

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP RADIATIVE FORCING OZON (O_3) PERMUKAAN DI GLOBAL ATMOSPHERE WEATHER (GAW) STATION BUKIT KOTO TABANG

Tengku Emrinaldi¹, Sugianto², Defra Afriana Aryan³

Prodi SIFisika

Fakultas Matematika Pengetahuan Alam Universitas Riau

Kampus Bina Widya, Jl. Prof. DR. Muchtar Luthfi

Pekbaru 28293

Email : tengku_naldi@yahoo.com

Email : sugianto@unri.ac.id

ABSTRACT

The level radiative forcing of Ozon (O_3) from 2009 to 2012 at the Global Atmosphere Weather Station (GAW) Station Bukit Kototabang (Agam Regency, West Sumatra) has been analyzed using IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change) method. The results showed that the surface O_3 linearly proportional with surface O_3 radiative forcing which mean if the radiative forcing measured increase, there will be increase in temperature at Bukit Kototabang. The radiative forcing surface O_3 calculated are $0,93 \text{ Wm}^{-2}$ for 2009, $0,90 \text{ Wm}^{-2}$ for 2010, $1,05 \text{ Wm}^{-2}$ for 2011, and $1,03 \text{ Wm}^{-2}$ for 2012. The temperature difference based on IPCC method are 0,40 K to 0,60 K from 2009 to 2012, while temperature difference measured by instrumen AWS (Automatic Weather Station) are $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ to $2,4 \text{ }^\circ\text{C}$. The temperature difference measured by AWS that is influenced by radiative forcing surface O_3 was analyzed using IBM SPSS Statistics software and coefficient 0,031 is obtained which shows a low correlation about 3,1% at Bukit Kototabang. The results shows that there are some factors that influence the surface O_3 concentration toward earth surface temperature.

Keywords: Radiative forcing, Ozon, Concentration

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian analisis radiative forcing ozon (O_3) permukaan pada tahun 2009 sampai dengan tahun 2012 di Global Atmospheric Weather (GAW) Station Bukit Kototabang (Kabupaten Agam, Sumatera Barat) berdasarkan metode IPCC (Intergovernmental Panel on Climate). Konsentrasi O_3 permukaan memiliki pola kecenderungan yang sama dengan radiative forcing O_3 permukaan meningkatnya konsentrasi O_3 permukaan akan mempengaruhi radiative forcing O_3 permukaan yang mengidentifikasi terjadinya peningkatan energi bumi yang mengarah kepada pemanasan di Bukit Kototabang. Hasil perhitungan nilai radiative forcing O_3 permukaan, pada tahun 2009 diperoleh $0,93 \text{ Wm}^{-2}$, tahun 2010 diperoleh $0,90 \text{ Wm}^{-2}$, tahun 2011 mencapai $1,05 \text{ Wm}^{-2}$, kemudian pada tahun 2012 diperoleh $1,03 \text{ Wm}^{-2}$, Selisih temperatur berdasarkan metode IPCC dari tahun 2009 sampai dengan 2012 berkisar antara 0,40 K hingga 0,60 K, sedangkan melalui pengukuran Instrumen Automatic Weather Station berkisar antara $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ hingga $2,4 \text{ }^\circ\text{C}$ dan selisih temperatur berdasarkan pengukuran Automatic Weather Station yang dipengaruhi oleh radiative forcing O_3 menggunakan software IBM SPSS STATISTICS 19 diperoleh koefisien regresi linier 0,031 yang mengidentifikasi korelasi yang rendah antara radiative forcing O_3 permukaan dengan selisih temperatur Automatic Weather Station sebesar 3,1% di Bukit Kototabang, hasil ini menunjukkan bahwa ada beberapa substansi atau faktor lain yang mempengaruhi konsentrasi O_3 permukaan terhadap temperatur permukaan bumi.

Kata Kunci: Radiative Forcing, Ozon, konsentrasi

PENDAHULUAN

Masalah global yang dihadapi dunia sekarang ini adalah O₃(ozon) yang mendekati permukaan bumi, merupakan sebuah masalah yang semakin serius karena O₃ merupakan oksidan potensial. Pada musim panas, ground level ozon bisa menjadi semakin rendah, sehingga memperburuk kondisi-kondisi pada kehidupan di bumi. (Soetrisno, 2008)

Bertambahnya konsentrasi gas rumah kaca dalam hal ini O₃ permukaan, akan mengakibatkan sebagian besar polutan terkumpul dilapisan troposfer yang dapat mengganggu keseimbangan radiasi dalam mengabsorpsi dari radiasi gelombang panjang dari bumi oleh atmosfer sehingga merubah keseimbangan radiasi bumi maka terjadilah perubahan jumlah energi radiasi yang masuk dan keluar di lapisan tropopause dinyatakan dengan *radiative forcing*.

