



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**ANALISIS KOSENTRASI DAN RADIATIVE FORCING MOLEKUL  
METANA (CH<sub>4</sub>) DI BUKIT KOTOTABANG PADA TAHUN  
2004-2009**

**SKRIPSI**



**ADI SATRA  
06135042**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU  
PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG  
2010**

SKRIPSI

ANALISIS KONSENTRASI DAN *RADIATIVE FORCING* MOLEKUL  
METANA DI BUKIT KOTOTABANG PADA TAHUN 2004 – 2009.

Yang disusun oleh :

Adi Sastra  
06135042

telah dipertahankan didewan penguji  
pada tanggal 24 November 2011  
dan dinyatakan telah lulus memenuhi syarat

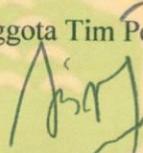
susunan Tim Penguji :

Pembimbing Utama

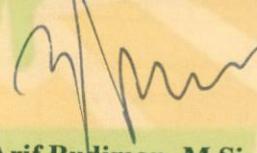


Dwi Pujiastuti, M.Si  
NIP.196908021994122002

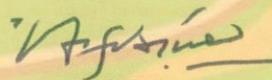
Anggota Tim Penguji Lain



Sri Handani, M.Si  
NIP. 196907141995122001



Arif Budiman, M.Si  
NIP.197311141999031004

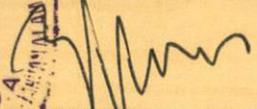


Afdal, M.Si  
NIP.197601062000031001

Padang, Januari 2011

Ketua Jurusan Fisika  
FMIPA Universitas Andalas



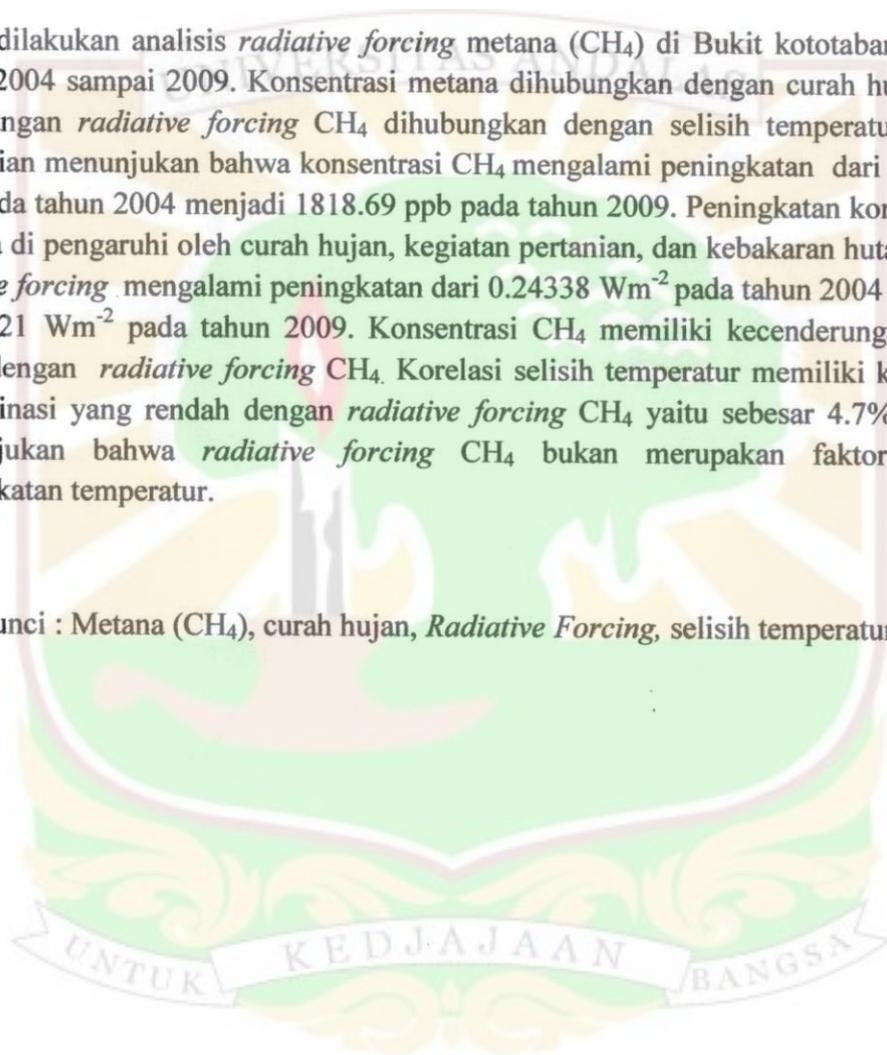
  
Arif Budiman, M.Si  
NIP.197311141999031004

ANALISIS KONSENTRASI DAN *RADIATIVE FORCING* METANA (CH<sub>4</sub>)  
DI BUKIT KOTOTABANG PADA TAHUN 2004 – 2009

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis *radiative forcing* metana (CH<sub>4</sub>) di Bukit kototabang, pada tahun 2004 sampai 2009. Konsentrasi metana dihubungkan dengan curah hujan dan perhitungan *radiative forcing* CH<sub>4</sub> dihubungkan dengan selisih temperatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi CH<sub>4</sub> mengalami peningkatan dari 1810.01 ppb pada tahun 2004 menjadi 1818.69 ppb pada tahun 2009. Peningkatan konsentrasi metana di pengaruhi oleh curah hujan, kegiatan pertanian, dan kebakaran hutan. Nilai *raditive forcing* mengalami peningkatan dari 0.24338 Wm<sup>-2</sup> pada tahun 2004 menjadi 0.246221 Wm<sup>-2</sup> pada tahun 2009. Konsentrasi CH<sub>4</sub> memiliki kecenderungan yang sama dengan *radiative forcing* CH<sub>4</sub>. Korelasi selisih temperatur memiliki koefisien determinasi yang rendah dengan *radiative forcing* CH<sub>4</sub> yaitu sebesar 4.7% hal ini menunjukkan bahwa *radiative forcing* CH<sub>4</sub> bukan merupakan faktor utama peningkatan temperatur.

Kata kunci : Metana (CH<sub>4</sub>), curah hujan, *Radiative Forcing*, selisih temperatur

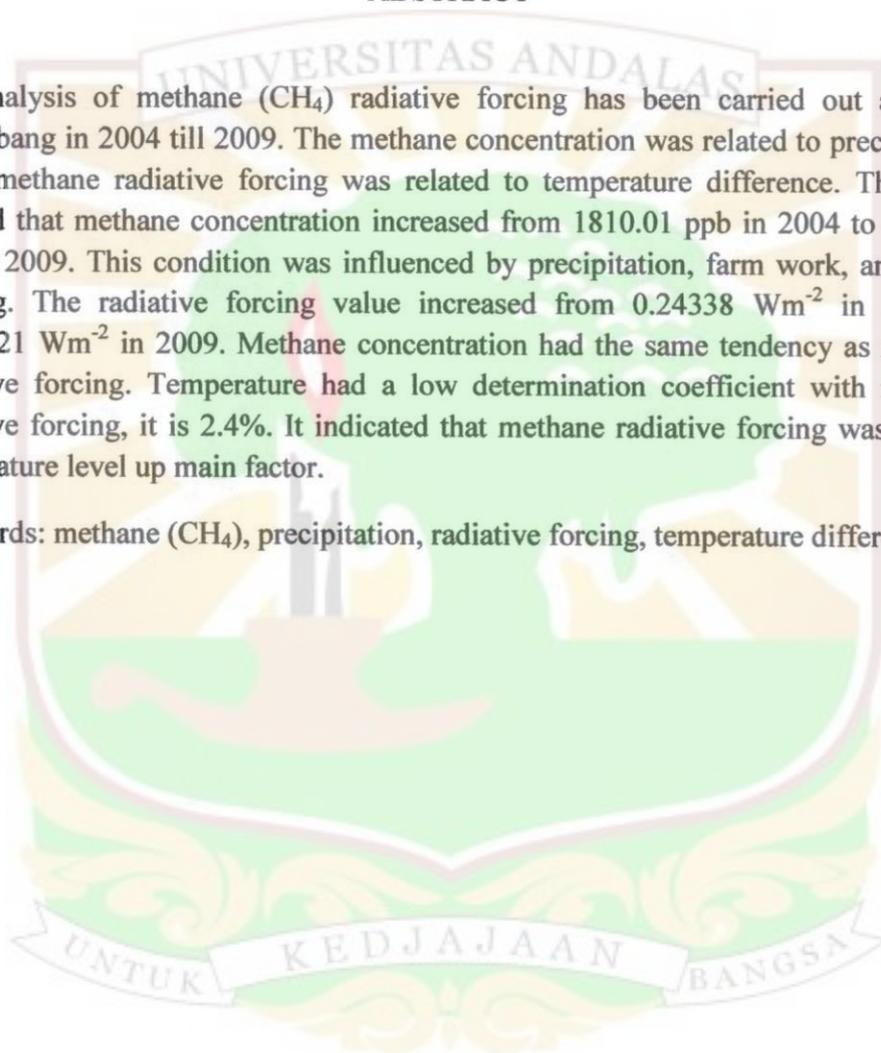


METHANE(CH<sub>4</sub>) RADIATIVE FORCING AND CONCETRATION ANALYSIS  
AT BUKIT KOTOTABANG  
IN 2004-2009

ABSTRACT

The analysis of methane (CH<sub>4</sub>) radiative forcing has been carried out at Bukit Kototabang in 2004 till 2009. The methane concentration was related to precipitation while methane radiative forcing was related to temperature difference. The result showed that methane concentration increased from 1810.01 ppb in 2004 to 1818.69 ppb in 2009. This condition was influenced by precipitation, farm work, and forest burning. The radiative forcing value increased from 0.24338 Wm<sup>-2</sup> in 2004 to 0.246221 Wm<sup>-2</sup> in 2009. Methane concentration had the same tendency as methane radiative forcing. Temperature had a low determination coefficient with methane radiative forcing, it is 2.4%. It indicated that methane radiative forcing was not the temperature level up main factor.

Keywords: methane (CH<sub>4</sub>), precipitation, radiative forcing, temperature difference



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena tidak lepas dari segala rahmat dan bantunNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *ANALISIS KONSENTRASI DAN RADIATIVE FORCING MOLEKUL METANA DI BUKIT KOTOTABANG PADA TAHUN 2004-2009*. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Rasulullah SAW, keluarganya, sahabat-sahabatnya, dan semoga juga tercurah pada kita semua.

Skripsi ini disusun untk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelas Sarjana Sain (S.Si) Program Studi Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas. Melalui tulisan ini penulisan mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membentuk sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menggunakan terima kasih kepada :

1. Ibu, Ayah dan Adik-adik yang selalu member dukungan penuh kepada penulisan dalam menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir di Jurusan Fisika FMIPA Univesitas Andalas.
2. Ibu Dwi Pujiastuti, M.Si sebagai Pembimbing Tugas Akhir yang selalu membantu penulis dalam masalah-masalah menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Afhdal Muttaqin H.S, M.Si sebagai Pembimbing Akademis yang membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.

4. Bapak Arif Budiman, M.Si (juga selaku ketua Jurusan Fisika), Bapak Afdal, dan Ibu Sri Handani (Selaku Ketua Penguji) sebagai dosen penguji yang telah memberikan saran-saran sehingga pengerjaan penelitian dan penulisan skripsi penulis menjadi lebih baik.
  5. Semua dosen di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas yang secara tidak langsung memberik motivasi kepada penulis untuk terus semangat mencari ilmu.
  6. Pihak GAW (Global Atmosphere Watch) yang telah member izin dan bantuan kepada penulis dalam proses pengambilan data.
  7. Sahabat-sahabat Penulis (Rizka, Tiara, Pipi, Mufti, Rico, Andy, Denny, Firman, dan Aditya) yang telah menemani dan memberikan bantuan kepada penulis sejak awal kuliah sampai sekarang.
  8. Teman (Bohongan) Rina, Wezi yang telah memberi semangat.
  9. Semua Pihak yang telah membantu perjuangan penulis selama menjalankan kuliah di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas.
- Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat dilanjutkan bagi perkembangan ilmu pengetahuan ke depan dan juga bagi masyarakat.

