

## ANALISIS PENGARUH INTENSITAS RADIASI MATAHARI, TEMPERATUR DAN KELEMBABAN UDARA TERHADAP FLUKTUASI KONSENTRASI OZON PERMUKAAN DI BUKIT KOTOTABANG TAHUN 2005-2010

Mairisdawenti<sup>1</sup>, Dwi Pujiastuti<sup>1</sup>, Asep Firman Ilahi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas

<sup>2</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Bogor

e-mail: rodeismencarianai2@gmail.com

### ABSTRAK

Telah dilakukan analisis pengaruh intensitas radiasi matahari, temperatur, dan kelembaban udara terhadap fluktuasi konsentrasi ozon permukaan di Bukit Kototabang tahun 2005-2010 dengan metode regresi linier. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluktuasi konsentrasi ozon rata-rata harian mengikuti pola rata-rata harian intensitas radiasi matahari, dan berbanding terbalik dengan kelembaban udara. Faktor meteorologi yang paling besar hubungannya dengan konsentrasi ozon berdasarkan analisis nilai regresi yaitu temperatur permukaan, dengan nilai koefisien determinasi  $R^2=26,0$  pada tahun 2010.

Kata kunci : ozon permukaan, regresi linier, faktor meteorologi

### ABSTRACT

*Analysis effect of the intensity of solar radiation, temperature, and air humidity, to fluctuations in surface ozone concentrations in Bukit Kototabang with linear regression method from 2005 to 2010 has been conducted. The results showed that the fluctuations in ozone concentration daily average follows the pattern of average daily solar radiation intensity, and inversely proportional to the air humidity. The meteorological factors which have greatest correlation with the ozone concentration values based on regression analysis is surface temperature, with a coefficient of determination  $R^2 = 26.0$  in 2010.*

*Keywords : surface ozone, linear regression , meteorological factors*

### I. PENDAHULUAN

Atmosfer bumi merupakan selubung gas yang menyelimuti permukaan padat dan cair pada bumi. Atmosfer tersusun dari campuran berbagai unsur dan senyawa kimia. Unsur penyusun atmosfer paling banyak adalah Nitrogen, Oksigen, dan Argon. Selain itu juga terdapat uap air, karbon dioksida, dan ozon (Neiburger, dkk. 1982).

Atmosfer bersifat selektif terhadap panjang gelombang, sehingga mempengaruhi energi radiasi elektromagnetik yang sampai ke permukaan bumi. Radiasi gelombang elektromagnetik akan mengalami hambatan, disebabkan oleh partikel-partikel yang ada di atmosfer. Proses penghambatannya terjadi dalam bentuk serapan, pantulan, dan hamburan (*scattering*). Komponen atmosfer yang merupakan penyerap efektif radiasi matahari adalah uap air, karbondioksida, dan ozon. Menurut Sinambela, dkk. 2006, berkurangnya konsentrasi ozon stratosfer akan menaikkan intensitas radiasi UV berbahaya yang sampai di permukaan bumi.

Ozon terdapat di dua lapisan terbawah atmosfer, yaitu lapisan stratosfer dan troposfer. Ozon stratosfer (lapisan ozon) berfungsi untuk melindungi bumi dari radiasi UV, sedangkan ozon di troposfer bersifat polutan dan dapat membahayakan kesehatan manusia. Berdasarkan citra satelit yang direkam oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), diketahui bahwa dalam beberapa tahun terakhir (1981-2006) lubang ozon semakin hari semakin meningkat (ozonewatch.gsfc.nasa.gov).

Kondisi ini akan menyebabkan tingginya tingkat radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi. Adanya proses fotokimia di atmosfer yang memungkinkan terjadinya pembentukan ozon dengan bantuan radiasi UV matahari akan membahayakan kehidupan di bumi. Hal ini dikarenakan konsentrasi ozon yang tinggi di troposfer dapat menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan, serangan jantung dan kematian (Roosita, 2007). Oleh karena itu penelitian yang berkaitan dengan ozon di troposfer sangat diperlukan.