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kecenderungan konsentrasi dan nilai *radiative forcing* O₃ permukaan berdasarkan metode IPCC di Bukit Kototabang pada tahun 2009 – 2012 dan menentukan selisih temperatur yang dipengaruhi oleh *radiative forcing* O₃ permukaan dengan metode IPCC di Bukit Kototabang pada tahun 2009 – 2012.

LANDASAN TEORI

Atmosfer

Permukaan bumi terdiri dari daratan sekitar 30% sedangkan lautan sekitar 70% dari luas permukaan bumi, yang di huni oleh manusia, tumbuhan, dan hewan. Atmosfer terisi partikel-partikel halus dan ringan dari tiga unsur yakni gas (udara kering dan uap air), cairan (butir-butir air atau awan) dan aerosol (bahan padatan misalnya debu).

Radiasi

Radiasi adalah suatu pancaran energi akibat osilasi cepat medan elektromagnetik. Hubungan energi (E) terhadap panjang gelombang dengan frekuensi ν yang dinyatakan dalam persamaan (1) dimana h merupakan konstanta planck ($6,63 \times 10^{-34}$ J.s) (Agus Purwanto, 2006).

$$E = h \nu \quad (1)$$

Persamaan (1) menunjukkan bahwa tingkat energi oleh suatu spektrum akan semakin tinggi bila panjang gelombang semakin pendek. Jumlah energi yang dipancarkan setiap benda berbanding lurus dengan pangkat empat suhu permukaannya dinyatakan dalam persamaan hukum Stefan-Boltzman

$$R = \epsilon \sigma T_s^4 \quad (2)$$

Persamaan (2) dimana R merupakan pancaran radiasi ($\text{Wm}^{-2} = \text{Jm}^{-2}\text{s}^{-1}$), ϵ merupakan konstanta emisivitas ($0 \leq \epsilon \leq 1$), σ merupakan konstanta Stefan-

Boltzman ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$), T_s merupakan suhu absolut (273 K).

Radiasi Matahari

Radiasi matahari sebagai pengendali iklim dan cuaca yang mempunyai suhu permukaan $\pm 5800 \text{ K}$, radiasi matahari yang sampai di atmosfer atau menuju di permukaan bumi merupakan energi utama dalam siklus cuaca termasuk persebaran polutan di atmosfer.

Radiasi Bumi

Alur radiasi matahari ke bumi, dimana tidak semua radiasi matahari diserap oleh bumi, penyerapan tersebut bergantung pada luas penampang bumi (πR_E , dimana R_E adalah jari-jari bumi, $6,4 \times 10^6 \text{ m}$), jarak matahari ke bumi $\pm 148 \times 10^6 \text{ km}$, radiasi matahari relatif pendek berkisar $0,5 \mu\text{m}$, kemampuan bumi memantulkan sebagian radiasi ke angkasa dikenal reflektivitas bumi karena panjang gelombang bumi relatif panjang disebut gelombang panjang.

Bila F_s dinyatakan fluks radiasi matahari yang diterima bumi, maka energi radiasi yang diserap bumi sebesar E_2 dinyatakan dengan persamaan (3)

$$E_2 = \pi R_E^2 F_s (1-\alpha) \quad (3)$$

Berdasarkan persamaan (4) bumi meradiasikan kembali sebagian dari energi

yang diserap ke angkasa E_3 dengan konstanta emisivitas relatif (ϵ).

$$E_3 = 4\pi R_E^2 \epsilon \sigma T_E^4 \quad (4)$$

Jika bumi dalam keseimbangan termal, maka energi datang harus seimbang dengan energi radiasi yang hilang. Persamaan (5) menyatakan keseimbangan

$$E_2 = E_3 \quad \pi R_E^2 F_s (1-\alpha) = 4\pi R_E^2 \epsilon \sigma T_E^4 \quad (5)$$

Melalui persamaan (5) sehingga diperoleh temperatur efektif bumi (T_E)

$$T_E = \left[\frac{F_s (1-\alpha)}{4\epsilon\sigma} \right]^{1/4} \quad (6)$$

Jika $\alpha = 0,34$ maka solusi persamaan (6) memberikan nilai $T_E \cong 255 \text{ K}$.