Padang, Januari 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACK.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>ix</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
 <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Radiasi .....	4
2.2 Radiasi Matahari.....	5
2.3 Radiasi Bumu.....	6
2.4 Gas Rumah Kaca .....	10
2.5 Metana di Atmosfer .....	11
2.6 Vibrasi Molekul.....	12
2.7 <i>Radiative Forcing</i> .....	18
2.8 <i>Analyze Piccaro Model G1301 dan Airket Flask Sampler</i> .....	22
2.9 <i>Instumen Automatic Weather Station (AWS)</i> .....	24

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Tempat Penelitian .....	27
3.2 Pengambilan Data .....	28
3.2.1 Data Konsentrasi Metana .....	28
3.2.2 Data Temperatur dan Data Curah Hujan .....	28
3.3 Pengolahan Data .....	29
3.3.1 Data Konsentrasi Metana .....	29
3.3.2 Data Temperatur .....	29
3.3.3 Data Curah Hujan .....	30

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Metana (CH <sub>4</sub> ) .....	31
4.1.1 Kecenderungan Konsentrasi Bulanan Metana Bukit Kototabang Tahun 2004 – 2009 .....	31
4.1.2 Hubungan Konsentrasi Metana dengan Curah Hujan Di Bukit Kototabang Tahun 2004-2009. ....	34
4.1.3 Hubungan Konsentrasi Metana dengan Kegiatan Pertanian .....	36
4.1.4 Konsentrasi Tahunan Metana di Bukit Kototabang Tahun 2004 – 2009 .....	38
4.2 <i>Radiative Forcing</i> metana Tahun 2004 – 2009 .....	39
4.3 Selisih Temperatur Bukit Kototabang Instrumen AWS Tahun 2004 – 2009 .....	41
4.4 Korelasi <i>Radiative Forcing</i> Metana dengan Selisih	

Temperatur di Bukit Kototabang tahun 2004 – 2009 ..... 42

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan ..... 43

5.2 Saran ..... 44

**DAFTAR KEPUSTAKAAN ..... 45**

**LAMPIRAN ..... 47**



## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Spektrum gelombang elektromagnetik.....	4
Gambar 2.2 Siklus keseimbangan panas bumi.....	7
Gambar 2.3 Alur radiasi dari matahari ke bumi.....	8
Gambar 2.4 Molekul metana.....	11
Gambar 2.5 Sumber emisi metana.....	12
Gambar 2.6 Konsentrasi metana NOAA.....	13
Gambar 2.7 Berkas radiasi elektromagnetik.....	14
Gambar 2.8 Pemisalan molekul diatomik oleh Hooke.....	15
Gambar 2.8 Contoh dari vibrasi molekul seimetri dan asimetri.....	17
Gambar 2.9 Contoh dari vibrasi bengkokan.....	18
Gambar 2.10 Komponen <i>radiative forcing</i> yang mempengaruhi iklim.....	19
Gambar 2.11 Estimasi kesetimbangan energi radiasi matahari rata-rata.....	21
Gambar 2.12 Instrumen <i>Analyzer Picaro Model G1301</i> .....	23
Gambar 2.13 Instrumen <i>Airkit Flask Sample</i> .....	24
Gambar 2.14 Instrumen <i>Automatic Weater Station (AWS)</i> .....	25
Gambar 4.1 Konsentrasi metana d atmosfer Bukit Kototabang tahun 2004-2009.....	31
Gambar 4.2 Konsentrasi metana Global.....	33
Gambar 4.3 Pola hubungan konsentrasi metana dengan curah hujan di bukit Kototabang tahun 2004 – 2009.....	36
Gambar 4.4 Fluks metana pada lima macam budidaya.....	37

Gambar 4.5 Konsentrasi tahunan metana Bukit Kototabang	
tahun 2004 – 2009.....	38
Gambar 4.7 <i>Radiative forcing</i> metana Bukit kototabang	
tahun 2004 – 2009.....	39
Gambar 4.8 Menampilkan konsentrasi metana dengan <i>radiative forcing</i> metana	
tahun 2004 – 2009.....	40
Gambar 4.9 Selisih temperatur di Bukit kototabang instrument AWS	
pada tahun 2004 – 2009.....	41
Gambar 4.10 Korelasi <i>radiative forcing</i> metana dengan selisih temperatur	
tahun 2004 – 2009.....	41



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Kebakaran Hutan.....	47
Lampiran 2 : Data Konsentrasi Metana, Temperatur, Curah Hujan.....	49
Lampiran 3 : Nilai <i>Radiative Forcing</i> metana.....	41



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Peningkatan temperatur dan perubahan iklim mendapat perhatian serius karena mempunyai pengaruh pada sistem hidrologi di bumi, yang pada gilirannya berdampak pada struktur dan fungsi ekosistem alami dan kehidupan manusia. Dampak yang mudah terlihat adalah frekuensi dan skala banjir yang besar serta musim kering yang panjang, yang terjadi di banyak bagian dunia termasuk Indonesia. Salah satu penyebabnya adalah gas rumah kaca.

Metana merupakan gas rumah kaca dan komponen utama gas alam. Metana merupakan gas rumah kaca dengan konsentrasi ke-dua setelah CO<sub>2</sub>, namun berpotensi 25 kali lebih besar dari pada CO<sub>2</sub> dalam menyebabkan pemanasan global karena dapat menurunkan kandungan oksigen di bumi (NOAA, 2010). Sejak awal revolusi industri pada pertengahan 1700-an, jumlah metana di atmosfer telah meningkat satu setengah kali lipat. Sumber emisi metana berasal dari batubara, gas alam, minyak bumi, pembusukan limbah organik di tempat pembuangan sampah (*landfill*), dan dapat dihasilkan oleh hewan-hewan tertentu, terutama sapi, sebagai produk sampingan dari pencernaan.

Laju emisi metana ke atmosfer lebih cepat dibandingkan laju emisi ke-lima gas rumah kaca lainnya seperti gas karbon dioksida, nitrous oksida, hidroflourkarbon, perflourokarbon, dan sulfur heksaflourida. Emisi gas ini akan terus meningkat dari tahun 2000 sampai 2050 (Nakicenovic, *dkk.* 2000). Akan tetapi pada periode tahun

1988 sampai 2002 konsentrasi metana cenderung turun (Dlugokencky, *dkk.*,2003). Ketidaksinambungan hasil penelitian ini disebabkan oleh salah satunya adalah emisi gas rumah kaca dari bumi yang dipengaruhi oleh gas sink di udara yaitu OH<sup>-</sup> dapat bereaksi sehingga menghasilkan hujan. Laporan IPCC tahun 1995 tentang indeks gas rumah kaca, menemukan peningkatan 20% *radiative forcing* metana dari periode pra industri 1750 hingga tahun 1995 (Myhre, 1998).

Pengukuran konsentrasi metana telah dilakukan di beberapa *Global Atmosphere Watch* (GAW) *Station* di dunia yang mewakili berbagai variasi iklim dan kondisi topografi yang ada di bumi, diantaranya adalah Mauna Loa (Amerika Serikat), Alert (Kanada), Arembepe (Brazil), Ushuaia (Argentina), Ny Alesund (Norwegia), Sodankyla dan Matorova (Finlandia), Neumayer dan Zugspitze-Tammanrasset (Algeria), Mount Kenya (Kenya), Cape Point (Republik Afrika Selatan), Amsterdam Island (Prancis), Mount Waliguan (Cina), Bukit Kototabang (Indonesia), Danum Valley (Malaysia), Minamitorishima (Jepang), Cape Grim (Australia), Lauder (Selandia Baru) (<http://gawkototababang.wordpress.com>, 2009). Penelitian ini dilakukan di *Global Atmosphere Watch* (GAW) *Station* Bukit Kototabang karena Bukit Kototabang mewakili Indonesia yang beriklim tropis dan penelitian analisis *radiative forcing* metana untuk wilayah Indonesia belum pernah dilakukan.

## 1.2 Batasan Masalah

Kecenderungan konsentrasi metana dianalisis terkait dengan pola musiman yang menggunakan data curah hujan dan menganalisis hubungan *radiative forcing* metana dengan selisih temperatur di Bukit Kototabang tahun 2004 - 2009.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Bagaimana kecenderungan konsentrasi metana dihubungkan dengan data curah hujan.
2. Bagaimana menganalisis hubungan *radiative forcing* metana dengan data selisih temperatur di Bukit Kototabang tahun 2004 - 2009.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini berguna untuk :

1. Memberikan gambaran tren konsentrasi dan nilai *Radiative forcing* metana di Bukit Kototabang.
2. Memberikan informasi perubahan temperatur dari tahun 2004 - 2009.



Kandungan energi ( $E$ ) pada suatu panjang gelombang dengan frekuensi  $\nu$  dinyatakan dengan Persamaan Planck (Persamaan 2.1) dengan  $h$  merupakan konstanta Planck yang bernilai  $6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s (Alonso dan Finn, 1992).

$$E = h\nu \quad (2.1)$$

Persamaan (2.1) menunjukkan bahwa tingkat energi yang dikandung oleh suatu spektrum akan semakin tinggi bila panjang gelombang semakin pendek. Jumlah energi yang dipancarkan oleh benda sebanding dengan pangkat empat suhu mutlaknya yang dinyatakan dengan :

$$R = \varepsilon\sigma T^4 \quad (2.2)$$

Persamaan (2.2) dikenal dengan hukum Stefan-Boltzmann (Salby, 1995) dengan  $R$  merupakan fluks radiasi ( $\text{Wm}^{-2} = \text{Jm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ),  $\varepsilon$  merupakan konstanta emisivitas yang menggambarkan kapasitas suatu benda untuk mengabsorpsi dan memancarkan radiasi ( $0 \leq \varepsilon \leq 1$ ),  $\sigma$  merupakan konstanta Stefan-Boltzmann ( $5,67032 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$ ) dan  $T$  merupakan suhu absolut ( $273 + ^\circ\text{C}$ ).

## 2.2 Radiasi matahari

Radiasi matahari merupakan sumber utama dalam proses fisika atmosfer yang menentukan keadaan cuaca dan iklim. Permukaan matahari bersuhu  $\pm 6000 \text{ K}$ , jarak dari bumi sejauh 150 juta km dan kisaran panjang gelombang  $0,5 \mu\text{m}$  (Salby, 1995). Karena panjang gelombang radiasi matahari relatif pendek, maka disebut radiasi gelombang pendek.

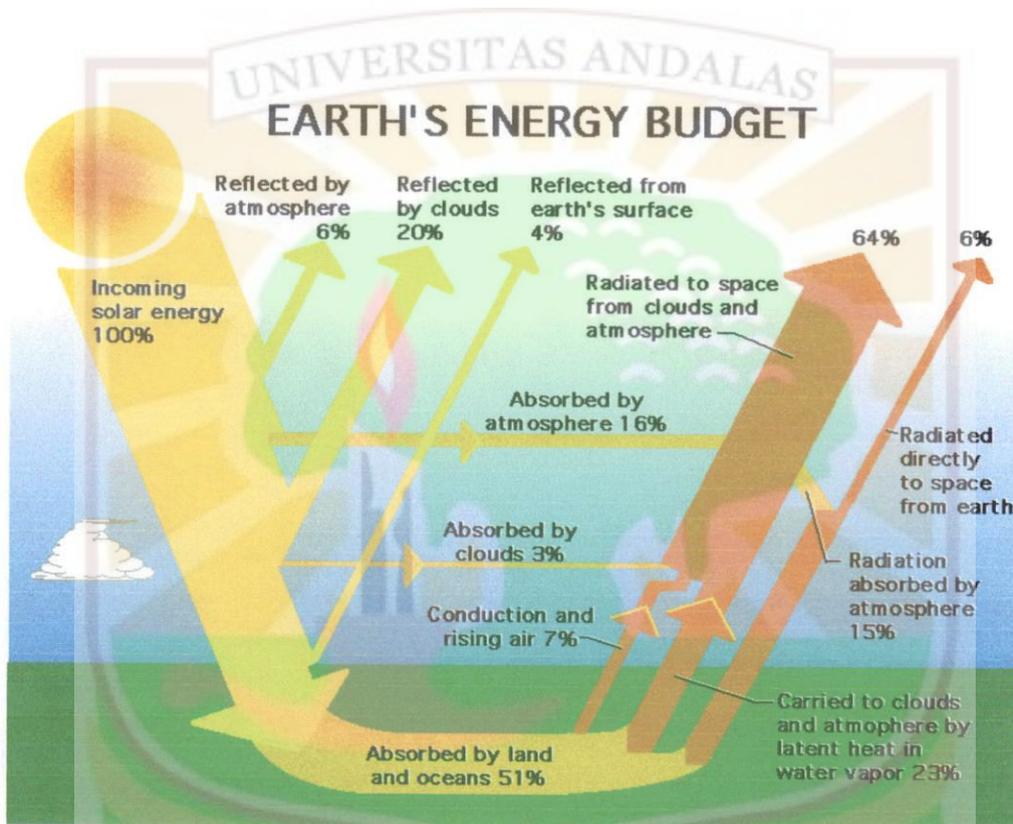
Sinar matahari yang melewati atmosfer berinteraksi dengan molekul udara dengan tiga macam interaksi, yaitu hamburan, serapan, dan pantulan. Sinar matahari dihamburkan oleh molekul di atmosfer, seolah-olah ditangkap untuk sesaat dan kemudian dilepaskan tanpa perubahan jumlah dan panjang gelombang, tetapi terburai ke segala arah. Akibatnya, sinar matahari yang ditangkap dengan cara ini hanya setengahnya yang meneruskan perjalanannya ke lapisan bawah atmosfer sementara yang separuh lagi dikirim kembali ke angkasa. Jika diameter partikel penghambur (molekul udara atmosfer) jauh lebih kecil daripada panjang gelombang radiasi yang datang, maka hamburan ini dinamakan hamburan *Rayleigh*. Saat hamburan *Rayleigh* terjadi, besarnya hamburan berbanding terbalik dengan pangkat empat dari panjang gelombang radiasi yang datang.

