumi besar.



Gambar 3 .2. Grafik rata –rata bergerak 12 bulan intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon stratosfer pada tahun 1997 – 2000

Untuk memperjelas pola kecenderungan radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon stratosfer dibuat Gambar 3 - 2, grafik rata –rata bergerak 12 bulan untuk mengeliminasi efek variasi bulanan dan musiman.

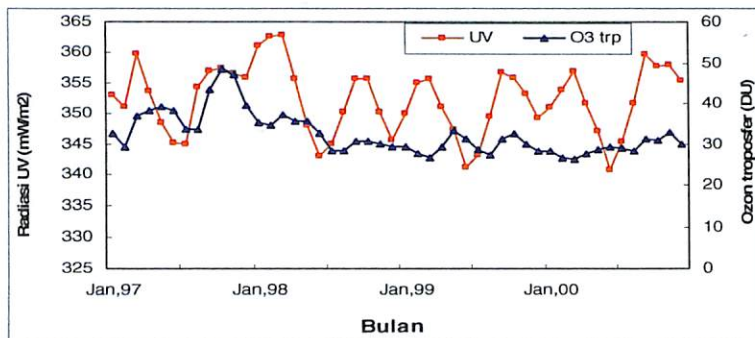
Dari Gambar 3 - 2 tampak pola intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon stratosfer berlawanan, bila intensitas radiasi UV-B tinggi konsentrasi ozon stratosfer rendah dan sebaliknya. Ozon sebagai penyerap dan pelindung bumi dari radiasi UV-B maka dijaga konsentrasinya tetap tinggi sehingga konsentrasi radiasi UV-B yang sampai permukaan bumi intensitas radiasinya kecil.



Gambar 3 .3. Korelasi intensitas radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon stratosfer tahun 1997 – 2000

Pada Gambar 3 - 3 tampak bahwa korelasi intensitas radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon stratosfer negatif, menunjukkan bahwa intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon stratosfer mempunyai hubungan tidak sephasa berarti bila intensitas radiasi UV-B tinggi konsentrasi ozon stratosfer rendah dan sebaliknya. Hal ini memperkuat kesimpulan analisa pola kecenderungan intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon yang mempunyai pola berlawanan. Faktor korelasi radiasi UV-B dan konsentrasi ozon stratosfer 1997 – 2000 sebesar  $-0,42$  dan koefisien determinasinya  $0,1723$ . Koefisien determinasi  $< 0,5$  berarti masih banyak faktor lain yang lebih mempengaruhi radiasi yang sampai permukaan bumi selain konsentrasi ozon. Faktor lain yang mempengaruhi antara lain sulfur dioksida, awan, aerosol dan salju, albedo dan polusi.

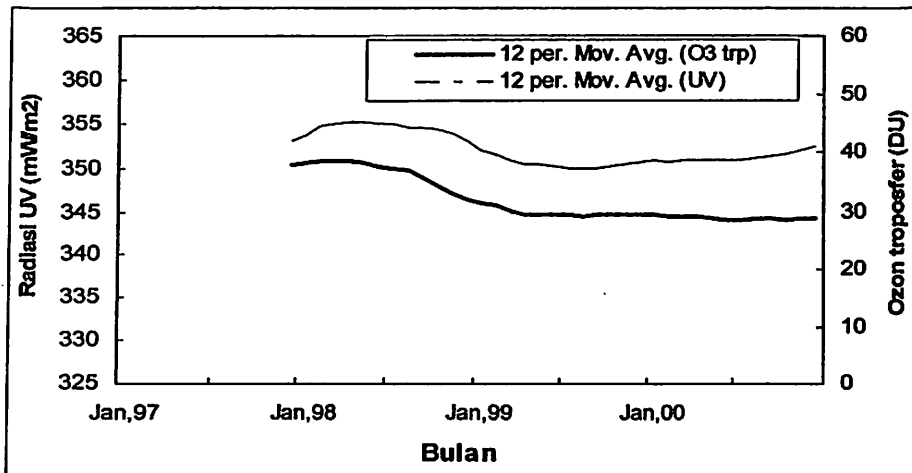
#### b. Korelasi intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer.



