

PENGARUH ASPEK FISIKA CURAH HUJAN PADA KONSENTRASI CH₄ (METANA)

EFFECT FROM PHYSIC RAINFALL ASPECTS IN METHANE CONCENTRATION

Lilik Slamet Supriatin dan Novita Ambarsari
Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Jl. dr. Djundjunaan 133 Bandung 40173
Pos-el: lilik_lapan@yahoo.com

ABSTRACT

Background this research is not yet many researches about influences of the rainfall in the concentration CH₄. This research only focussed in the physics rainfall aspect that is high rain and the intensity of rain. The location of the research in the Cirata environment and surrounding area (107°14'15" - 107°22'03" LS and 06°41'30" - 06°48'07" BT). The research method that was used the statistical approach and the descriptive analysis. Was based on the analysis showed rain could reduce the concentration CH₄. This showed by the signifying correlation coefficient the good negative between high rain and the concentration CH₄ (r = -0.7) and with the intensity of rain CH₄ (r = -0.7). In rainfall with high rain and the high intensity, then CH₄ that was formed was to descend. The reduction in the concentration CH₄ in the atmosphere was caused by the radical OH that was produced by steam in the rainy season. The reduction in the concentration CH₄ in the rainy season also was caused by emissions CH₄ during the low rainy season. Emissions CH₄ during the rainy season low as a result of by first, the rain water had the concentration of most protracted higher oxygen so as to change the condition from the body of anaerobe water (the formation medium CH₄) became the aerobe (the medium for oxidation CH₄). To two, the rain water that fell for the surface of the water body would difused gas O₂ (oxygen) from the atmosphere to the water body so as the condition for the water body became the aerob that hindered the formation CH₄.

Keywords: aspect, physic, rainfall, concentration, methane, descend

ABSTRAK

Penelitian ini dilatar belakangi oleh belum banyak penelitian pengaruh curah hujan pada konsentrasi CH₄. Penelitian ini hanya memfokuskan pada aspek fisika curah hujan yaitu tinggi hujan dan intensitas hujan. Lokasi penelitian di lingkungan Cirata dan sekitarnya (107°14'15" - 107°22'03" LS dan 06°41'30" - 06°48'07" BT). Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan statistik dan analisis deskriptif. Berdasarkan analisis menunjukkan hujan dapat menurunkan konsentrasi CH₄. Hal ini ditunjukkan oleh koefisien korelasi yang bertanda negatif baik antara tinggi hujan dengan konsentrasi CH₄ (r = -0,7) maupun dengan intensitas hujan CH₄ (r = -0,7). Pada hujan dengan tinggi hujan dan intensitas tinggi, maka CH₄ yang terbentuk menurun. Pengurangan konsentrasi CH₄ di atmosfer disebabkan radikal OH yang dihasilkan oleh uap air pada musim penghujan. Pengurangan konsentrasi CH₄ pada musim penghujan juga disebabkan oleh emisi CH₄ saat musim penghujan yang rendah. Emisi CH₄ saat musim penghujan rendah disebabkan oleh pertama, air hujan memiliki konsentrasi oksigen terlarut yang lebih tinggi sehingga mengubah kondisi dari badan air *anaerob* (media pembentukan CH₄) menjadi *aerob* (media untuk oksidasi CH₄). Ke dua, air hujan yang jatuh pada permukaan badan air akan mendifusikan gas O₂ (oksigen) dari atmosfer ke badan air sehingga kondisi badan air menjadi *aerob* yang menghambat pembentukan CH₄.

Kata kunci: aspek, fisika, hujan, konsentrasi, metana, turun

PENDAHULUAN

Sampai saat ini curah hujan atau hujan baru diketahui perannya dari aspek kimia dan biologi. Berdasarkan aspek kimia, hujan berfungsi sebagai pelarut dan pembawa polutan udara serta gas rumah kaca jenis karbon dioksida (CO₂) dari lingkungan atmosfer ke permukaan bumi. Hujan dapat mencuci polutan udara (*wash out*) yang berupa SO₂ (sulfur dioksida) dan NO₂ (nitrogen dioksida) serta CO₂ (karbon dioksida) yang

terdapat dalam atmosfer.¹ Ditambahkan oleh Budiwati *et al*¹ bahwa curah hujan dengan intensitas tinggi (hujan lebat) akan lebih sedikit membersihkan, mencuci, dan melarutkan polutan udara, sedangkan hujan dengan intensitas rendah (gerimis) akan lebih banyak membersihkan, mencuci, dan melarutkan polutan udara.