Ozon troposfer disebut juga ozon permukaan (*ground level ozone*) dimana konsentrasinya dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya jumlah gas-gas pencemar udara di atmosfer seperti NO<sub>x</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, VOCs (*volatile organic compounds* / zat-zat organik yang mudah menguap), intensitas radiasi UV matahari, temperatur permukaan, kelembaban udara, arah dan kecepatan angin (Amalia dan Setiawan, 2008).

Saat ini pemantauan monitoring ozon di Indonesia telah dilakukan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) serta Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). BMKG sendiri telah mengoperasikan alat monitoring ozon di Jakarta dan Bukit Kototabang. Sementara LAPAN telah memantau konsentrasi ozon permukaan, profil ozon dan *total column ozon* di Bandung dan Watukosek.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis pengaruh intensitas radiasi matahari, kelembaban udara, dan temperatur permukaan, terhadap konsentrasi ozon permukaan berdasarkan data konsentrasi ozon permukaan dan data meteorologi yang ada di stasiun GAW yang berlokasi di Bukit Kototabang, Kabupaten Agam Sumatera Barat, pada 0° 12' 07'' LS – 100° 19' 05'' BT, pada ketinggian 864,5 m di atas permukaan laut.

## II. METODE

### 2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di *Global Atmosphere Watch (GAW) Station* atau Stasiun Pemantau Atmosfer Global, yang terletak di Bukit Kototabang, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Stasiun GAW terletak pada 0° 12' 07'' LS – 100° 19' 05'' BT, pada ketinggian 864,5 m di atas permukaan laut, sekitar 3 km dari lokasi pemukiman penduduk. GAW Kototabang merupakan salah satu stasiun pengamatan referensi udara bersih karena jauh dari pemukiman dan aktifitas manusia sehingga udara yang terukur alami dan dapat dijadikan referensi udara bersih baik di Indonesia maupun secara global. Penelitian mulai dilaksanakan bulan Desember 2013, dan selesai pada bulan April 2014.

### 2.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari stasiun GAW. Data-data yang digunakan yaitu :

1. Data konsentrasi ozon permukaan per jam tahun 2005 – 2010. Data konsentrasi ozon permukaan diperoleh menggunakan alat *Ozone Analyzer* tipe TEI 49C (Gambar 1).



Gambar 1 *Ozone Analyzer* tipe TEI 49C  
(sumber: doc. Pribadi)

*Ozone Analyzer* tipe TEI 49C ini didasarkan atas prinsip bahwa molekul ozon menyerap cahaya ultraviolet (UV) pada panjang gelombang 254 nm. Besarnya intensitas sinar UV yang diserap oleh molekul ozon sebanding dengan konsentrasi ozon sesuai dengan Hukum Beer-Lambert pada persamaan (1).

$$I = I_0 \exp^{(-KLC)} \tag{1}$$

dengan  $K$  adalah koefisien absorpsi molekular ( $308 \text{ cm}^{-1}$ , pada temperatur  $0^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atmosfer),  $L$  adalah panjang sel (38 cm),  $C$  adalah konsentrasi ozon dalam satuan ppm,  $I$  adalah intensitas cahaya UV dari sampel dengan ozon (gas sampel), dan  $I_o$  adalah intensitas cahaya UV dari sampel tanpa ozon (gas referensi).

2. Data intensitas radiasi matahari per jam tahun 2005 – 2010. Data intensitas radiasi matahari diperoleh menggunakan alat Total UV, dimana data intensitas radiasi matahari yang digunakan merupakan data radiasi UV total, yang mencakup keseluruhan spektrum radiasi UV (UV-A, UV-B, dan UV-C).
3. Data temperatur per jam tahun 2005–2010, yang diperoleh dari pengukuran instrumen AWS Vaisala.
4. Data kelembaban udara per jam tahun 2005–2010 menggunakan Psychrometer.