Ketika menyerap sinar matahari, molekul udara mengambil sebagian energi sinar matahari. Sinar matahari berupa gelombang ultraviolet (UV) yang pendek, memiliki energi tinggi dan diserap oleh molekul udara. Molekul dapat terurai (terdisosiasi) menjadi atom yang terpisah atau elektron dapat terlepas dari molekul dan membentuk ion.

### **2.3 Radiasi Bumi**

Dari siklus keseimbangan panas bumi (Gambar 2.1), energi yang mempengaruhi permukaan bumi berasal dari matahari. Dari seluruh radiasi matahari yang menuju permukaan bumi, sepertiganya dipantulkan ke angkasa oleh atmosfer.

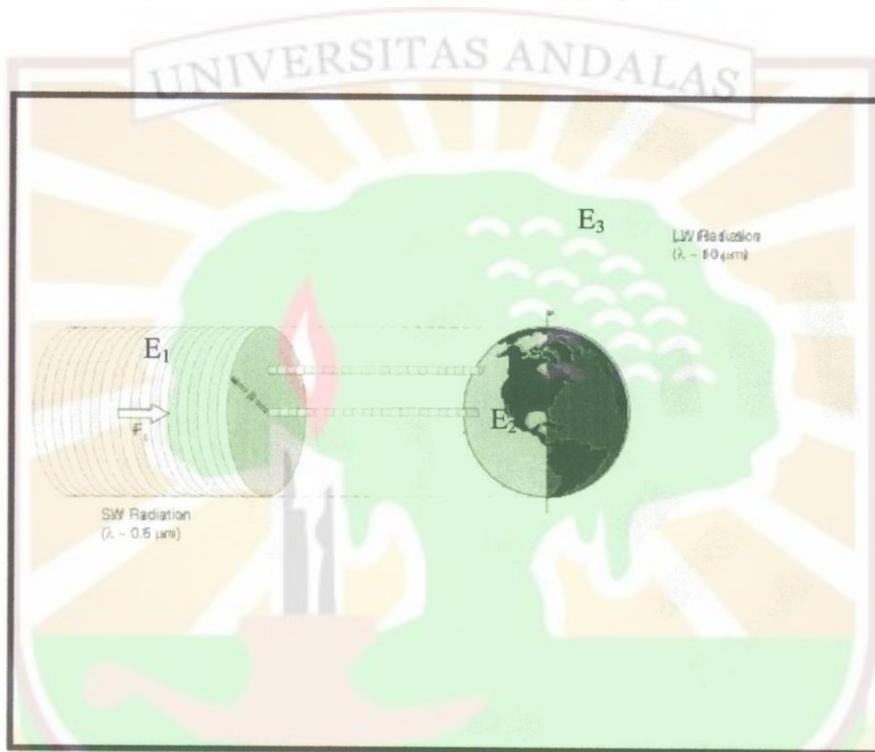
Pemantulan oleh atmosfer terjadi karena adanya awan dan partikel yang disebut aerosol. Duapertiga bagian radiasi matahari yang tidak dipantulkan diserap oleh permukaan bumi dan atmosfer (Neiburger, 1995).



Gambar 2.2 Siklus keseimbangan panas bumi  
(Sumber: science.larc.nasa.gov, 2008)

Berdasarkan Gambar (2.2) tentang alur radiasi dari matahari ke bumi, tidak semua radiasi matahari yang tertangkap oleh bumi akan diserap. Energi radiasi matahari yang diserap oleh bumi tergantung pada luas penampang bumi ( $4\pi R_E^2$ ) dengan  $R_E$  adalah jari-jari bumi, yaitu  $6,4 \times 10^6$  m. Permukaan bumi yang dipanaskan oleh radiasi matahari akan memancarkan radiasi dengan panjang gelombang sekitar

10  $\mu\text{m}$  (Salby, 1995). Kemampuan bumi untuk memantulkan sebagian radiasi ke angkasa dikenal dengan reflektivitas bumi ( $\alpha$ ). Karena panjang gelombang radiasi bumi relatif panjang maka disebut radiasi gelombang panjang.



Gambar 2.3 Alur radiasi dari matahari ke bumi  
(Sumber: Salby, 1995)

Bila  $S$  menunjukkan fluks radiasi matahari yang diterima bumi, maka energi radiasi yang diserap bumi sebesar  $E_2$  dinyatakan dengan Persamaan (2.3).

$$E_2 = \pi R_E^2 S(1 - \alpha) \quad (2.3)$$

Energi yang diradiasi tiap meter persegi permukaan bumi dinyatakan dengan persamaan Stefan-Boltzmann. Berdasarkan persamaan (2.4) bumi meradiasikan

kembali sebagian dari energi yang diserap ke angkasa sebesar  $E_3$ , dengan konstanta emisivitas relatif ( $\epsilon$ ).

$$E_3 = 4\pi R_E^2 \epsilon \sigma T_E^4 \quad (2.4)$$

Jika bumi dalam keseimbangan termal, maka energi radiasi yang datang harus seimbang dengan energi radiasi yang hilang.

Persamaan (2.5) menyatakan keseimbangan  $E_2 = E_3$ .

$$\pi R_E^2 S(1 - \alpha) = 4\pi R_E^2 \epsilon \sigma T_E^4 \quad (2.5)$$

$$\frac{S(1 - \alpha)}{4} = \epsilon \sigma T_E^4$$

Dari persamaan (2.5) dapat diperoleh temperatur efektif bumi ( $T_E$ ).

$$T_E = \left[ \frac{S(1 - \alpha)}{4\epsilon\sigma} \right]^{1/4} \quad (2.6)$$

Jika  $\alpha = 30\%$ , maka solusi Persamaan (2.6) memberikan nilai  $T_E \cong 255$  K. Kondisi ini tidak menyatakan temperatur permukaan ( $T_s$ ) bumi karena menurut pengukuran, temperatur permukaan bumi adalah  $T_s = 288$  K. Perbedaan antara  $T_E$  dan  $T_s$  disebabkan pemanasan di atmosfer yang mendorong atmosfer memancarkan dan menyerap radiasi inframerah yang dipancarkan oleh bumi. Keseimbangan radiasi dapat diubah oleh faktor-faktor seperti intensitas energi matahari, refleksi oleh awan dan gas, atau penyerapan oleh gas di atmosfer. Perubahan keseimbangan radiasi

dinyatakan dengan *radiative forcing* yang akan menyebabkan terbentuknya keseimbangan baru.

#### **2.4 Gas Rumah Kaca**

Iklm di bumi ditentukan oleh aliran energi terus menerus yang berasal dari sinar matahari. Energi ini sampai ke bumi dalam bentuk cahaya yang dapat terlihat dan sinar ultraviolet. Kurang lebih 30% dari energi dipancarkan kembali ke angkasa, tetapi sebagian besar (70 %) dapat menembus atmosfer dan menghangatkan permukaan bumi. Energi yang diterima oleh bumi akan dipancarkan kembali ke angkasa dalam bentuk radiasi inframerah. Karena bumi jauh lebih dingin dari matahari, bumi tidak mengemisikan energi dalam bentuk cahaya tetapi memancarkannya dalam bentuk radiasi panas atau sinar inframerah.

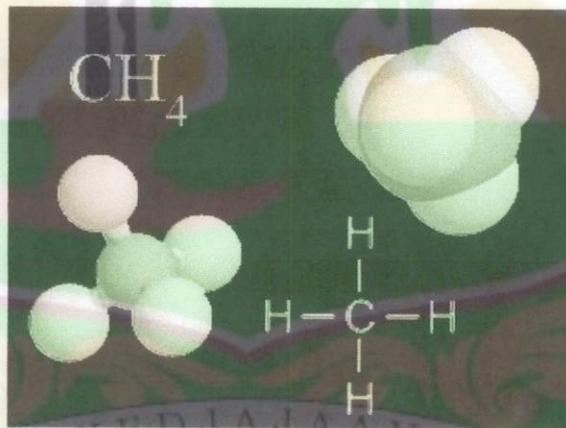
Gas rumah kaca adalah gas-gas yang dapat meneruskan radiasi gelombang pendek dari matahari, tetapi dapat menahan radiasi gelombang panjang sehingga panas yang berasal dari permukaan bumi tertahan sebagian dan menyebabkan suhu di permukaan bumi menjadi hangat.

Dalam jangka panjang, bumi harus membuang energi pada selang yang sama dengan energi yang diterima dari matahari. Karena selimut tebal gas rumah kaca telah mengurangi jumlah energi yang lari ke angkasa, iklim akan berubah untuk mengembalikan keseimbangan antara energi yang datang dan pergi. Perubahan atau penyesuaian ini akan mengakibatkan terjadinya pemanasan global pada permukaan

bumi dan lapisan bawah atmosfer. Pemanasan merupakan cara yang paling sederhana dari sistem iklim untuk membuang ekstra energi. Meskipun demikian, bahkan peningkatan kecil pada suhu akan disertai dengan perubahan lainnya pada lingkungan.

### 2.5 Metana di atmosfer

Metana adalah hidrokarbon yang berbentuk gas dan komponen utama gas alam. Metana murni tidak berbau, tapi jika digunakan untuk keperluan komersial, biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk mendeteksi kebocoran gas yang mungkin terjadi.



Gambar 2.4 Molekul Metana

Metana adalah sumber bahan bakar utama. Pembakaran Satu molekul metana dengan dua moleku oksigen akan melepaskan satu molekul CO<sub>2</sub> (karbon dioksida) dan dua molekul H<sub>2</sub>O (air):



Metana yang berada di bumi dapat dipancarkan dari berbagai kegiatan manusia (antropogenik) dan sumber-sumber alam. Kegiatan manusia meliputi produksi bahan bakar fosil, peternakan (fermentasi dalam pengelolaan ternak dan pupuk kandang), budidaya padi, pembakaran, dan pengelolaan limbah. Tingkat emisi metana dapat bervariasi secara signifikan dari satu negara atau daerah ke daerah lain, tergantung pada banyak faktor seperti iklim, karakteristik produksi industri dan pertanian, jenis energi dan penggunaannya, serta praktek pengelolaan sampah. Sebagai contoh emisi metana di Amerika diperkirakan 50 persen akibat kegiatan manusia (US-EPA, april 2010) .

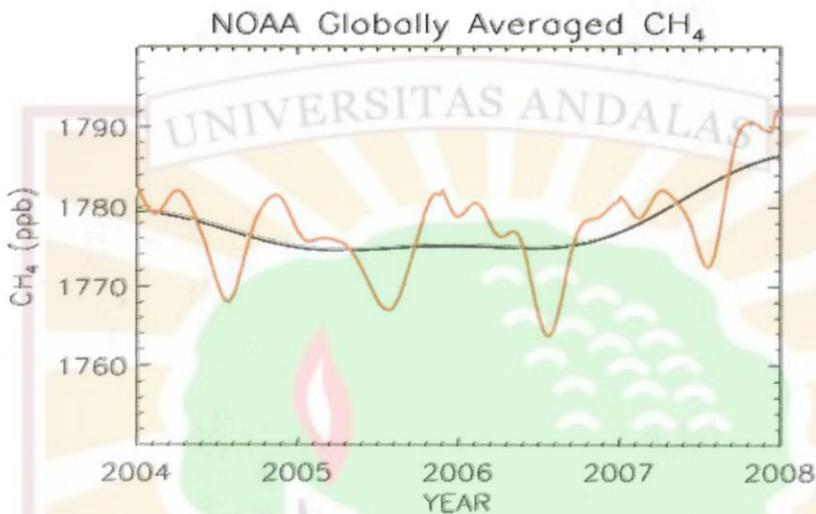


Gambar 2.5 Sumber Emisi Metana  
Sumber (ACIA 2004 dan ACIA 2005)

Sedangkan sumber penyebab alami terdiri dari dataran subur, tanah gunung berapi, pembusukan material organik di laut dan air bersih, serta metana hidrat.