Molekul Ozon di Atmosfer

Ozon (O_3) adalah suatu molekul yang terdiri dari tiga atom oksigen yang terjadi secara alami dan ditemukan pada atmosfer bumi serta sumber utama gugus OH yang reaktif, O_3 pertama kali ditemukan oleh C. F. Schonbein.

Interaksi Sinar Ultraviolet dengan Molekul Ozon

Molekul O_3 menyerap radiasi ultraviolet (UV) dengan panjang gelombang 254 nm, melalui hukum lambert (Stefan Gilge, 2006)

$$I = I_0 e^{(-K_\lambda \cdot L \cdot C)} \quad (7)$$

Dengan K_λ merupakan koefisien penyerapan pada O_3 ($cm^2 \cdot mol^{-1}$), L merupakan panjang gelombang sel (cm), C merupakan konsentrasi O_3 (ppb), I merupakan intensitas cahaya UV dari sampel dengan O_3 (gas sampel), I_0 merupakan intensitas cahaya UV dari sampel tanpa O_3 (gas referensi).

Untuk menentukan penyerapan sinar merupakan fungsi dari konsentrasi molekul O_3 yang menyerap dapat ditentukan dengan

$$c = \frac{A}{\epsilon l} \quad (8)$$

Radiative Forcing

Suhu pada permukaan bumi ditentukan oleh keseimbangan antara radiasi masuk dan keluar dilapisan tropopause, *radiative forcing* merupakan suatu ukuran kapasitas gas yang mempengaruhi keseimbangan energi, sehingga berkontribusi terhadap perubahan iklim. *Radiative forcing* bernilai positif (*feedback positive*) ketika terjadi peningkatan energi bumi yang mengarah terhadap pemanasan, sedangkan *radiative forcing* bernilai negatif (*feedback negative*) ketika terjadi penurunan energi bumi yang mengarah kepada pendinginan, dan dinyatakan dalam watt per meter kuadrat (Wm^{-2}).

Menurut Peneliti Fortunat Joos mengatakan O_3 permukaan merupakan

kategori gas rumah kaca yang akan mempengaruhi *radiative forcing*, jika peningkatan gas rumah kaca sebesar Δm akan meningkatkan koefisien penyerapan atmosfer (ΔF) disebut *radiative forcing* (ΔF) (Jacob, 1990)

$$\Delta F = \left(1 - \frac{f}{2}\right) \sigma T_s^4 - \left(1 - \frac{f + \Delta f}{2}\right) \sigma T_s^4 = \frac{\Delta f}{2} \sigma T_s^4 \quad (9)$$

Diasumsikan bahwa Δf terjadi dalam suatu waktu. Keseimbangan akan diperoleh dengan peningkatan ΔT_s dari posisi awal. Berdasarkan persamaan (5) diperoleh keseimbangan radiasi baru sebagai berikut:

$$\left(\frac{S(1-\alpha)}{4}\right) = \left(1 - \frac{f + \Delta f}{2}\right) \sigma (T_s + \Delta T_s)^4 \quad (10)$$

Persamaan (11) digunakan untuk gangguan ΔT_s yang sangat kecil.

$$(T_s + \Delta T_s)^4 \approx T_s^4 + 4T_s^3 \Delta T_s \quad (11)$$

Untuk gangguan yang sangat kecil, persamaan (5) dan (11) disubstitusi ke Persamaan (10), sehingga diperoleh persamaan (12).

$$\Delta T_s = \frac{T_s \Delta f}{8 \left(1 - \frac{f}{2}\right)} \quad (12)$$

Dari persamaan (9) disubstitusi ke persamaan (12) sehingga diperoleh hubungan antara ΔT_s dengan ΔF . Dimana λ merupakan sensitivitas iklim akibat penyerapan energi radiasi di atmosfer.

$$\lambda = \frac{1}{4 \left(1 - \frac{f}{2}\right) \sigma T_s^3} \quad (13)$$

Untuk *radiative forcing* O₃ permukaan, dimana pembentukan O₃ ditentukan oleh polutan udara yang berasal dari antropogenik melalui reaksi fotokimia (Pozzoli, 2011).