### 2.3 Metode Analisis Data

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis hasil penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Untuk melihat pengaruh temperatur terhadap fluktuasi konsentrasi ozon dibuat grafik konsentrasi ozon vs temperatur dengan plot nilai konsentrasi ozon dan temperatur perjam, menggunakan *Ms.Excel* dengan *Scatter Chart*. Untuk memperoleh keterkaitan atau hubungan antara ozon dan temperatur permukaan, dari konsentrasi ozon perjam Kototabang (data 2005-2010) dengan temperatur permukaan, dicari korelasinya, sehingga dapat diketahui besarnya nilai regresinya. Sebagai contoh konsentrasi ozon jam 01.00 tanggal 1 Januari 2005 dengan temperatur permukaan jam 01.00 tanggal 1 Januari 2005, demikian pula untuk tahun-tahun lainnya.
2. Analisis regresi akan memberikan nilai seberapa besar hubungan yang terjadi antara variabel ozon dan parameter meteorologi, yaitu dengan menggunakan analisis regresi metode kuadrat terkecil. Analisis regresi dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*Least Square Method*) merupakan salah satu cara untuk menggambarkan garis regresi menggunakan rumus garis linier dengan perhitungan matematik yang ditunjukkan pada persamaan (2),

$$Y = bX + a \tag{2}$$

dengan  $Y$  adalah variabel dependen,  $X$  adalah variabel independen,  $a$  adalah perpotongan antara garis regresi dengan sumbu  $Y$ , dan  $b$  adalah koefisien regresi yang merupakan arah garis regresi dan menunjukkan besarnya perubahan variabel independen yang mengakibatkan perubahan pada variabel dependen.

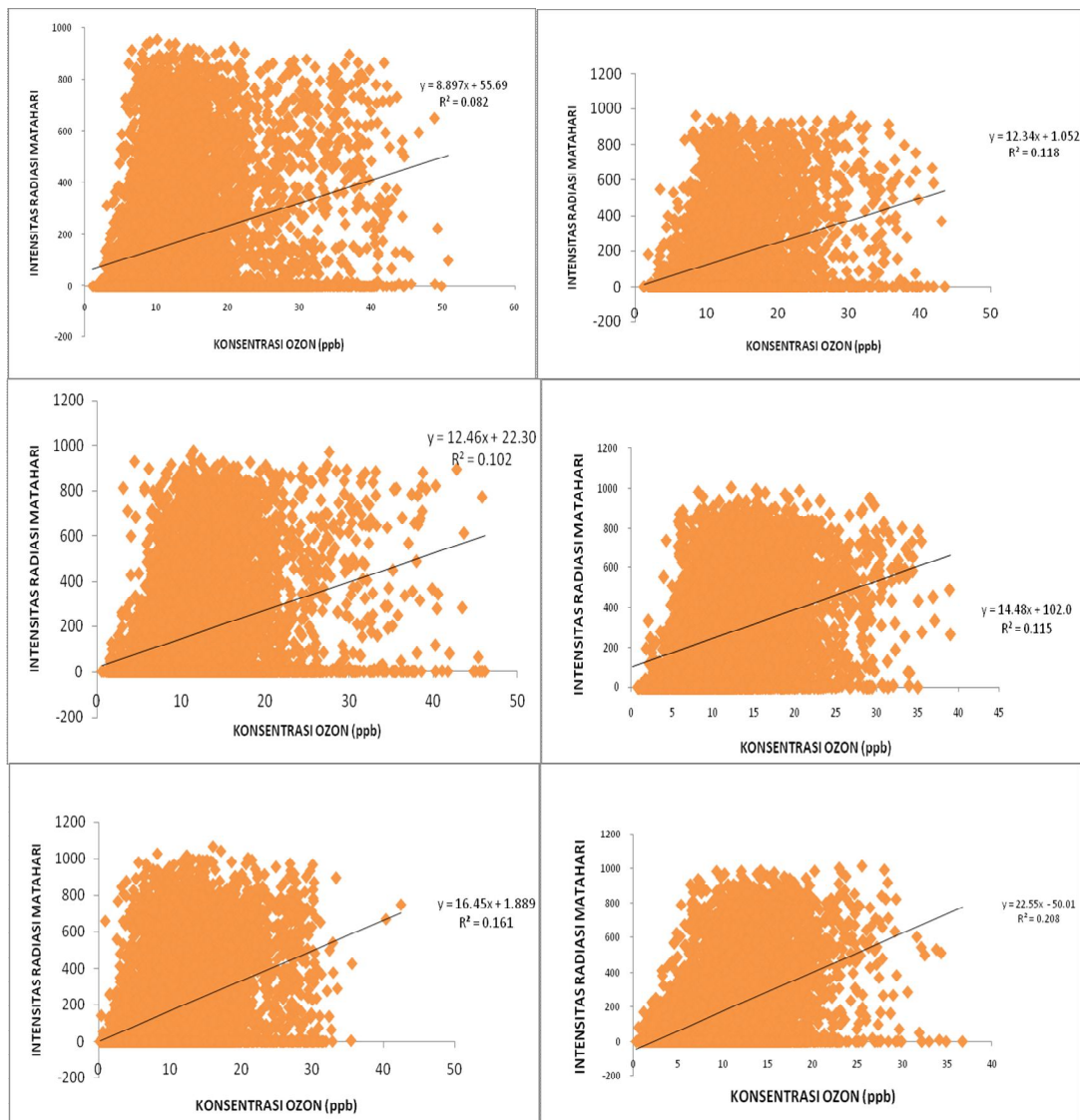
3. Dengan menggunakan *Mc.Excel* (*Scatter Chart*), diperoleh nilai  $R^2$  yang disebut sebagai koefisien determinasi. Model regresi yang baik, salah satunya ditandai oleh tingginya koefisien determinasi  $R^2$  atau  $R^2_{adj}$  (<http://oc.its.ac.id/>).  $R^2$  biasanya dinyatakan dalam %, yang menyatakan kontribusi regresi. Makin besar nilai  $R^2$ , makin besar pula kontribusi atau peranan suatu variabel terhadap variabel lain. Sebagai contoh pada penelitian ini, semakin besar nilai  $R^2$  pada plot grafik ozon vs kelembaban udara, maka semakin besar pula pengaruh kelembaban udara terhadap konsentrasi ozon. Biasanya model regresi dengan nilai  $R^2$  sebesar 70% atau lebih dianggap cukup baik, meskipun tidak selalu berlaku demikian.