Keberadaan konsentrasi metana global meningkat pada tahun 2007. Telihat pada Gambar 2.5. Garis merah menunjukkan tren bersama-sama dengan variasi siklus

musiman. Garis hitam menunjukkan tren yang muncul ketika siklus musiman telah dihapus (NOAA, 2008).

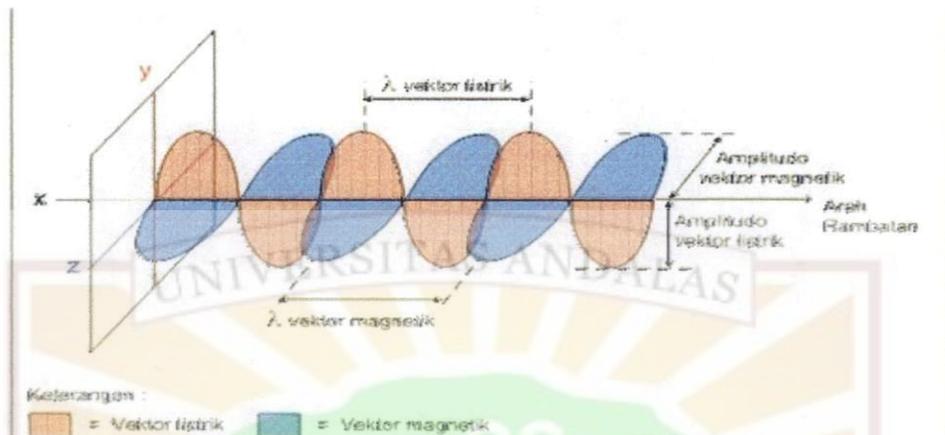


Gambar 2.6 Konsentrasi metana  
(sumber NOAA,2009)

Konsentrasi metana dapat berkurang di atmosfer karena adanya reaksi fotokimia yang terjadi antara Metana dengan radikal hidroksil (OH). Jumlah Radikal OH dipengaruhi oleh Uap Air (H<sub>2</sub>O). Tingginya kandungan uap air karena jumlah penguapan yang tinggi menyebabkan meningkatnya jumlah radikal OH yang bereaksi dengan metana sehingga konsentrasi metana di atmosfer akan berkurang. Fenomena ini dapat dianalisis dengan pola musiman.

## 2.6 Vibrasi Molekul

Spektrofotometri inframerah merupakan suatu metode untuk mengamati interaksi molekul dengan salah satu radiasi elektromagnetik, yaitu sinar inframerah dengan panjang gelombang 0,75 – 1.000  $\mu\text{m}$ .



Gambar 2.7 Berkas radiasi elektromagnetik  
(Sumber : Sastrohamidjojo,1985)

Radiasi elektromagnetik pertama kali dikemukakan oleh James Clerk Maxwell. James Clerk Maxwell menyatakan bahwa cahaya secara fisis merupakan gelombang elektromagnetik, yang artinya mempunyai vektor listrik dan vektor magnetik yang keduanya saling tegak lurus dengan arah rambatan seperti yang terlihat pada Gambar 2.7.

Daerah panjang gelombang yang digunakan pada alat spektrofotometer inframerah hanyalah pada daerah inframerah pertengahan, dengan panjang gelombang  $2,5 - 50 \mu\text{m}$ .

Dasar spektroskopi inframerah dikemukakan oleh Hooke dan didasarkan atas senyawa yang terdiri atas dua atom atau diatomik yang digambarkan dengan dua buah bola yang saling terikat oleh pegas seperti tampak pada Gambar 2.8. Jika suatu molekul dikenai sinar inframerah, molekul tersebut akan bergetar. Sinar inframerah memiliki panjang gelombang yang relatif besar sehingga memiliki energi yang kecil.

Energi sinar inframerah tidak cukup untuk membuat elektron dalam molekul tereksitasi.



Gambar 2.8 Pemodelan molekul diatomik oleh Hooke  
(Sumber : Sastrohamidjojo,1985)

Jika pegas direntangkan atau ditekan pada jarak keseimbangan tersebut maka energi potensial dari sistem tersebut akan naik. Pada keadaan tertentu setiap senyawa mempunyai tiga macam gerak, yaitu :

1. Gerak translasi, yaitu perpindahan dari satu titik ke titik lain.
2. Gerak rotasi, yaitu berputar pada porosnya.
3. Gerak vibrasi, yaitu bergetar pada tempatnya.

Bila ikatan senyawa bergetar, maka secara periodik energi vibrasi berubah dari energi kinetik ke energi potensial dan sebaliknya. Jumlah energi total sebanding dengan frekuensi vibrasi dan konstanta ( $k$ ) dari pegas dan massa ( $m_1$  dan  $m_2$ ) dari dua atom yang terikat. Panjang gelombang atau bilangan gelombang serta kecepatan cahaya mempunyai hubungan dengan frekuensi yang dapat dinyatakan melalui persamaan berikut :

$$E = h\nu = \frac{hc}{n\lambda} \quad (2.8)$$

dimana:

$E$  : Energi (Joule)

$h$  : Tetapan Plank ( $6,6262 \times 10^{-34}$  J.s)

$c$  : Kecepatan cahaya ( $3,0 \times 10^{10}$  cm/detik)

$n$  : indeks bias (dalam keadaan vakum harga  $n = 1$ )

$\lambda$  : panjang gelombang (cm)

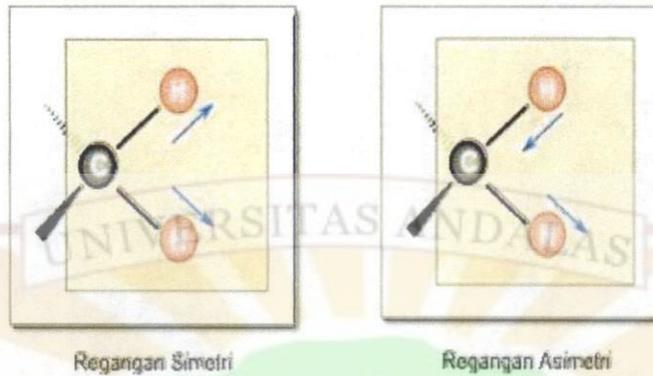
$\nu$  : frekuensi (Hertz).

Frekuensi natural vibrasi bergantung pada massa atom-atom dan kekuatan ikatan yang menghubungkannya. Vibrasi molekul khas untuk suatu molekul tertentu dan biasanya disebut vibrasi *finger print*. Vibrasi molekul dapat digolongkan atas dua golongan besar, yaitu:

1. Vibrasi Regangan (*Stretching*) merupakan getaran dengan atom yang bergerak terus sepanjang ikatan yang menghubungkannya sehingga akan terjadi perubahan jarak antara keduanya, walaupun sudut ikatan tidak berubah.

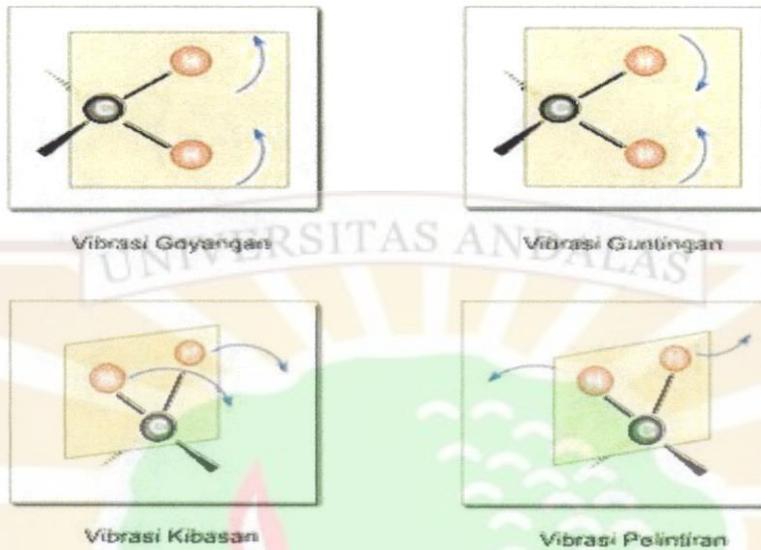
Vibrasi regangan sendiri dibagi menjadi dua macam, yaitu :

- a. Regangan simetri, unit struktur bergerak bersamaan dan searah dalam satu bidang datar.
- b. Regangan asimetri, unit struktur bergerak bersamaan dan tidak searah tetapi masih dalam satu bidang datar.



Gambar 2.9 contoh dari vibrasi regangan simetri dan asimetri  
(Sumber : Sastrohamidjojo,1985)

2. Vibrasi bengkokan (*bending*) merupakan getaran dengan sistem tiga atom yang merupakan bagian dari sebuah molekul yang lebih besar. Vibrasi bengkokan ini terbagi menjadi empat jenis, yaitu
  - a. Vibrasi goyangan (*rocking*), unit struktur bergerak mengayun asimetri tetapi masih dalam bidang datar.
  - b. Vibrasi guntingan (*scissoring*), unit struktur bergerak mengayun simetri dan masih dalam bidang datar.
  - c. Vibrasi kibasan (*wagging*), unit struktur bergerak mengibas keluar dari bidang datar.
  - d. Vibrasi pelintiran (*twisting*), unit struktur berputar mengelilingi ikatan yang menghubungkan atom lain dengan atom induk dan berada di dalam bidang datar.



Gambar 2.10 Contoh dari vibrasi bengkokan (*bending*)  
(Sumber : Sastrohamidjojo,1985)

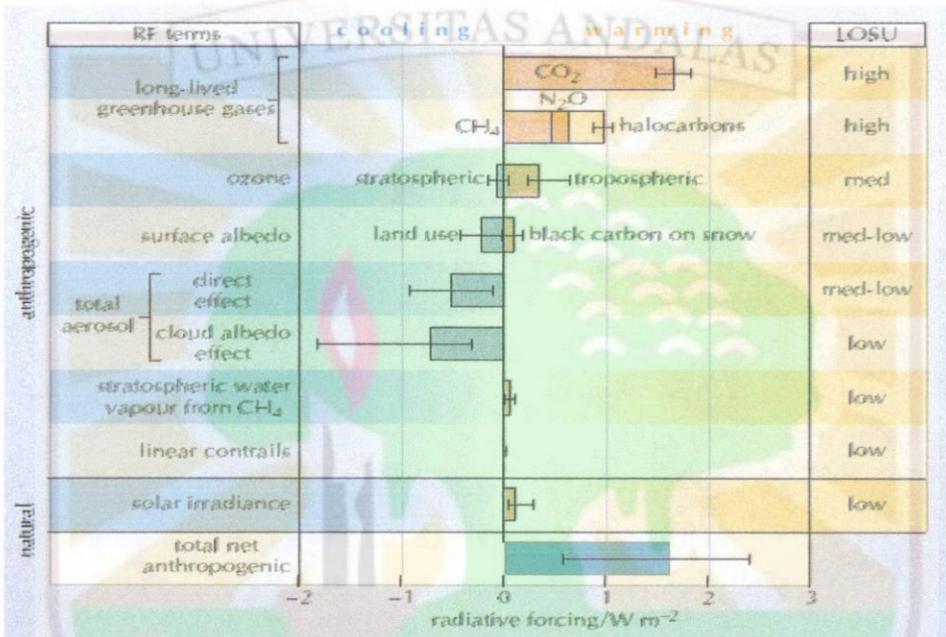
Metana mengalami getaran ketika berinteraksi dengan inframerah. Setelah metana bergetar sebagian energi dipancarkan ke bumi dan sebagian energi diteruskan ke molekul metana lainnya.

## 2.7 Radiative Forcing

Istilah "*Radiative Forcing*" telah dipakai dalam taksiran IPCC (*Intergovernmental on Panel Climate Change*) untuk menunjukkan gangguan yang dibebankan pada persediaan energi radiatif dari sistem iklim bumi. Beberapa gangguan tersebut dapat dibawa oleh perubahan konsentrasi yang aktif secara radiatif (misal : CO<sub>2</sub>, metana, aerosol) di bumi.