Aspek biologi dari curah hujan berhubungan dengan peran hujan sebagai pembawa mikroorganisme yang terdapat dalam atmosfer. Mikroorganisme ini berasal dari komunitas

bakteri yang dapat hidup di dalam awan. Beberapa jenis bakteri dapat bertahan hidup pada ketinggian awan sampai dengan 10 km di atas permukaan laut.²

Selain kedua aspek tersebut (kimia dan biologi), curah hujan juga memiliki aspek fisika. Aspek fisika dari curah hujan mencakup tinggi hujan (jeluk hujan), lama hujan, suhu air hujan, intensitas hujan, ukuran butir hujan, dan energi kinetik air hujan. Tinggi hujan adalah istilah untuk seberapa besar hujan yang ditangkap oleh alat penakar hujan atau biasa disebut dengan curah hujan saja.

Lalu bagaimana dengan peran aspek fisika curah hujan tersebut untuk gas rumah kaca jenis CH_4 ? Aspek fisika yang mana yang dapat menurunkan konsentrasi CH_4 . Apakah hujan dapat juga berperan sama sebagai pelarut dan pencuci CH_4 seperti pada CO_2 ? Ke tiga pertanyaan di atas adalah yang melatarbelakangi penelitian ini dan akan dijawab melalui makalah ini.

Jika CH_4 dapat dicuci seperti halnya CO_2 atau sulfur, maka konsentrasi CH_4 tentunya dapat dikurangi. Hal ini mengingat konsentrasi CH_4 yang selalu meningkat setiap tahun dengan laju peningkatan di atmosfer adalah 1%/tahun.³ Selain itu CH_4 secara kuantitas adalah penyumbang emisi kedua terbesar setelah CO_2 .⁴ Secara kualitas CH_4 bersifat lebih radiatif daripada CO_2 . Hal ini disebabkan CH_4 menyerap radiasi infra merah 30 kali lebih efektif daripada CO_2 dan berkontribusi sampai 20% pada pemanasan global.^{5,6}

Penelitian ini didasarkan pada teori pendukung sebelumnya. Pembentukan metana berbanding lurus dengan suhu.⁷ Semakin tinggi suhu, maka semakin besar CH_4 yang terbentuk. Menurut Setyanto dan Suharsih⁸ bahwa suhu yang tinggi pada saat pembentukan CH_4 dapat diturunkan dengan penutupan oleh tanaman, aliran air, dan dengan adanya hujan sehingga konsentrasi metana dapat berkurang.

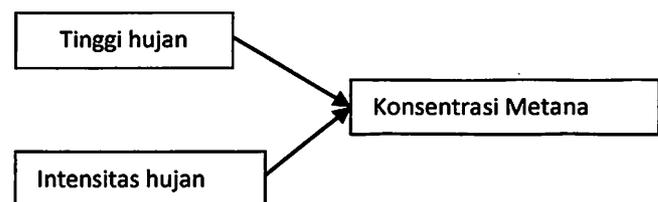
Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya tersebut tidak secara detail dan terperinci menentukan karakteristik curah hujan yang dapat mengakibatkan penurunan CH_4 . Oleh karena itu masalah dari penelitian ini dapat dirumuskan yaitu "belum diketahuinya pengaruh beberapa aspek fisika dari curah hujan pada konsentrasi CH_4 (metana)". Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh aspek fisika curah hujan yang mencakup tinggi hujan dan intensitas hujan pada konsentrasi CH_4 . Sasaran dari penelitian ini adalah memperoleh pengetahuan sains atmosfer

tentang pengaruh aspek fisika curah hujan pada konsentrasi metana.

METODOLOGI

Lokasi penelitian di lingkungan waduk Cirata dan sekitarnya. Koordinat geografi lokasi penelitian berada pada $107^{\circ}14'15''$ - $107^{\circ}22'03''$ LS dan $06^{\circ}41'30''$ - $06^{\circ}48'07''$ BT. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah tinggi hujan (jeluk hujan), intensitas hujan, dan konsentrasi CH_4 . Periode data yang digunakan adalah data bulanan dari Januari tahun 2003 sampai dengan Desember tahun 2011.