Hal yang sama juga dilakukan untuk mencari hubungan kelembaban udara dengan konsentrasi ozon, serta hubungan intensitas radiasi matahari dengan konsentrasi ozon.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Hubungan Konsentrasi Ozon dengan Intensitas Radiasi Matahari Global

Data intensitas radiasi matahari yang digunakan adalah data intensitas radiasi matahari global di Bukit Kototabang tahun 2005-2010, dimana intensitasnya mencakup spektrum UV-A, UV-B, dan UV-C.



Gambar 2 Grafik radiasi matahari vs ozon tahun 2005-2010

Gambar 2 adalah grafik hubungan konsentrasi ozon dengan intensitas radiasi matahari tahun 2005-2010. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dari setiap grafik juga terdapat pada Tabel 1, yang menunjukkan seberapa besar hubungan antara intensitas radiasi matahari mempengaruhi tingkat konsentrasi ozon permukaan.

Tabel 1 Nilai koefisien determinasi antara konsentrasi ozon dengan intensitas radiasi matahari tahun 2005-2010

Tahun	$R^2$	Persentase
2005	0,082	8,2 %
2006	0,118	11,8 %
2007	0,102	10,2 %
2008	0,115	11,5 %
2009	0,161	16,1 %
2010	0,208	20,8 %