Kesetimbangan energi radiasi matahari diperoleh dari selisih nilai radiasi matahari yang masuk ke bumi melalui radiasi gelombang pendek dengan nilai radiasi

matahari yang diemisikan oleh bumi dalam bentuk radiasi gelombang panjang. Apabila selisih nilai tersebut bernilai nol, maka kesetimbangan energi radiasi matahari tercapai.



Gambar 2.11 Komponen *radiative forcing* yang mempengaruhi iklim di bumi (IPCC, 2007).

Jika selisih nilai tersebut bernilai positif, maka lebih banyak energi radiasi matahari yang diserap, hal ini dinamakan dengan *positive feedback*. Dampak dari *positive feedback* adalah naiknya temperatur rata-rata permukaan bumi yang mengarah terhadap terjadinya pemanasan secara global (*global warming*). Sebaliknya, jika lebih banyak radiasi matahari yang diemisikan oleh permukaan bumi, maka hal ini disebut dengan *negative feedback* yang berdampak pada turunnya temperatur rata-rata permukaan bumi (*global dimming*). Penentuan *radiative forcing*

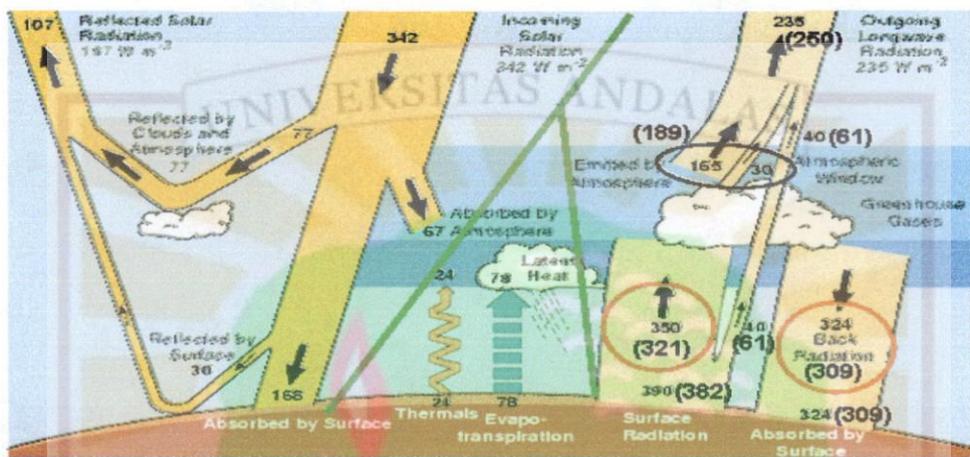
merupakan cara yang tepat untuk digunakan dalam melihat penyebab perubahan iklim (Smith dan Wigley, 2000).

*Radiative forcing* metana ditentukan oleh *Global Warming Potential* (GWP) metana dan konsentrasi metana di atmosfer. GWP menyatakan seberapa efisien suatu gas dapat menangkap radiasi inframerah dalam waktu hidupnya di atmosfer dengan dampak pemanasan global selama 10 tahun.

Laporan IPCC tahun 1995 tentang indeks gas rumah kaca, melaporkan adanya peningkatan sebesar 20% pada *radiative forcing* metana yang disebabkan oleh metana dari periode pra industri (1750) hingga tahun 1995 (Myhre, 1998). Beberapa faktor yang memiliki peranan dalam menentukan kesetimbangan energi, yang disebut dengan *radiative forcing*, yaitu tingkat refleksifitas dari permukaan bumi (dikenal dengan albedo permukaan bumi), kemampuan atmosfer menyerap dan mengemisikan energi radiasi, keberadaan awan, dan komposisi dalam gas rumah kaca.

Gas rumah kaca memberikan kontribusi yang sangat besar karena dari total  $390 \text{ Wm}^{-2}$  energi radiasi yang diemisikan oleh permukaan bumi,  $324 \text{ Wm}^{-2}$  diantaranya akan dikembalikan ke permukaan bumi dan diserap oleh permukaan bumi. Oleh karena besarnya energi radiasi berkorelasi langsung dengan panas, maka semakin banyak energi radiasi yang diserap oleh permukaan bumi dan atmosfer, akan menyebabkan terjadinya peningkatan temperatur di permukaan bumi dan atmosfer. Demikian pula sebaliknya, jika energi radiasi yang diserap oleh permukaan bumi dan

atmosfer berkurang, maka permukaan bumi dan atmosfer cenderung menjadi lebih dingin.



Gambar 2.12 Estimasi kesetimbangan energi radiasi matahari rata-rata per tahun dalam  $Wm^{-2}$  (Kiehl and Trenberth, 1997; IPCC, 2007).

Gas rumah kaca memberikan kontribusi yang sangat besar karena dari total  $390 Wm^{-2}$  energi radiasi yang diemisikan oleh permukaan bumi,  $324 Wm^{-2}$  diantaranya akan dikembalikan ke permukaan bumi dan diserap oleh permukaan bumi. Oleh karena besarnya energi radiasi berkorelasi langsung dengan panas, maka semakin banyak energi radiasi yang diserap oleh permukaan bumi dan atmosfer, akan menyebabkan terjadinya peningkatan temperatur di permukaan bumi dan atmosfer. Demikian pula sebaliknya, jika energi radiasi yang diserap oleh permukaan bumi dan atmosfer berkurang, maka permukaan bumi dan atmosfer cenderung menjadi lebih dingin.

Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *radiative forcing* berdasarkan metode IPCC tahun 2000 :

$$\Delta F = \alpha (\sqrt{M} - \sqrt{M_o}) - (f(M N_o) + f(M_o, N_o)) \quad (2.10)$$

$$(f(M, N) = 0,47 W m^{-2} \ln[1 + 2,01 \times 10^{-5} + 5,21 \times 10^{-15} M (MN)^{1,52}])$$

$M$  = Metana ( $CH_4$ )

$N$  =  $N_2O$

dimana :

$\Delta F$  : *Radiative Forcing* ( $CH_4$ ) ( $W m^{-2}$ ),

$\alpha$  : Konstanta (0,036),

$M$  : Konsentrasi Metana  $CH_4$  (ppb),

$N_o$  : Konsentrasi Referensi dinitrous oksida  $N_2O$  (ppb),

$M_o$  : Konsentrasi Referensi Metana (ppb)

Persamaan (2.11) digunakan untuk menentukan selisih temperatur yang dipengaruhi oleh *radiative forcing* metana dengan perumusan metode IPCC.

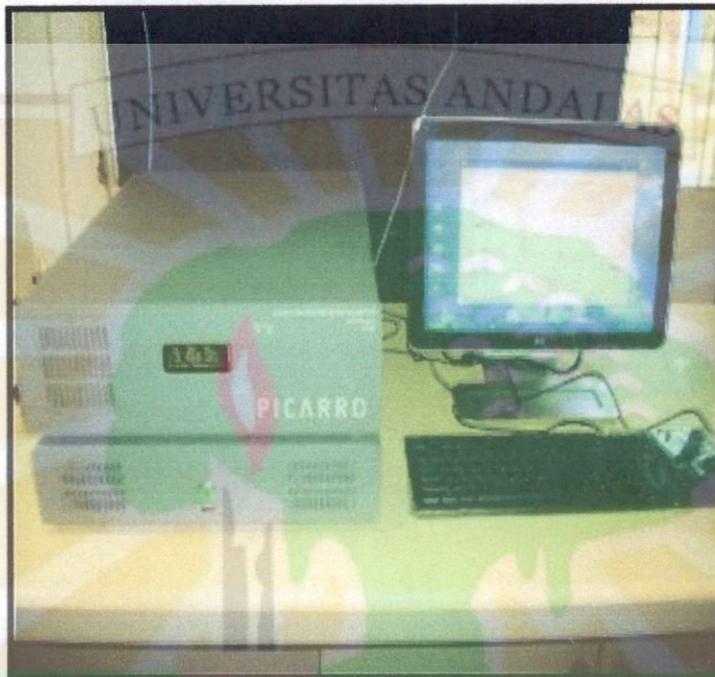
$$\Delta T_s = \lambda \Delta F \quad (2.11)$$

dengan  $\Delta T_s$  merupakan selisih temperatur permukaan bumi,  $\Delta F$  merupakan *Radiative forcing* Metana,  $\lambda$  merupakan parameter sensitivitas iklim metana ( $\lambda = 0,5 K W m^{-2}$ ).

## 2.8 Analyzer Picarro Model G1301 dan Airkit Flask Sampler

Pengukuran konsentrasi gas rumah kaca dapat dilakukan dengan menggunakan *Analyzer Picarro Model G1301* dan *Airkit Flask Sampler*. Prinsip kerja instrument *Analyzer Picarro Model G1301* (Gambar 2.12), udara ambient dihisap masuk melalui inlet dan mengalir lewat pipa slang plastik masuk ke *Analyzer*

*Picarro* dimana konsentrasi sampel karbon dioksida diukur dengan cara mengukur seberapa banyak sinar infra merah yang diserap sampel karbon dioksida.



Gambar 2.13 Instrumen *Analyzer Picarro Model G1301*

Instrumen *Airkit Flask Sampler* (Gambar 2.13) digunakan untuk mengetahui konsentrasi gas rumah kaca Inlet dari *Airkit Flask Sampler* diletakan pada menara dengan ketinggian 35 m, agar metana dari sampel udara yang diambil tidak terpengaruh langsung dari tanaman dan manusia. Selanjutnya sampel udara kering dengan tekanan sekitar 3 psig dikirim ke laboratorium CDML (*Climate Monitoring and Diagnostic Laboratory*) NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) untuk diketahui konsentrasi gas rumah kaca yang ada di dalamnya. Untuk mengetahui konsentrasi metana,  $N_2O$  dan  $SF_6$  menggunakan metode GC – FID

(*Gas Chromatography – Flame Ionization Detector*). Sedangkan untuk mengetahui konsentrasi karbon dioksida, laboratorium NOAA menggunakan metode NDIR (*Non Dispersive Infrared*)

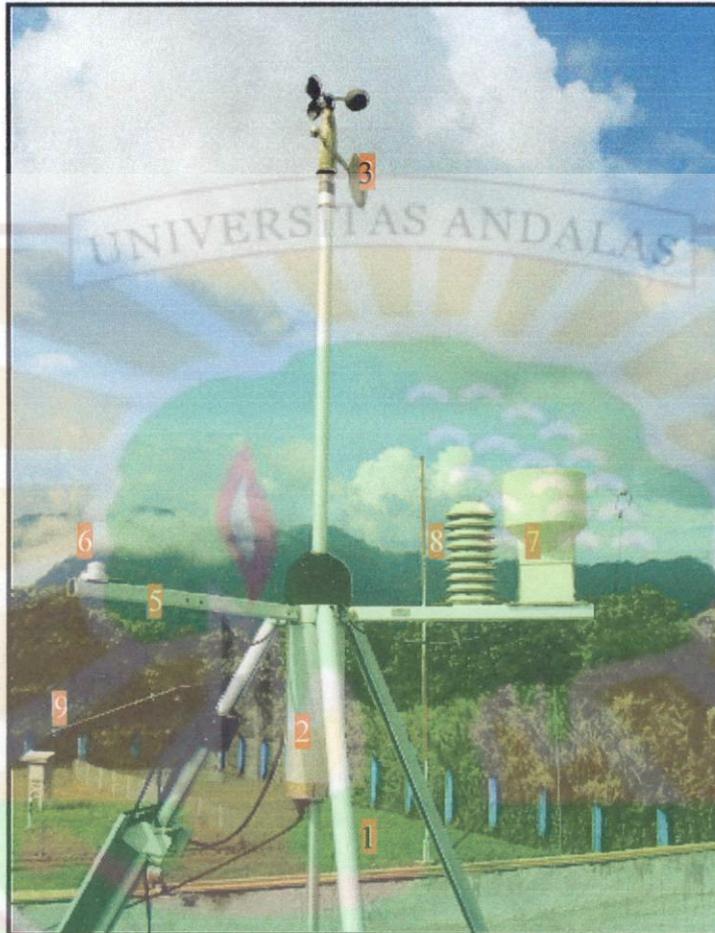


Gambar 2.14 Instrumen *Airkit Flask Sampler*  
(Sumber : GAW, 2010)

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan menggunakan data konsentrasi metana dan temperatur permukaan. Masing-masing data diambil pada tahun 2004 – 2009 di daerah Bukit Kototabang.

## 2.9 Instrumen *Automatic Weather Station (AWS)*

Instrumen *Automatic Weather Station (AWS)* digunakan untuk memantau fisis atmosfer di Stasiun GAW Bukit Kototabang. Pada alat ini terdapat beberapa sensor yang dapat memantau parameter fisis atmosfer di antaranya: suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, radiasi matahari, curah hujan, kecepatan dan arah angin.