Data tinggi hujan dan intensitas hujan berasal dari satelit TRMM 3B42. Data konsentrasi kolom total CH_4 adalah hasil observasi dari satelit AIRS (*Atmospheric Infra Red Sounder*) pada ketinggian 8 km atau 260 hPa. Aspek fisika dari curah hujan yang akan dianalisis pengaruhnya pada konsentrasi CH_4 adalah tinggi hujan dan intensitas hujan. Kerangka konsep penelitian ini seperti tersaji pada Gambar 1.



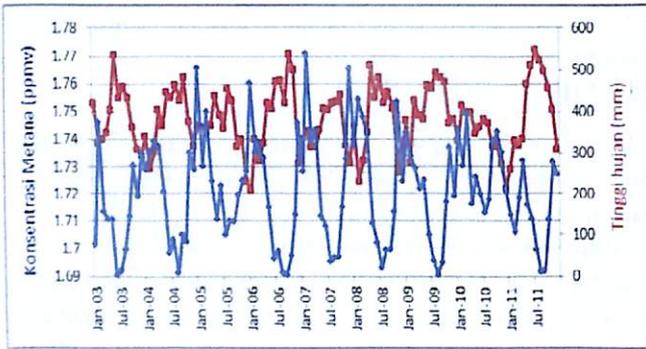
Gambar 1. Kerangka Konsep Penelitian

Berdasarkan kerangka konsep penelitian pada Gambar 1. dapat disusun hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jika jeluk hujan (tinggi hujan) semakin tinggi, maka konsentrasi metana (CH_4) semakin rendah/turun.
2. Jika intensitas hujan semakin besar, maka konsentrasi CH_4 semakin kecil/turun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data tinggi hujan dan konsentrasi CH_4 seperti disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2. menunjukkan ketika tinggi hujan pada puncak-puncak (titik maksimum), konsentrasi CH_4 justru berada pada lembah-lembah (titik-titik minimum). Sebagai contoh pada Gambar 2, yaitu ketika tinggi hujan minimum (288 mm), maka konsentrasi CH_4 besar dengan nilai 1,7705 ppmv dan ketika tinggi hujan menunjukkan 468 mm, maka konsentrasi CH_4 hanya sebesar 1,721 ppmv.

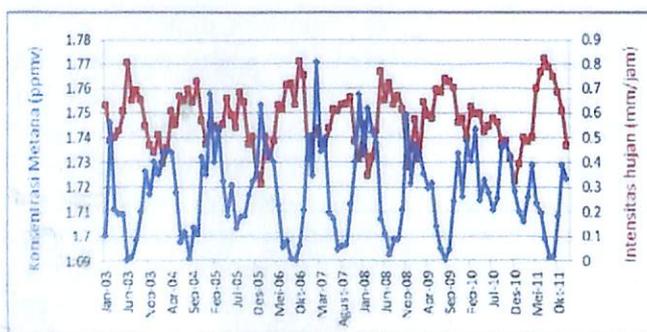


Gambar 2. Hubungan Tinggi Hujan Dengan Konsentrasi CH₄

Jika dikorelasikan antara tinggi hujan dengan konsentrasi CH₄ diperoleh koefisien korelasi (r) sebesar -0,71. Tanda negatif dari koefisien korelasi berarti hubungan antara tinggi hujan dengan konsentrasi CH₄ adalah berbanding terbalik dengan kata lain semakin tinggi jeluk hujan (tinggi hujan), maka semakin rendah konsentrasi CH₄.

Penelitian dengan hasil yang serupa pernah dilakukan oleh Dingyuan, *et al.*⁹ dan Trismidianto¹⁰. Berdasarkan penelitian Dingyuan, *et al.*⁹ menyatakan bahwa konsentrasi CH₄ di Cina tertinggi pada musim panas (Mei-Juli) dan terendah terjadi pada musim semi (Februari-April). Hasil penelitian Dingyuan, *et al.*⁹ jika dianalogikan dengan hasil penelitian ini maka musim panas dapat diidentikkan dengan musim kemarau di Indonesia dengan hujan yang jarang turun, yang menjadikan konsentrasi CH₄ tinggi. Musim semi dapat diidentikkan dengan musim penghujan di Indonesia, yang membuat konsentrasi CH₄ di Indonesia juga rendah.