Gambar 3 . 4. Variasi rata –rata bulanan intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer pada tahun 1997 – 2000

Konsentrasi ozon troposfer rata-rata bulanan dalam kurun waktu 1997 – 2000 sebesar 32,2 DU, maksimum 48,14 DU dan minimum 26,29 DU. Konsentrasi ozon troposfer pada musim basah (Desember, Januari) kecil, hal ini disebabkan jumlah uap air yang lebih besar pada bulan basah. Uap air ini bereaksi dengan ozon troposfer menyebabkan berkurangnya jumlah ozon troposfer.

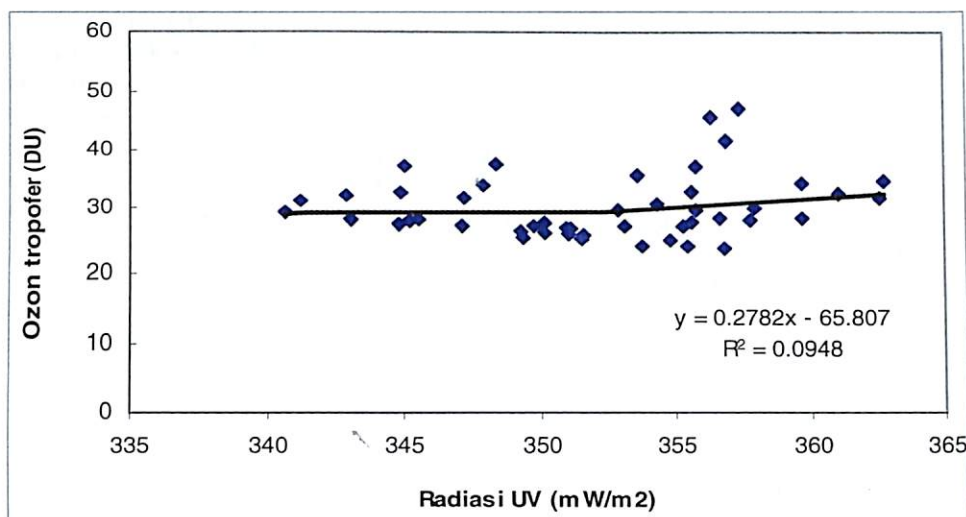
Pola kecenderungan radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer hampir satu fasa, bila konsentrasi ozon troposfer naik maka intensitas radiasi UV-B juga naik. Untuk memperjelas dibuat grafik rata-rata 12 bulan untuk menghilangkan efek variasi bulanan dan musiman yang dapat dilihat dalam Gambar 3 - 5.



Gambar 3 .5. Grafik rata-rata bergerak 12 bulan intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer pada tahun 1997 – 2000

Pada Gambar 3 - 5 tampak bahwa intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer hampir satu fasa sampai tahun 1999, pada tahun 2000 tampak intensitas radiasi UV-B cenderung sedikit naik, konsentrasi ozon troposfer cenderung sedikit turun. Pola yang tidak menentu ini menunjukkan bahwa radiasi UV-B tidak dominan dipengaruhi ozon troposfer, faktor lain yang mempengaruhi antara lain awan, aerosol, polusi, albedo dan ozon troposfer dipengaruhi ozon prekursor.

Pada Gambar 3 - 6 tampak bahwa korelasi intensitas radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon troposfer positif, menunjukkan bahwa radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer mempunyai hubungan sefasa berarti bila intensitas radiasi UV-B naik konsentrasi ozon troposfer naik dan sebaliknya. Faktor korelasi radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer pada 1997 – 2000 sebesar 0,308 dan koefisien determinasinya 0,0948. Koefisien determinasi < 0,5 berarti masih banyak faktor lain yang mempengaruhi intensitas radiasi yang sampai permukaan bumi selain ozon troposfer. Dari analisa pola kecenderungan intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer tidak terus satu fasa seperti yang telah diterangkan diatas berarti ada faktor lain yang mempengaruhi antara lain sulfur dioksida, awan, aerosol dan salju, albedo, polusi dan ozon prekursor.