Gambar 2.15 Instrumen *Automatic Weater Station* (AWS)  
(Sumber : GAW, 2010)

AWS alat pengukur cuaca kompleks yang terdiri dari tiga kaki. AWS yang digunakan adalah AWS 201 merek *Vaisala*, mempunyai lengan (tiang) yang panjang dengan ketinggian berbeda-beda. tiga kaki dari AWS ini mempunyai konfigurasi program *base-windows* atau disebut juga lizard. Gambar 3.3 merupakan instrumen AWS 201 terdiri dari komponen-komponen:

1. Tiang *portable*, terdiri dari tiga kaki yang bias disetel dan diperpanjang.
2. QML 101 AWS, masukan instalasi data pada silinder.
3. QMW 101, merupakan sensor angin dan kabel 1 meter.
4. Sensor radiasi merupakan alat untuk sensor radiasi.
5. Sensor *arm* merupakan lengan sensor tempat kedudukan bagi sensor radiasi, sensor suhu dan kelembaban serta sensor hujan.
6. QMH 101 merupakan sensor suhu dan kelembaban yang dilengkapi dengan kabel.
7. QMR 101, merupakan sensor sensor hujan yang dilengkapi dengan kabel.
8. PMT 16 A, merupakan sensor tekanan yang dapat menghitung berapa besarnya tekanan udara.
9. Solar panel, adalah sensor panel matahari dan pembangkit arus di dalamnya terdapat baterai.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di *Global Atmosphere Watch Station (GAW)* Bukit Kototabang, yang merupakan salah satu stasiun pengamat referensi udara bersih dari 26 stasiun pemantauan udara bersih yang ada di dunia saat ini. Stasiun ini terletak pada lokasi yang jauh dari pemukiman dan aktivitas manusia agar udara yang diukur benar-benar alami sehingga dapat dijadikan referensi udara bersih baik dalam lingkup nasional maupun internasional. Pemilihan Bukit Kototabang sebagai titik pengamatan atmosfer global didasarkan oleh fakta letak geografis dan astronomisnya.

Dari semua titik pengamatan atmosfer global, hanya Mount Kenya (Kenya) dan Bukit Kototabang (Indonesia) yang merepresentasikan wilayah yang hampir tepat berada di lintang  $0^\circ$  (garis khatulistiwa). Namun berbeda dengan Kenya yang merupakan daerah gurun, Bukit Kototabang mewakili daerah yang memiliki hutan hujan tropis dengan tingkat kelembaban dan curah hujan yang tinggi. Secara geografis, Stasiun GAW Bukit Kototabang terletak pada 100,32 BT, 0,20 LS dan pada ketinggian 864,5 m di atas permukaan laut. Lokasi stasiun berada sekitar 3 km dari lokasi pemukiman penduduk. Stasiun ini terletak kurang lebih 17 km utara kota Bukittinggi dengan populasi penduduk 85.000 jiwa dan kira-kira 120 km utara kota Padang Ibukota propinsi Sumatera Barat dengan populasi penduduk kira-kira 1 juta jiwa.

### **3.2 Pengambilan Data**

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan menggunakan data konsentrasi Metana, temperatur permukaan dan curah hujan. Data ini diambil oleh staf peneliti GAW pada tahun 2004 – 2009 di daerah Bukit Kototabang.

#### **3.2.1 Data Konsentrasi Metana**

Data konsentrasi metana diambil dengan Instrumen *Airkit Flask Sampler* (pada gambar). Data diambil pada hari Selasa jam 14.00 WIB oleh staf peneliti GAW menggunakan Inlet dari *Airkit Flask Sampler* diletakkan pada menara dengan ketinggian 35 m, agar metana dari sampel udara yang diambil tidak terpengaruh langsung dari tanaman dan manusia. Selanjutnya sampel udara kering dengan tekanan sekitar 3 psig dikirim ke laboratorium CDML (*Climate Monitoring and Diagnostic Laboratory*) NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) untuk diketahui konsentrasi gas rumah kaca yang ada di dalamnya. Hasil dari pembacaan NOAA dikirim lagi ke GAW. Dalam penelitian data yang digunakan adalah data bulanan (data terlampiran di lampiran 2).

#### **3.2.2 Data Temperatur dan Data Curah Hujan**

Data temperatur diambil dengan menggunakan instrumen *AWS* (dapat dilihat pada gambar) oleh staf peneliti GAW. Data yang dihasilkan berupa data yang terdiri dari tekanan, suhu, curah hujan, solar radiasi, temperatur, arah angin dan kecepatan angin setiap satu menit selama 24 jam. Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data bulanan yang diambil setiap hari Selasa (data terlampiran di lampiran 2).

### 3.3 Pengolahan Data

#### 3.3.1 Data Konsentrasi Metana

Tata laksana pengolahan data konsentrasi metana :

1. Data bulanan konsentrasi metana dari tahun 2004 sampai tahun 2009 diplot dalam grafik agar dapat menentukan kecendrungan konsentrasi metana.
2. Menentukan nilai rata-rata *radiative forcing* metana dengan menggunakan metode IPCC dengan persamaan (2.10) dari data bulanan konsentrasi metana (data termpiran di lampira 3).
3. Membuat plot data *radiative forcing* metana dalam grafik untuk melihat kecendrungan *radiative forcing* metana.

#### 3.3.2 Data Temperatur

Tata laksana pengolahan data temperatur permukaan :

1. Data bulanan temperatur selama tahun 2004 sampai tahun 2009 dirata-ratakan untuk menentukan temperatur permukaan rata-rata selama 6 tahun pengukuran.
2. Menentukan selisih temperatur bulanan selama tahun 2004 sampai dengan tahun 2009. Selisih temperatur merupakan data bulanan temperatur permukaan Bukit kototabang dikurangi dengan temperatur rata-rata selama 6 tahun pengukuran.
3. Membuat plot grafik *x-y scatter* dari data rata-rata bulanan *radiative forcing* metana dengan selisih temperatur ( $\Delta Ts$ ). Nilai *radiative forcing* metana

sebagai sumbu  $X$  dan selisih temperatur ( $\Delta T_s$ ) sebagai sumbu  $Y$  untuk menentukan korelasi *radiative forcing* metana dengan temperatur.

4. Mendefinisikan persamaan yang dihasilkan dari korelasi radiative forcing metana dengan selisih temperatur.

### 3.3.3 Data Curah Hujan

Tata laksana pengolahan data curah hujan :

1. Membuat plot grafik *x-y scatter* dari data bulanan curah hujan dengan waktu (Bulanan).
2. Membandingkan grafik konsentrasi metana dengan grafik curah hujan.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kecenderungan Konsentrasi Bulanan Metana Bukit Kototabang tahun 2004 – 2009

Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengukuran konsentrasi metana atmosferik di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) dengan alat *Airkit Sampler* dari tahun 2004-2009.



Gambar 4.1 Konsentrasi metana bulanan di atmosfer Bukit Kototabang tahun 2004 – 2009

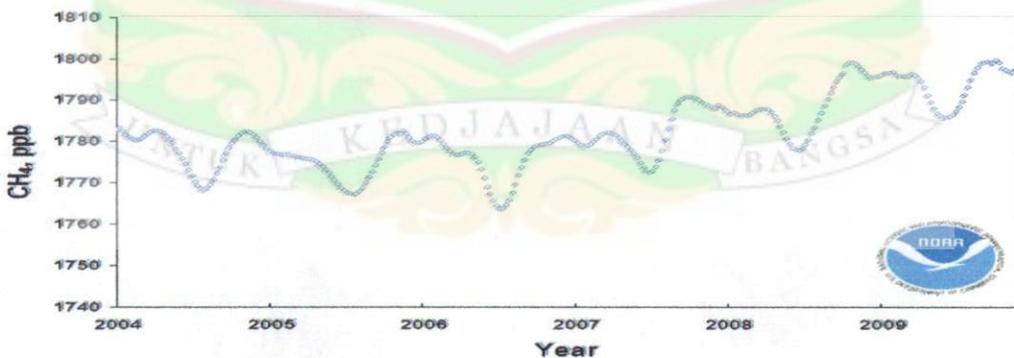
Gambar 4.1 menampilkan terjadinya pembentukan pola musiman konsentrasi metana yang identik, yaitu terjadinya konsentrasi tinggi pada bulan yang berdekatan setiap tahun. Konsentrasi tertinggi metana pada tahun 2004 terjadi di bulan Januari, yaitu sebesar 1851,234 ppb. Nilai konsentrasi tertinggi metana pada tahun 2005 juga terjadi pada bulan Januari yaitu sebesar 1893,019 ppb. Nilai ini naik dari tahun

sebelumnya. Namun terjadi penurunan konsentrasi metana pada bulan Januari 2006 jika dibandingkan dengan data konsentrasi metana setahun sebelumnya. Nilai ini juga bukan merupakan nilai konsentrasi tertinggi metana di tahun 2006. Konsentrasi tertinggi metana di tahun 2006 justru terjadi di bulan Desember dengan nilai 1823,978 ppb. Konsentrasi tertinggi metana naik kembali pada bulan Januari 2007 yaitu sebesar 1852,629 ppb. Sementara bulan Februari 2008 menjadi waktu konsentrasi tertinggi pada tahun ini dengan nilai konsentrasi metana sebesar 1875,225 ppb. Pada tahun 2009, konsentrasi tertinggi metana kembali terjadi di bulan Januari dengan nilai 1879,625 ppb.

Konsentrasi metana terendah tahun 2004 terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 1766,318667 ppb. Bulan Juni 2005 memiliki konsentrasi metana terendah yaitu sebesar 1767,972 ppb. Konsentrasi terendah pada tahun 2006 terjadi di bulan April, yaitu sebesar 1772,215 ppb. Nilai ini meningkat menjadi 1784,490 ppb di bulan April 2007, namun merupakan konsentrasi metana terendah di tahun ini. Bulan September 2008 memiliki nilai konsentrasi terendah sebesar 1789,143 ppb. Sementara pada tahun 2009, konsentrasi terendah terjadi pada bulan Mei yaitu sebesar 1775.14 ppb.

Peningkatan dan penurunan konsentrasi metana dapat dilihat dari pola pergerakan matahari. Melihat polanya pergerakan matahari dapat dilakukan dengan mengikuti pola *Intertropical Convergence Zone* (ITCZ). Karena pergerakan ITCZ searah dengan pergerakan matahari. Pada bulan Januari, ITCZ melintasi wilayah

Sumatera pada posisi  $5^{\circ}$  di selatan garis ekuator atau berada di sebelah selatan dari Bukit Kototabang. Pada posisi ini, pola pergerakan matahari yang mengikuti pola ITCZ bergerak dari selatan ke utara. Sedangkan aliran massa udara berasal dari utara dan bergerak ke selatan. Massa udara yang berasal dari utara membawa awan yang relatif lebih kotor karena daerah daratannya memiliki industri dan pertambangan yang lebih banyak. Peningkatan ini terlihat pada periode Desember–Januari–Februari. Posisi matahari terus bergerak sehingga tepat berada di ekuator pada bulan Maret terus bergerak ke utara sampai pada posisi paling utara yaitu  $23.5$  LU pada bulan Juni. Pada Bulan Juli – Agustus matahari bergerak dari utara ke selatan berlawanan dengan arah aliran massa udara yang melewati Bukit Kototabang yaitu dari selatan ke utara dengan udara yang berasal dari Samudera Hindia yang membawa uap air yang relatif bersih. Posisi matahari mencapai ekuator kembali pada bulan September dan terus bergerak ke selatan dan mencapai posisi paling selatan pada bulan Desember di  $23,5$  LS.

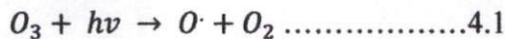


Gambar 4.2 Konsentrasi metana Global ( NOAA, 2010)

Jika konsentrasi metana di Bukit Kototabang (Gambar 4.1) dibandingkan dengan konsentrasi global yang di peroleh dari NOAA (Gambar 4.2), terlihat pola yang hampir sama setiap tahunnya. Akan tetapi konsentrasi metana global tertinggi selama tahun 2004 – 2009 terjadi pada tahun 2008 dan terendah pada tahun 2006. Sedangkan konsentrasi metana tertinggi di Bukit Kototabang pada tahun 2004 – 2009 terjadi ada tahun 2005 dan terendah pada tahun 2006 seperti pada gambar 4.1. Karena pada tahun 2005 terjadi kebakaran hutan dahsyat sehingga produksi metana ke atmosfer meningkat dibuktikan dengan data kebakaran dan data CO yang meningkat drastis pada tahun ini.