Sementara Trismidianto¹⁰ menyatakan bahwa siklus musiman CH₄ menunjukkan terendah di musim dingin dan tertinggi di musim panas untuk ke dua belahan bumi baik belahan bumi Utara (BBU) maupun belahan bumi Selatan (BBS). Hasil penelitian dari Trismidianto¹⁰ ini juga sama dengan hasil yang diperoleh oleh peneliti pada penelitian ini.



Gambar 3. Hubungan Intensitas Hujan dengan Konsentrasi CH₄

Berdasarkan Gambar 3. dapat diketahui bahwa relasi antara intensitas hujan dengan konsentrasi metana adalah berbanding terbalik, artinya semakin tinggi intensitas hujan, maka semakin sedikit CH₄ yang terbentuk. Relasi ini sama dengan relasi antara tinggi hujan dengan konsentrasi CH₄. Analisis koefisien korelasi antara ke dua peubah tersebut menghasilkan ryang besarnya adalah -0,71. Nilai koefisien korelasi yang lebih besar dari 0,5 dapat dikatakan hubungan ke dua peubah tersebut (intensitas hujan dan konsentrasi metana) adalah kuat dan signifikan sehingga dapat untuk menjelaskan kausatif antara ke dua peubah tersebut (hubungan sebab-akibat).¹¹ Relasi antara tinggi hujan dengan konsentrasi CH₄ memiliki nilai koefisien korelasi yang sama dengan relasi antara intensitas hujan dengan konsentrasi CH₄ disebabkan intensitas hujan terbentuk dari persamaan rasio tinggi hujan terhadap waktu (lamanya hujan/durasi hujan).

Relasi antara tinggi hujan dengan konsentrasi CH₄ dan intensitas hujan dengan konsentrasi CH₄ adalah berbanding terbalik (semakin besar tinggi hujan dan intensitas hujan, maka semakin berkurang konsentrasi CH₄). Kondisi ini disebabkan oleh dua hal. Pertama adalah emisi CH₄ di permukaan sebagai sumber konsentrasi CH₄ di atmosfer pada musim penghujan juga lebih rendah daripada musim kemarau. Suharsih *et al.*¹² dan Suharsih *et al.*¹³ dari hasil penelitiannya menyatakan bahwa emisi CH₄ pada musim penghujan lebih rendah (67,90 kg/ha) daripada musim kemarau (103,06 kg/ha). Emisi CH₄ berbanding lurus dengan konsentrasi CH₄. Jika emisi CH₄ di permukaan tinggi, maka konsentrasi CH₄ di atmosfer juga tinggi dan berlaku sebaliknya. Emisi CH₄ di permukaan ini akan bergerak ke atmosfer berkontribusi pada konsentrasi CH₄.

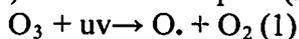
Emisi CH₄ saat musim penghujan rendah/berkurang disebabkan oleh dua hal. Pertama, air hujan memiliki konsentrasi oksigen terlarut yang lebih tinggi daripada air yang tersimpan dalam badan air di permukaan (sawah, danau, waduk, sungai, dan rawa). Air hujan yang kaya oksigen dan jatuh pada permukaan badan air akan mengubah kondisi dari badan air yang *anaerob* (media pembentukan CH₄) menjadi *aerob* (media untuk oksidasi CH₄).

Kedua, air hujan yang jatuh pada permukaan badan air akan membuat pori kecil yang akan mendifusikan gas O₂ (oksigen) dari atmosfer ke badan air. Melalui pori kecil ini gas O₂ masuk ke badan air sehingga kondisi badan air berubah

menjadi *aerob* yang akan menghambat pembentukan CH_4 .

Metana (CH_4) adalah gas yang terbentuk pada kondisi badan air tergenang yang *anaerob* (tanpa/sedikit adanya oksigen). dan adanya bahan organik. Perombakan bahan organik pada kondisi *anaerob* akan menghasilkan CH_4 .