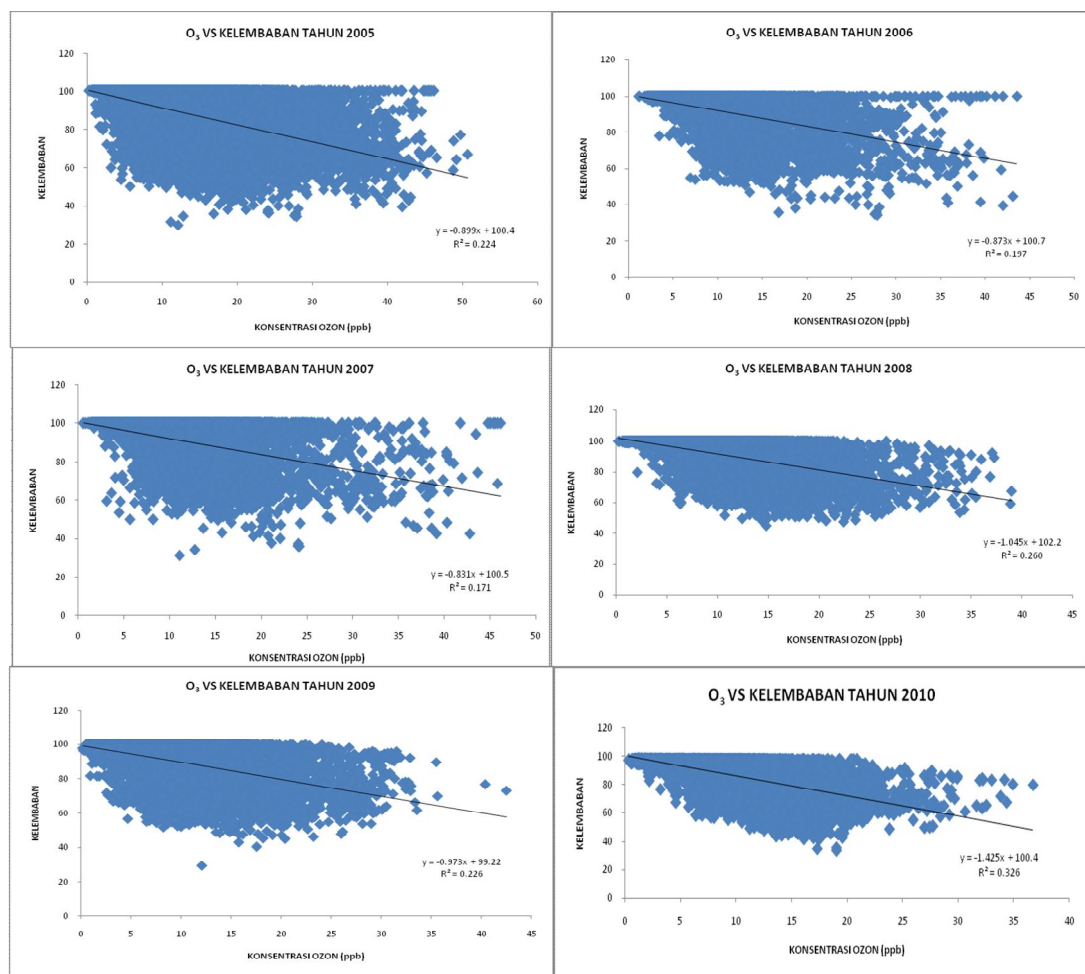
Dari Tabel 1 terlihat bahwa semenjak tahun 2005 sampai 2010 terjadi peningkatan nilai  $R^2$  antara konsentrasi ozon dengan intensitas radiasi matahari, dengan nilai maksimum pada tahun 2010 yaitu  $R^2=0,208$ . Nilai minimum sepanjang tahun 2005-2010 terjadi pada tahun 2005

dengan  $R^2=0,082$ , atau 8,2 % konsentrasi ozon di tahun 2005 di pengaruhi oleh besarnya intensitas radiasi matahari. Nilai koefisien determinasi antara konsentrasi ozon dengan intensitas radiasi matahari di Bukit Kototabang selama tahun 2005-2010 berada pada rentang nilai 8,2-20,8%.

Berdasarkan Gambar 2 diperoleh korelasi positif antara intensitas radiasi matahari dengan konsentrasi ozon permukaan. Hal ini berarti peningkatan intensitas radiasi matahari juga akan menyebabkan meningkatnya konsentrasi ozon permukaan di Bukit Kototabang selama periode pengamatan tahun 2005-2010.

### 3.2 Hubungan Konsentrasi Ozon dengan Kelembaban Udara

Korelasi atau hubungan konsentrasi ozon troposfer dengan kelembaban udara di Kototabang tahun 2005-2010 dapat dilihat pada Gambar 3, berdasarkan nilai koefisien determinasi persamaan garis linier plot konsentrasi ozon dengan temperatur permukaan per-jam setiap tahunnya sepanjang tahun 2005-2010.