#### **4.2 Hubungan Konsentrasi Metana dengan Curah Hujan di Bukit kototabang Tahun 2004-2009**

Penurunan konsentrasi metana di atmosfer dapat berkurang karena adanya proses fotokimia yang terjadi antara metana dengan radikal hidroksil (OH). Radikal OH merupakan senyawa pengoksidasi terbesar di troposfer. Meskipun senyawa ini tidak bereaksi dengan sebagian besar senyawa utama yang ada di atmosfer, tapi radikal OH bereaksi dengan senyawa-senyawa dengan konsentrasi kecil di troposfer seperti metana. Radikal OH sendiri berasal dari rangkaian reaksi yang melibatkan fotolisis ozon (O<sub>3</sub>).

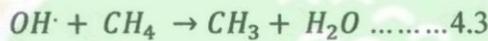


O<sup>•</sup> merupakan atom oksigen yang tereksitasi dimana sebagian besar atom ini akan kembali ke keadaan dasarnya sebagai atom O yang tidak tereksitasi dengan

memancarkan energinya, dan sebagian kecil tetap berada pada bentuk ini. Atom O yang tetap dalam keadaan tereksitasi ini kemudian akan bereaksi dengan uap air (H<sub>2</sub>O) yang berada di troposfer sehingga membentuk 2 radikal OH.

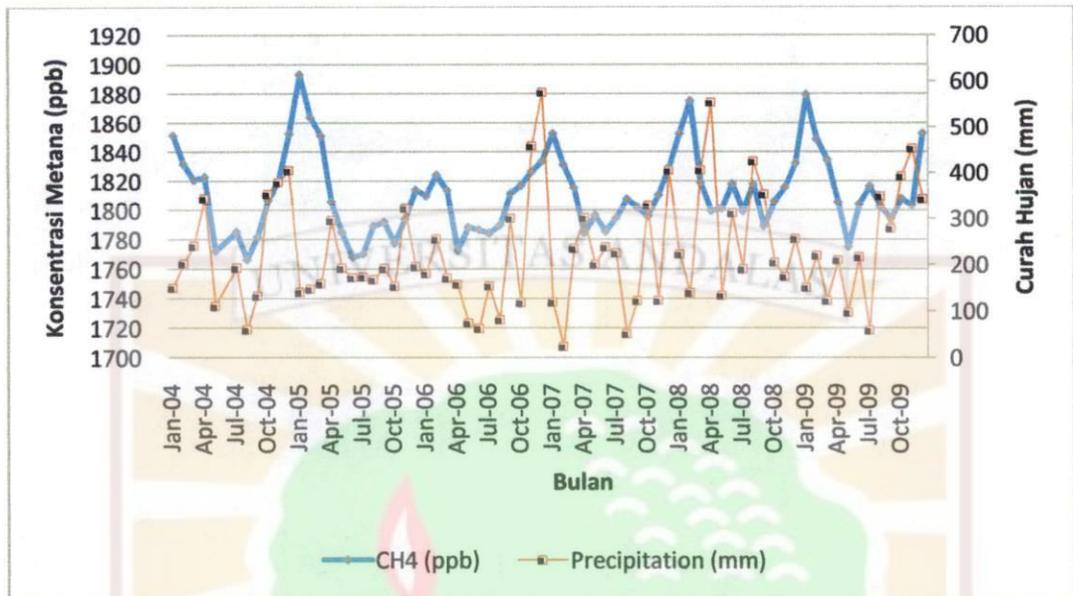


Radikal OH yang terbentuk inilah yang kemudian bereaksi dengan metana di troposfer.



Reaksi yang terjadi di troposfer ini akan mengurangi jumlah metana yang ada di troposfer. Jumlah radikal OH sendiri dipengaruhi oleh radiasi ultraviolet, jumlah uap air (H<sub>2</sub>O), dan konsentrasi ozon (O<sub>3</sub>) troposferik. Peningkatan intensitas radiasi ultraviolet di troposfer, tingginya kandungan uap air karena jumlah penguapan yang tinggi, serta meningkatnya konsentrasi ozon atmosferik berdampak pada meningkatnya jumlah radikal OH yang dihasilkan yang nantinya akan bereaksi dengan metana sehingga konsentrasinya di atmosfer akan menurun.

Wilayah Indonesia yang sebagian besar merupakan perairan berpotensi untuk menyumbangkan uap air yang berasal dari penguapan air laut dan sungai, yang mengarah pada pembentukan radikal OH memicu penurunan konsentrasi metana yang juga dipengaruhi oleh curah hujan. Hal ini terlihat dari Gambar 4.3 pada setiap bulan April mulai dari tahun 2004 – 2009. Terjadi curah hujan yang tinggi dan konsentrasi metana yang rendah.



Gambar 4.3 Pola Hubungan konsentrasi metana dengan curah hujan di Bukit kototabang pada tahun 2004 – 2009

Curah hujan yang rendah pada bulan Januari-Februari-Maret hal ini terjadi setiap tahun dari tahun 2004 – 2009 Sehingga memicu terciptanya titik-titik api yang menyebabkan kebakaran hutan dan berdampak kepada peningkatan CO yang dapat memicu meningkatnya konsentrasi metana di atmosfer. Hal ini terlihat pada Gambar

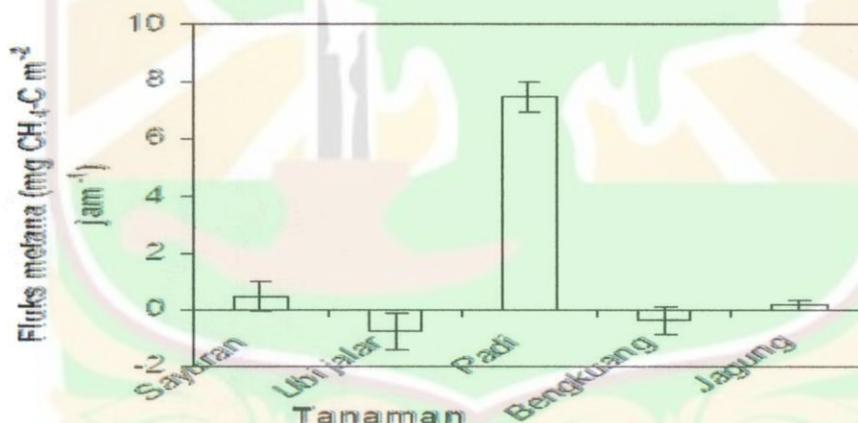
### 4.3 Hubungan Konsentrasi Metana dengan Kegiatan Pertanian

Peningkatan konsentrasi metana dapat juga disebabkan oleh aktivitas pertanian yang menyumbang dua per tiga dari metana yang bersumber dari kegiatan manusia (*Duxbury dkk, 1997*). Produksi metana berkaitan erat dengan aktivitas mikroba yaitu aktivitas metanogenik yang berlangsung pada ekosistem anaerob, sedangkan oksidasi metana dilakukan oleh metanotrof aerob. Pertanian di Indonesia dilakukan sesuai dengan musim hujan sehingga dari Gambar 4.3 di atas

terlihat selama pengukuran mulai dari bulan Mei sampai bulan Desember terjadi pola yang sama setiap tahunnya antara curah hujan dengan konsentrasi metana. Karena rata-rata penduduk daerah Kototabang adalah petani, sehingga radikal OH yang dihasilkan selama musim hujan tidak berpengaruh banyak dalam menurunkan konsentrasi metana karena pertanian justru menghasilkan metana.. seperti yang terlihat pada gambar 4.3.



Metanogen bereaksi sehingga menjadi karbon dioksida dan metana. Jika musim tanam padi tiba.

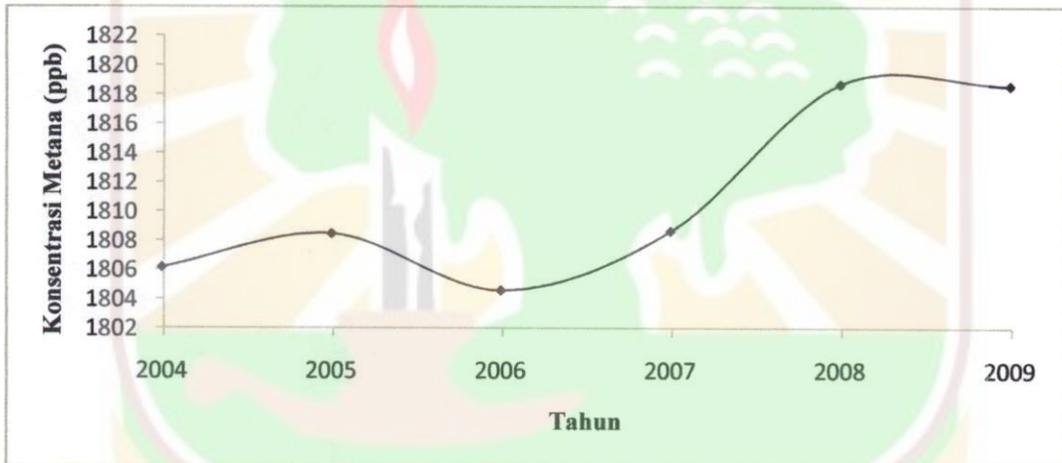


Gambar 4.4 Fluks metana pada lima macam budidaya ( Supriati dkk.,2006)

Tanaman padi sawah menghasilkan fluks metana paling tinggi ( $7.4976 \pm 0.5299$  mg Metana  $\text{m}^{-2} \text{jam}^{-1}$ ) dibanding tanaman lain yang berkisar antara  $-0.7708 \pm 0.6434$  hingga  $0.4605 \pm 0.5255$  mg  $\text{m}^{-2} \text{jam}^{-1}$ ) (Supriati dkk.,2006). Hal ini diperlihatkan pada Gambar 4.4.

#### 4.4 Konsentrasi Tahunan Metana di Bukit Kototabang tahun 2004 - 2009

Konsentrasi metana rata-rata pada tahun 2004 adalah sebesar 1810.01 ppb. Terjadinya peningkatan pada tahun 2005 menjadi 1808.56 ppb disebabkan kebakaran hutan. Pada tahun 2006 konsentrasi rata-rata metana turun menjadi 1808.67 ppb, hal ini disebabkan oleh faktor global penurunan emisi metana yaitu kawasan hutan Boreal yang berkurang. Sedangkan pada tahun 2007 kembali naik menjadi 1808.725 ppb. Pada tahun 2008 terjadi kenaikan yang signifikan menjadi 1818.812 ppb.



Gambar 4.5 Konsentrasi metana rata tahunan metana Bukit Kototabang tahun 2005–2009

Peningkatan pada tahun 2007 dan 2008 ini dikarenakan lahan gambut dan biomassa. Konsentrasi pada tahun 2009 turun kembali menjadi 1818.69 ppb. Peningkatan konsentrasi metana di tahun 2007-2009 masih akan diteliti lebih lanjut untuk mengetahui apakah peningkatan ini merupakan perubahan fluktuatif atau mengindikasikan bahwa konsentrasi metana akan terus meningkat.

#### 4.5 Radiative Forcing Metana Tahun 2004 – 2009

Nilai *radiative forcing* metana tidak didapatkan langsung dari pengukuran, akan tetapi dihitung dengan formula berdasarkan persamaan IPCC 2001. Perhitungan melibatkan konsentrasi referensi molekul  $N_2O$  karena adanya tumpang tindih panjang gelombang yang diserap oleh molekul metana dan  $N_2O$ .

Perubahan tren konsentrasi metana terjadi ke arah peningkatan terlihat dari nilai *radiative forcing* pada Gambar 4.5 dengan nilai sebesar  $0.24338 \text{ Wm}^{-2}$  pada tahun 2004 kemudian naik menjadi  $0.246221 \text{ Wm}^{-2}$  pada tahun 2009. Pola fluktuatif terlihat dari nilai *radiative forcing* pada 3 tahun pertama. Sementara dari tahun 2006 sampai 2009 konsentrasi terus mengalami peningkatan.