Konsentrasi CH_4 menurun pada tinggi hujan dan intensitas hujan yang besar selain disebabkan oleh emisi CH_4 di permukaan yang rendah juga disebabkan oleh radikal OH^\cdot di atmosfer. Radikal OH^\cdot adalah senyawa pengoksidasi terbesar di troposfer. Senyawa OH^\cdot tidak bereaksi dengan senyawa utama penyusun komposisi atmosfer (N_2 (gas nitrogen), O_2 (gas oksigen), CO_2 (karbon dioksida), dan Ar (Argon)). Senyawa OH^\cdot hanya bereaksi dengan senyawa penyusun komposisi atmosfer yang berkonsentrasi kecil (senyawa mikro/minor) seperti Neon (Ne), Helium (He), metana (CH_4), Krypton (Kr), dinitrogen oksida (N_2O), hidrogen (H_2), Xenon (Xe), Ozon (O_3), sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2), dan karbon monoksida (CO). Radikal OH^\cdot dihasilkan oleh serangkaian reaksi (reaksi 1) yang melibatkan fotolisis (penguraian suatu molekul dengan energi yang berasal dari cahaya dengan cara radiasi) ozon dengan bantuan energi yang berasal dari sinar ultraviolet matahari (uv) dan reaktannya air (H_2O).



O. adalah atom oksigen yang tereksitasi karena adanya energi yang dibawa, sebagian besar atom ini akan kembali ke kondisi dasarnya sebagai atom O yang tidak tereksitasi (kehilangan energinya), dan sebagian kecil tetap dalam bentuk ini. Atom O yang tetap dalam kondisi tereksitasi ini kemudian akan bereaksi dengan uap air (H_2O) yang berada di troposfer sehingga membentuk 2 radikal OH^\cdot (reaksi 2).

OH^\cdot yang terbentuk dari reaksi kimia (reaksi 2) di atas akan bereaksi dengan CH_4 . Radikal OH^\cdot dan senyawa CH_4 bereaksi menghasilkan suatu radikal metil (CH_3^\cdot) yang selanjutnya akan direduksi menjadi CO_2 .¹⁴ Reaksi kimianya seperti tersaji pada reaksi 3.



Radikal OH^\cdot yang bereaksi dengan CH_4 akan membentuk radikal CH_3^\cdot . (metil) sehingga konsentrasi CH_4 berkurang/menurun. Dengan reaksi seperti di atas (reaksi 3), maka konsentrasi CH_4 akan berkurang terus dan selanjutnya H_2O

yang terbentuk pada reaksi 3 akan menjadi sumber penghasil OH^\cdot (seperti tersaji pada reaksi 2) sehingga saat musim penghujan konsentrasi CH_4 semakin berkurang. Sebaliknya dengan berkurangnya curah hujan, maka hal ini mengakibatkan berkurangnya reaksi antara uap air dan CH_4 sehingga jumlah CH_4 di atmosfer semakin meningkat.¹⁵

Wilayah Indonesia yang sebagian besar (2/3) merupakan perairan berpotensi untuk menyumbangkan uap air yang berasal dari penguapan (evaporasi) air laut yang mengarah pada pembentukan radikal OH^\cdot . Pada lokasi penelitian ini sumber OH^\cdot berasal dari uap air yang dievaporasikan (diuapkan) dari badan air waduk Cirata dan evapotranspirasi dari daerah sekitar waduk Cirata yang merupakan perbukitan yang banyak ditumbuhi vegetasi berkayu.

Selain potensi laut sebagai kontributor uap air (H_2O), pada musim penghujan atau ketika dan setelah hujan berlangsung akan terjadi juga peningkatan intensitas radiasi ultra violet di troposfer. Hal ini terjadi disebabkan pada musim penghujan kondisi atmosfer dalam keadaan *clear sky* (atmosfer bersih dari polutan udara, debu, dan aerosol). Pada musim penghujan polutan udara, debu, dan aerosol tercuci (*wash out*) oleh hujan sebelumnya sehingga tidak terjadi atenuasi (penyerapan radiasi oleh polutan udara, debu, dan aerosol) dan intensitas radiasi ultra violet menjadi lebih tinggi sehingga memicu fotolisis O_3 menjadi O. dan O_2 .

Pada intensitas radiasi ultra violet yang tinggi, banyak atom O tereksitasi dari molekul O_3 . Konsentrasi O. dan uap air (H_2O) yang berlimpah pada musim penghujan akan membentuk radikal OH^\cdot yang berlimpah pula. Konsentrasi radikal OH^\cdot yang berlimpah di atmosfer akan banyak bereaksi mengoksidasi CH_4 sehingga konsentrasi CH_4 menjadi menurun/berkurang.