Gambar 3 Grafik kelembaban udara vs ozon tahun 2005-2010

Dari Gambar 3 dapat dilihat korelasi ozon dengan kelembaban udara tahun 2005-2010 di Kototabang memiliki korelasi negatif seperti yang terlihat pada gambar, bahwa garis linier bergerak dari kiri atas ke kanan bawah. Hal ini berarti peningkatan kelembaban udara akan menyebabkan menurunnya konsentrasi ozon. Nilai koefisien determinasi konsentrasi ozon dengan kelembaban udara di Bukit Kototabang selama tahun 2005-2010 dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa nilai  $R^2$  maksimum terjadi pada tahun 2010 sebesar 32,6%, dan minimum pada tahun 2007 yaitu sebesar 17,1%. Sepanjang data tahun 2005-2010,

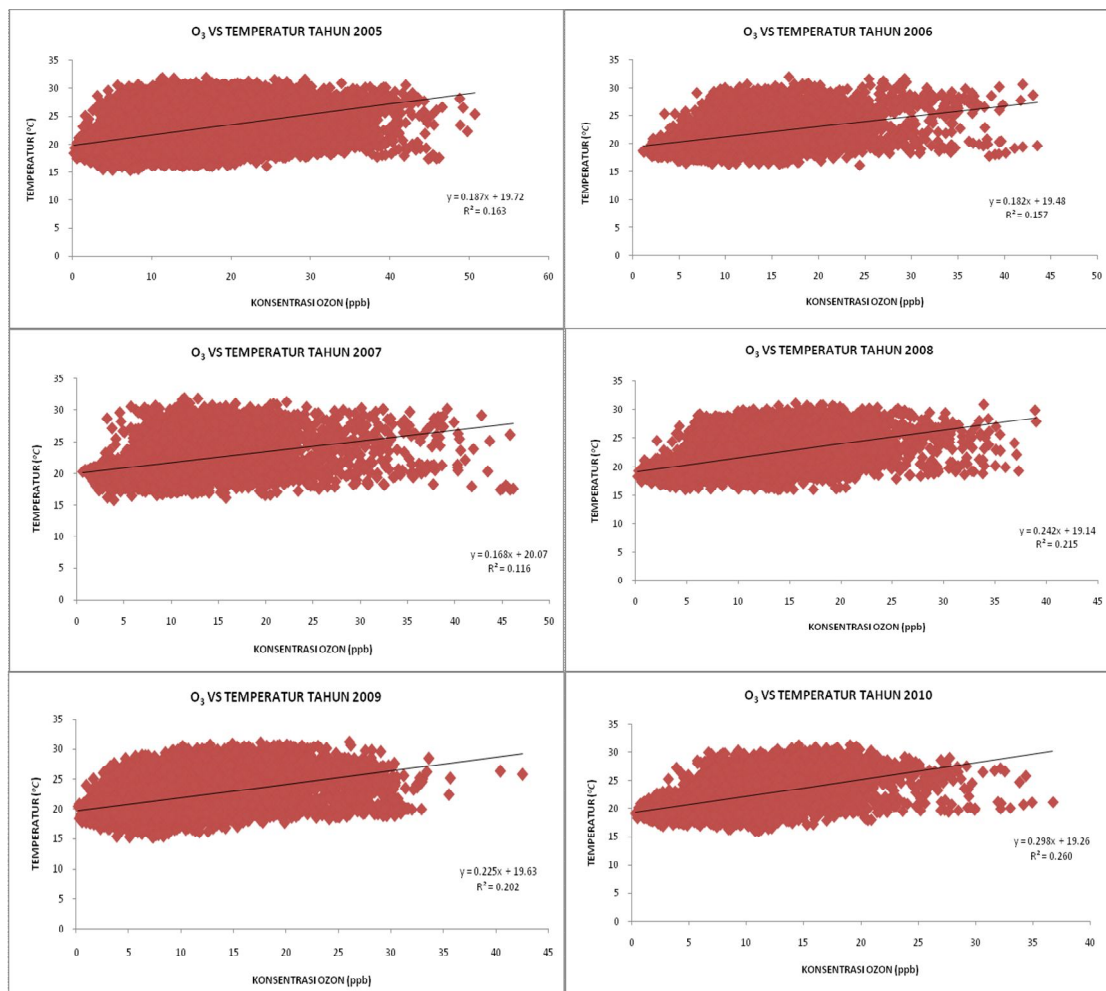
nilai koefisien determinasi  $R^2$  antara konsentrasi ozon dengan kelembaban udara berada pada rentang 17,1% - 32,6% .