Untuk menghitung nilai O₃ permukaan di troposfer (Dobson Unit) melalui emisi antropogenik adalah

$$(O_3)_t = O_3 + 5,0 \ln \left(\frac{CH_4(t)}{CH_4} \right) + (e^{NOx(t)} - e^{NOx}) + 0,0011 (e^{CO(x)} - e^{CO}) + 0,0033 (e^{VOC(t)} - e^{VOC}) \quad (14)$$

Dimana CH₄ (ppb), e^{NOx(t)} (Tg N/yr⁻¹), e^{CO(t)} (Tg CO/yr⁻¹), e^{VOC(t)} (Tg VOC/yr⁻¹) merupakan emisi antropogenik.

Berdasarkan metode IPCC untuk menghitung *radiative forcing* O₃ permukaan adalah:

$$0,042 \text{ Wm}^{-2}/\text{DU} \times (O_3)_t + 0,38 \text{ Wm}^{-2} \quad (15)$$

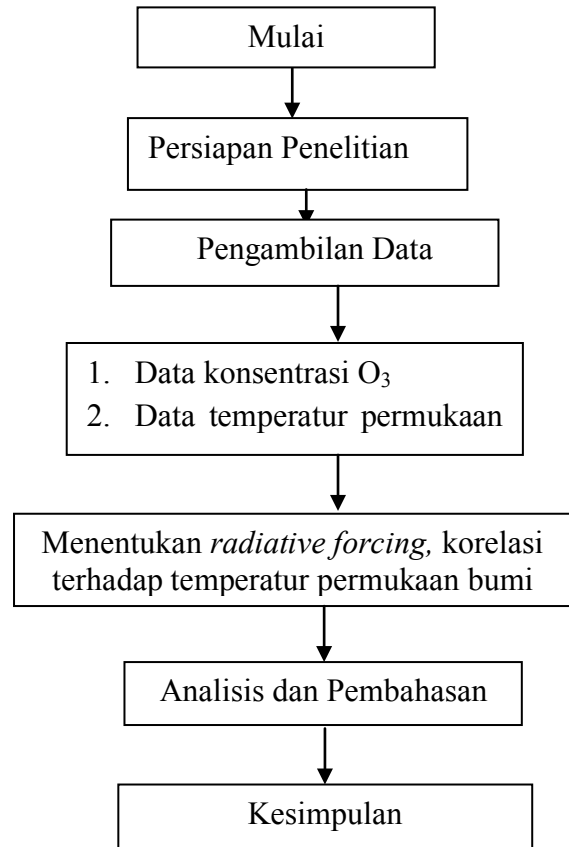
Berdasarkan metode IPCC melalui persamaan (12) digunakan untuk menentukan selisih temperatur permukaan bumi dipengaruhi oleh *radiative forcing* O₃ permukaan

$$\lambda T_s = \lambda \Delta F \quad (16)$$

Dimana λT_s adalah selisih temperatur permukaan bumi, λ adalah sensitivitas iklim dengan nilai 0,5 K/(Wm⁻²).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah interpretasi data dengan prosedur penelitian yang dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1 : Bagan Alir Penelitian

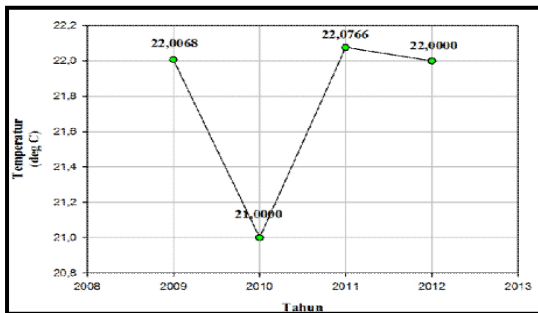
Pengukuran Temperatur Permukaan Bumi

Instrumen *Automatic Weather Station* digunakan untuk memantau fisis atmosfer di Stasiun GAW Bukit Kototabang. Pada alat tersebut terdapat beberapa sensor yang dapat memantau parameter-parameter fisis atmosfer diantaranya antara lain suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, radiasi matahari, curah hujan, arah angin yang direkam

secara otomatis. AWS yang digunakan adalah AWS 201 tipe *vaisala* dengan lengan dan ketinggian yang berbeda-beda, tiga kaki AWS dengan konfigurasi program *base windows* disebut *lizard*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecenderungan Konsentrasi Ozon Permukaan di Bukit Kototabang Tahun 2009 - 2012