Gambar 4.7 *Radiative Forcing* metana bulanan Bukit Kototabang tahun 2004 – 2009

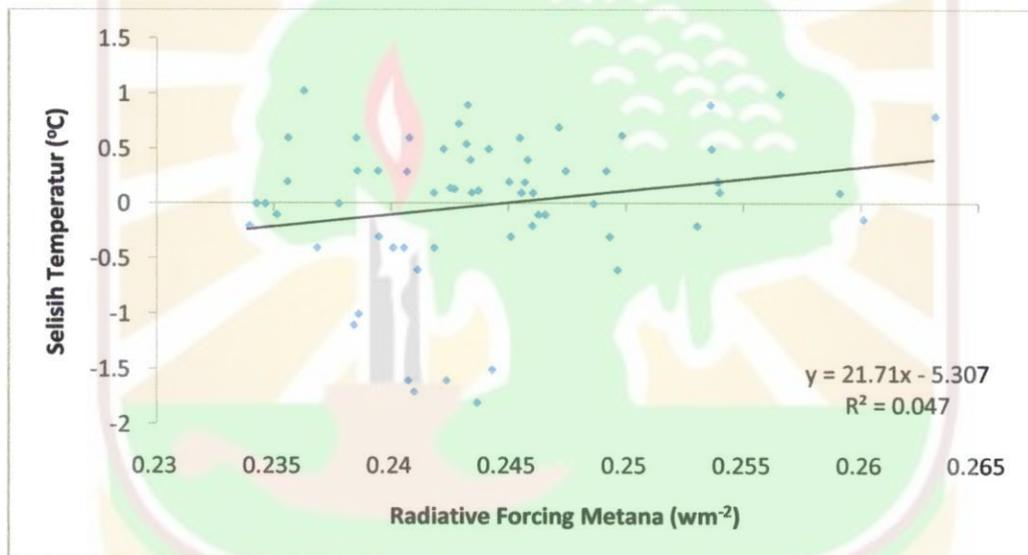
Apabila data bulanan *radiative forcing* metana dirata-ratakan menjadi data tahunan, maka diperoleh nilai *radiative forcing* metana pada tahun 2004 sebesar  $0.24338 \text{ Wm}^{-2}$ . Terjadi peningkatan pada tahun 2005 sebesar  $0.00052 \text{ Wm}^{-2}$  dari tahun sebelumnya dengan nilai  $0.24390 \text{ Wm}^{-2}$ . Pada tahun 2006 *radiative forcing*

konsentrasi metana di atmosfer saja, banyak faktor lain yang mempengaruhi temperatur yang dihitung dan tercatat pada instrumen ini.

#### 4.7 Korelasi *Radiative Forcing* Metana dengan Selisih Temperatur di Bukit

Kototabang tahun 2004 – 2009.

Metode IPCC memberikan persamaan tentang hubungan konsentrasi metana dengan *radiative forcing* metana sehingga bisa di kaitkan dengan gambar 4.10.



Gambar 4.10 Korelasi *Radiative Forcing* metana dengan selisih temperatur tahun 2004 - 2009

Pada gambar 4.10 diperoleh koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 4,7 %, sisanya masih sebesar 95.3 % disebabkan oleh faktor lain yang tidak masuk dalam perhitungan. Korelasi nilai *radiative forcing* dengan peningkatan temperatur bukan hanya dipengaruhi oleh nilai konsentrasi metana saja, tapi juga aerosol, awan, albedo dan erupsi vulkanik.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis data yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan:

1. Konsentrasi metana di Bukit Kototabang mengikuti pola musiman yang dipengaruhi oleh posisi matahari dan cenderung mengalami peningkatan dari 1852,234 ppb pada tahun 2004 mencapai 1852,629 ppm pada tahun 2009.
2. Beraksinya radikal OH dengan metana di Atmosfer dapat memicu terciptanya curah hujan dan Menurunkan konsentrasi metana terlihat pada bulan April setiap tahun dari tahun 2004 - 2009.
3. Peningkatan konsentrasi metana dapat diakibatkan oleh kegiatan pertanian terlihat pada setiap bulan Mei Sampai Desember dari tahun 2004 - 2009.
4. Nilai *Radiative forcing* metana mengalami peningkatan dari 0,24338  $Wm^{-2}$  pada tahun 2004 mencapai 0,246221  $Wm^{-2}$  pada tahun 2009.
5. Korelasi antara *radiative forcing* metana dengan selisih temperatur di Bukit Kototabang selama tahun 2004 sampai dengan tahun 2009 berdasarkan pengukuran instrumen AWS sebesar dengan koefisien korelasi 0.21679.
6. Metana tidak signifikan mempengaruhi perubahan temperatur di Bukit Kototabang.

## 5.2 Saran

Penelitian ini coba dipertimbangkan untuk menggunakan tahun Hijriah sebagai acuan. Karena tahun hijriah mengikuti pola pergerakan matahari. Penelitian ini hanya mempertimbangkan konsentrasi metana di atmosfer sebagai faktor yang mempengaruhi temperatur di permukaan bumi dan menghubungkannya dengan data hasil pengukuran instrumen AWS. Padahal Banyak faktor lain yang mempengaruhi temperatur permukaan bumi yang tercatat pada instrumen AWS dan tidak dikalkulasikan dan dipertimbangkan dalam analisis ini. Disarankan untuk peneliti berikutnya agar mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mempengaruhi temperatur permukaan bumi sesuai dengan parameter pengukuran yang mempengaruhi hasil dari instrumen yang digunakan, karena satu parameter uji tidak bisa menggambarkan dinamika atmosfer yang kompleks.

### DAFTAR PUSTAKA

- Dlugokencky, E.J., S. Houwelling, L. Bruhwiler, K.A. Masarie, P.M. Lang, J.B. Miller, and P.P. Trans. 1992. *Atmospheric Methane Levels Off: Temporary Pause Or A New Steady State ?*. *Geophys. Res. Lett.*, 30(19)
- IPCC. 2001. *Climate Change 2001 : The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press. New York.
- Nakicenovic, N., O. Davidson, A. Grubler, T. Kram, E.L. La Rovere, B. Metz, T. Monita, W. Papper, H. Pitcher, A. Sankovski, P. Shukla, R. Swart, R. Watson, Z. Dadi. 2000. *IPCC Special Report on Emission Scenario*. Cambridge Univ. Press. New York.
- Houweling, S., T. Rockman, I. Aben, F. Kepper, M. Krol, J.F. Meirink, E.J. Dlugokencky, & C. Frankenberg. 2006. *Atmospheric Contains on Global Emission of Methene From Plants*. *Geophys.*
- WDCGG. 2007. *GAW DATA Volume IV Greenhouse Gases and Other Atmospheric Gases*. Japan Meteorological Agency in Cooperation With World Meteorological Organization.
- Myhre, G., E.J. Highwood, K.P. Shine. And F. Stordal, 1998b : *New Estimates of Radiative Forcing duo to well mixed green house gases*. *Geophys. Res. Lett.*, 25, 2715 – 2718.
- Salby, Murry L. 1995. *Fundamental of Atmosphere hysics*. Academic Press, University of Colorado.
- Smith, Steven . J., Wigley T.M.L., 2000. *Global Warming Potential*. Kluwer Academic Publisher, *Climate Change* 44:459 – 469

Suprihati. 2006. *Fluks Metana dan Karakteristik Tanah pada Beberapa Macam Sistem Budidaya*. IPB, Jurnal IPB 181 – 187

Sastrohamidjojo, Hardjono. 1985. *Spektroskopi*. Liberty Yogyakarta.

[http:// dephut.org/ kebakaran\\_hutan](http://dephut.org/kebakaran_hutan), diakses 19 oktober 2010

<http://en.wikipedia.org/methane>, diakses 14 Agustus 2010

[hptt://en.NOAA.com/ Methane in athmosphere](http://en.NOAA.com/Methane_in_atmosphere), diakses 16 Agustus 2010

[http:// Wikipedia.org/wiki/Protokol\\_kyoto](http://Wikipedia.org/wiki/Protokol_kyoto), di Akses 16 Agustus 2010



May-06	1788.18375	22.3	74.4
Jun-06	1786.535		62.7
Jul-06	1784.15875		154.3
Aug-06	1789.552		80.8
Sep-06	1811.356667		300.4
Oct-06	1816.8725	22.1	117.8
Nov-06	1826.50625		457.2
Dec-06	1833.663333	21.1	575.6
Jan-07	1852.629		119.6
Feb-07	1831.08125		24
Mar-07	1815.395	22.3	235.2
Apr-07	1784.49	20.6	301.6
May-07	1796.41625	21.1	200.6
Jun-07	1785.4225	20.7	238.2
Jul-07	1794.643	20.1	225.2
Aug-07	1807.494286	19.9	51.4
Sep-07	1801.8275	20.1	122.4
Oct-07	1795.785	20	328.2
Nov-07	1810.302	20.2	122.8
Dec-07	1829.2125	21.7	404.8
Jan-08	1852.534	21.9	222.6
Feb-08	1875.225	21.8	139.4
Mar-08	1818.95	21.6	405.2
Apr-08	1799.45	21.8	553.4
May-08	1801.225714	22.2	133.2
Jun-08	1817.88375	21.8	312
Jul-08	1799.475	21.3	190.5
Aug-08	1817.735	21.5	424.3
Sep-08	1789.143	21.4	352.7
Oct-08	1806.18	22.1	204.9
Nov-08	1815.7375	21.8	174.3
Dec-08	1832.208	21.4	256.4
Jan-09	1879.625	21.6	150.6

Feb-09	1848.49875	21.5	220.2
Mar-09	1834.477	22.3	122.6
Apr-09	1805.48375	22.2	210.2
May-09	1775.14	22.7	97.4
Jun-09	1804.065	22.4	216.8
Jul-09	1816.34125	21.9	58.7
Aug-09	1802.49125	21.8	348
Sep-09	1794.403	22.0	278.6
Oct-09	1807.74	21.8	392
Nov-09	1803.27375	21.8	452.4
Dec-09	1852.745	21.8	341.8



LAMPIRAN 3

Nilai Radiative Forcing metana 2004 – 2009

Month	Radiative Forcing Metana	Selisih temperatur
Jan-04	0.253648533	0.494142209
Feb-04	0.249159683	0.294142209
Mar-04	0.240777494	0.594142209
Apr-04	0.247152184	0.694142209
Jun-04	0.235563421	0.194142209
Jul-04	0.233959376	-0.205857791
Aug-04	0.238555248	0.294142209
Sep-04	0.234258619	-0.005857791
Oct-04	0.237766682	-0.005857791
Nov-04	0.243434225	0.094142209
Dec-04	0.24656032	-0.105857791
Jan-05	0.253879002	0.194142209
Feb-05	0.263163872	0.794142209
Mar-05	0.256569836	0.994142209
Apr-05	0.253597081	0.894142209
May-05	0.243258528	0.894142209
Jun-05	0.238513849	0.594142209
Jul-05	0.234636876	-0.005857791
Aug-05	0.235118535	-0.105857791
Sep-05	0.239435951	0.294142209
Oct-05	0.240090422	-0.405857791
Nov-05	0.236837524	-0.405857791
Dec-05	0.24054467	-0.405857791
Jan-06	0.245099228	-0.305857791
Feb-06	0.244165671	0.494142209
Mar-06	0.247432002	0.294142209
Apr-06	0.245025028	0.194142209
May-06	0.235607098	0.594142209
Oct-06	0.245810349	0.394142209
Dec-06	0.249641927	-0.605857791
Mar-07	0.245473063	0.594142209
Apr-07	0.238413423	-1.105857791
May-07	0.241138762	-0.605857791
Jun-07	0.238626559	-1.005857791
Jul-07	0.240733626	-1.605857791
Aug-07	0.243669128	-1.805857791
Sep-07	0.2423749	-1.605857791
Oct-07	0.240994543	-1.705857791
Nov-07	0.244310267	-1.505857791
Dec-07	0.248626535	-0.005857791
Jan-08	0.253944816	0.194142209
Feb-08	0.259114015	0.094142209

Mar-08	0.24628457	-0.105857791
Apr-08	0.24183182	0.094142209
May-08	0.242237442	0.494142209
Jun-08	0.246041187	0.094142209
Jul-08	0.241837531	-0.405857791
Aug-08	0.246007233	-0.205857791
Sep-08	0.239476857	-0.305857791
Oct-08	0.243368987	0.394142209
Nov-08	0.245551251	0.094142209
Dec-08	0.249309936	-0.305857791
Jan-09	0.260115748	-0.147121232
Feb-09	0.253024998	-0.20630422
Mar-09	0.249827532	0.616642209
Apr-09	0.243209979	0.540438505
May-09	0.236275931	1.020755112
Jun-09	0.242885954	0.724419987
Jul-09	0.245689077	0.190916402
Aug-09	0.242526508	0.138315201
Sep-09	0.24067879	0.285044987
Oct-09	0.243725239	0.114169091
Nov-09	0.242705235	0.12900332
Dec-09	0.253992908	0.098325779