Tabel 2 Nilai koefisien determinasi antara konsentrasi ozon dengan kelembaban udara tahun 2005-2010

Ozon vs RH	$R^2$	Persentase
2005	0,224	22,4 %
2006	0,197	19,7 %
2007	0,171	17,1 %
2008	0,260	26,0 %
2009	0,226	22,6 %
2010	0,326	32,6 %

### 3.3 Hubungan Konsentrasi Ozon dengan Temperatur Permukaan

Korelasi konsentrasi ozon dengan temperatur permukaan dapat dilihat pada Gambar 4 atau Tabel 3 berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) plot konsentrasi ozon dengan temperatur permukaan di Kototabang tahun 2005-2010.



Gambar 4 Grafik temperatur vs ozon tahun 2005-2010

Dari Tabel 3 dapat dilihat korelasi ozon dengan temperatur permukaan tahun 2005-2010 di Kototabang memiliki nilai  $R^2$  minimum pada tahun 2007 yaitu sebesar 11,6% dan maksimum



pada tahun 2010 sebesar 26,0%. Korelasi ozon dengan temperatur bernilai positif, artinya kenaikan temperatur sebanding dengan kenaikan konsentrasi ozon.

Tabel 3 Nilai koefisien determinasi antara konsentrasi ozon dengan temperatur permukaan di kototabang tahun 2005-2010

O <sub>3</sub> vs T	R <sup>2</sup>	Persentase
2005	0,163	16,3 %
2006	0,157	15,7 %
2007	0,116	11,6 %
2008	0,215	21,5 %
2009	0,202	20,2 %
2010	0,260	26,0 %

Hal ini sesuai dengan sifat ozon yang memiliki kemampuan dalam menyerap radiasi infra merah yang diemisikan oleh permukaan bumi yang dapat menyebabkan terperangkapnya panas di troposfer. Sehingga meningkatnya konsentrasi ozon di troposfer (ozon permukaan) dapat memanaskan permukaan bumi atau meningkatkan temperatur di permukaan bumi.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa fluktuasi konsentrasi ozon mengikuti pola intensitas radiasi matahari dan temperatur permukaan, serta berbanding terbalik dengan kelembaban udara. Semakin tinggi intensitas radiasi matahari, semakin tinggi konsentrasi ozon. Kenaikan temperatur juga sebanding dengan kenaikan konsentrasi ozon. Sedangkan semakin tinggi kelembaban udara, konsentrasi ozon semakin rendah. Faktor meteorologi yang paling besar hubungannya dengan konsentrasi ozon berdasarkan analisis nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yaitu temperatur permukaan, dengan  $R^2$  maksimum sebesar 26,0 pada tahun 2006.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, F. dan Setiawan, B. 2008. Analisis Konsentrasi ozon permukaan Bukit Kototabang Periode April-Juni 2008. Buletin Pengamatan Atmosfer Global Bukit Kototabang. Volume 3, Agustus 2008.
- Neiburger, M., Edinger, J. G., Bonner, W. D. 1982. Understanding our atmospheric environment, Second Edition. W.H. Freeman and Company. New York and Oxford.
- Roosita, H. 2007. Memprakirakan Dampak Lingkungan Kualitas Udara. Deputi Bidang Tata Lingkungan – Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Sinambela, W., Musafar, M.L.O., dan Kaloka, S. 2006. Hubungan Variasi Radiasi Ultraviolet Matahari di Permukaan Bumi dan Variasi Aktivitas Matahari Selama Fase Menurun Siklus Matahari Ke-22. LAPAN Bandung
- <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>. diakses 28 Desember 2013
- <http://oc.its.ac.id/> diakses 24 April 2014.