Gambar 3. 6. Korelasi intensitas radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon troposfer tahun 1997 – 2000

#### 4. KESIMPULAN

Intensitas radiasi UV-B rata-rata bulanan dalam kurun waktu 1997 – 2000 sebesar  $352,2 \text{ mW/m}^2$ , maksimum  $362,8 \text{ mW/m}^2$  dan minimum  $340,7 \text{ mW/m}^2$ , konsentrasi ozon stratosfer rata – rata bulanan sebesar  $231,2 \text{ DU}$ , maksimum  $244,6 \text{ DU}$  dan minimum  $211,5 \text{ DU}$ . Pada musim basah tahun 1998 - 2000 radiasi UV turun, konsentrasi ozon stratosfer pada musim basah (Desember, Januari) juga turun. Pada bulan September dan Oktober 1998 terjadi kenaikan konsentrasi ozon stratosfer tetapi intensitas radiasi UV-B tinggi. Dari rata –rata bergerak 12 bulan menunjukkan pola kecenderungan konsentrasi ozon stratosfer dan intensitas radiasi UV-B berlawanan, bila konsentrasi ozon stratosfer rendah intensitas radiasi UV-B tinggi dan sebaliknya. Hal ini diperkuat dengan korelasi radiasi UV-B dengan konsentrasi ozon stratosfer negatif ( $-0,42$ ), dan koefisien determinasinya  $0,1723$ . Koefisien determinasi  $< 0,5$  berarti masih banyak faktor lain yang mempengaruhi radiasi yang sampai permukaan bumi selain konsentrasi ozon stratosfer.

Konsentrasi ozon troposfer rata –rata bulanan dalam kurun waktu 1997 – 2000 sebesar  $32,2 \text{ DU}$ , maksimum  $48,14 \text{ DU}$  dan minimum  $26,29 \text{ DU}$ . Konsentrasi ozon troposfer pada musim basah (Desember, Januari) kecil. Pola yang tidak teratur antara intensitas radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer ini menunjukkan bahwa intensitas radiasi UV-B tidak dominan dipengaruhi konsentrasi ozon troposfer, faktor yang mempengaruhi antara lain awan, aerosol, polusi, albedo dan ozon troposfer dipengaruhi juga oleh ozon prekursor. Faktor korelasi radiasi UV-B dan konsentrasi ozon troposfer 1997 – 2000 sebesar  $0,308$  dan koefisien determinasinya  $0,0948$ . Koefisien determinasi  $< 0,5$  memperjelas bahwa radiasi UV-B tidak dominan dipengaruhi ozon troposfer.



**DAFTAR RUJUKAN**

- Anderson J.G. and Herschbach D.R., 1985, *Atmospheric Ozone 1985 Volume I*, World Meteorology Organization Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No.16, NASA, halaman 119.
- Asiati S., Sinambela W., Hidayati R., 2002, *Faktor Alamiah Yang Mempengaruhi Ozon Stratosfer dan Troposfer Diatas Indonesia*" Diterbitkan dalam Jurnal Teknik Lingkungan Vol. 8, No. 2, Nopember 2002, ISSN 0854 – 1957. Diterbitkan oleh Departemen Teknik Lingkungan ITB, bekerjasama dengan Ikatan Ahli Teknik Penyehatan Lingkungan Indonesia (IATPI). Halaman 80.
- 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 Programme. Halaman 5,6.
- Sinambela W., La Ode Musafar M., Kaloka S., 2000, *Hubungan Variasi Radiasi Ultra Violet Matahari di Permukaan Bumi dan Variasi Aktivitas Matahari Selama Fase Menurun Siklus Matahari Ke – 22*, Majalah LAPAN Volume 2 Nomor 4, Oktober, ISSN 0126 – 0480. Diterbitkan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Halaman 197 - 198.
- Wardle D.I., Kerr J. B., Elroy Mc. And Francis D.R., 1997, *Ozone Chemistry: Simulation and Depletion*, Ozone Science: Canadian Perspective on the Changing Ozone Layer, halaman 57, 73.