KESIMPULAN

Aspek fisika curah hujan yang dikaji pengaruhnya pada konsentrasi CH_4 di makalah ini terbatas pada tinggi hujan (jeluk hujan) dan intensitas hujan. Masih terdapat lagi aspek fisika curah hujan yang mungkin berpengaruh pada konsentrasi CH_4 yaitu suhu air hujan dan ukuran butir air hujan sehingga diperlukan penelitian lanjutan. Tinggi hujan dan intensitas hujan memiliki pengaruh yang berbanding terbalik dengan konsentrasi CH_4 . Pada saat tinggi hujan dan intensitas hujan besar, maka konsentrasi CH_4 adalah menurun. Peran curah hujan terutama

aspek fisika (tinggi hujan dan intensitas hujan) adalah menurunkan konsentrasi CH₄ dengan cara menurunkan emisi CH₄ di permukaan dan reaksi kimia oksidasi dengan OH di atmosfer.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan Program Penelitian *In House* Tahun 2014 di Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer (PSTA), LAPAN. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada PSTA – LAPAN atas pendanaan dan arahan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Budiwati, T., A. Budiyono, W. Setyawati, A. Indrawati, 2010. Analisis Korelasi Pearson Untuk Unsur-Unsur Kimia Air Hujan Di Bandung. *Jurnal Sains Dirgantara* 7 (2): 100-112.
- ²Madigan, M. T., Martinko J., Dunlap P. V., and Clark D. P., 2009. *Brock Biology of Microorganism*, Twelfth Edition.
- ³Cicerone, R. J. and Oremland, R. S., 1988. Biogeochemical Aspect of Atmospheric Methane. *Global Biogeochem Cycles* 2: 299-327.
- ⁴Rahmansyah, M., and I. M. Sudiana., 2010. *Soil Microbial Enzymatic Activity Relate To Role Of Methanotrophic Bacteria In The Tropical Forest Soil Of Gunung Salak National Park*. *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science* 5 (2): 51-57.
- ⁵Bouwman, A. F., 1990. Introduction dalam Bouwman, A. F. (Ed.). *Soils and the Greenhouse Effect: 25-32*. Chichester: Wiley.
- ⁶IPCC, 2007. *Climate Change 2007: the physical science basis*. In: Solomon, S., Qin D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., Miller, H. L. (Eds.), *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- ⁷Treenberth, K., 1994. *Climate System Modelling*. New York: Academy Press.
- ⁸Setyanto, P dan Suharsih, 2005. *Mitigasi Gas Metan Dari Lahan Sawah*. Laporan Tahunan Loka Penelitian Tanaman Pangan. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. Pati: Kementerian Pertanian.
- ⁹Dingyuan, Z., Liao Hong, Wang Yuesi., 2014. *Simulated Spatial Distribution and Seasonal Variation of Atmospheric Methane over China: Contributions from Key Sources*. *Advances In Atmospheric Sciences* 31: 283-292.
- ¹⁰Trismidianto, 2008. *Analisis Laju Kenaikan Konsentrasi CO₂, CH₄, Dan N₂O Di Kototabang Dan Beberapa Wilayah Di Dunia*. Prosiding Workshop Aplikasi Sains Atmosfer. LAPAN, Jakarta.
- ¹¹Tantular, B, 2013. *Modul Pelatihan Pengolahan dan Analisis Data Atmosfer*, Jurusan Statistika, FMIPA. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- ¹²Suharsih, P. Setyanto dan A.K. Makarim. 1999. *Emisi Gas Metan Dari Lahan Sawah Akibat Pengaturan Air Tanaman Padi*. Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca Dan Peningkatan Produktivitas Padi Di Lahan Sawah. Puslitbang Tanaman Pangan. Balitbang Pertanian, Bogor.
- ¹³Suharsih, P. Setyanto, A.K. Makarim, 2000. *Pengaruh Pengelolaan Air Terhadap Emisi Gas CH₄ Pada Lahan Sawah di Jakenan, Jawa Tengah*. Prosiding Seminar Nasional Budi Daya Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. Puslitbang Tanaman Pangan, Balitbang Pertanian, Bogor.
- ¹⁴Albert, C., 2005. *Analisis Konsentrasi Metana Atmosferik di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang*. Laporan Tahunan Pengamatan Atmosfer Tahun 2005. Kototabang: LAPAN.
- ¹⁵Gusnita, D. dan I. Sofiati, 2013. *Fluktuasi Metan (CH₄) Selama Kejadian El Niño/La Niña Di Indonesia*. Prosiding Seminar Nasional Masalah Lingkungan Di Indonesia. IATPI, Medan.