Gambar 2. Konsentrasi rata-rata tahunan ozon permukaan di Bukit Kototabang tahun 2009 – 2012

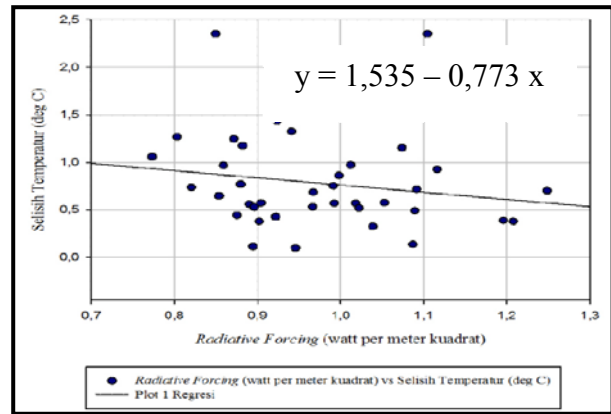
Berdasarkan gambar 2 menjelaskan konsentrasi rata-rata tahun O₃ permukaan tahun 2009 sampai dengan 2011. Melalui gambar 2 dapat dilihat pada tahun 2011 meningkat dari tahun sebelum dan sesudahnya dengan nilai 22,07 °C, hal ini disebabkan beberapa faktor antara lain meningkatnya aktivitas dari penduduk kototabang serta arah angin memiliki arti penting dalam mempengaruhi pengukuran konsentrasi O₃ permukaan.

Uji Statistik

Korelasi Radiative Forcing Ozon permukaan dengan Selisih Temperatur

Bukit Kototabang Instrumen AWS

Tahun 2009 – 2012



Gambar 3. Plot regresi hubungan radiative forcing O₃ permukaan dengan selisih temperatur Instrumen AWS (*Automatic Weather Station*) tahun 2009 – 2012

Gambar 3 menampilkan korelasi radiative forcing O₃ permukaan dengan selisih temperatur permukaan pada tahun 2009 – 2012. Berdasarkan uji statistik melalui software *IBM SPSS STATISTICS 19* didapat nilai sigma $0,28 < 0,5$, hasil ini mengidentifikasi hubungan lemah. Nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0,031 yang mengartikan bahwa radiative forcing O₃ permukaan mempengaruhi selisih temperatur di Bukit Kototabang sebesar 3,1%.

KESIMPULAN

1. Radiative forcing O₃ permukaan dari tahun 2009 sampai 2011 mengalami peningkatan dari 0,93 Wm⁻², 0,90 Wm⁻², 1,05 Wm⁻² setiap tahun kecuali pada tahun 2012 diperoleh (1,03 Wm⁻²),

peningkatan ini disebabkan meningkatnya nilai konsentrasi O_3 permukaan.

2. Konsentrasi O_3 permukaan memiliki tingkat kecenderungan yang sama dengan nilai *radiative forcing* O_3 permukaan. Kenaikan *radiative forcing* O_3 permukaan berbanding lurus dengan kenaikan nilai konsentrasi O_3 permukaan dan sebaliknya penurunan *radiative forcing* O_3 berbanding lurus dengan menurunnya nilai konsentrasi O_3 permukaan.
3. Dari uji statistik korelasi regresi *radiative forcing* O_3 permukaan dengan temperatur diperoleh 0,031, hal ini mengidentifikasi korelasi yang lemah bahwa *radiative forcing* O_3 permukaan mempengaruhi temperatur sebesar 3,1%.

DAFTAR PUSTAKA

- Gilge, Stefan, *Measurement Techniques of Surface Ozone*, vol.2.1/04.06/17.
- Jacob, Daniel, J, 1999. *Introduction to Atmospheric Chemistry*. New Jersey: Princeton University Press.
- Pozzoli, dkk, *Re-analysis of tropospheric sulfate aerosol and ozone for the period 1980–2005 using the aerosol-chemistry-climate model ECHAM5-*

HAMMOZ. Melalui www.atmos-chem-phys.net [Maret/03/12].

Purwanto, Agus, 2006. *Fisika Kuantum*. Gavamedia: Yogyakarta.

Soetrisno, *Peringatan Polusi Ozon Global*. Melalui <http://www.chemistry.org> [April/02/12].