



## PENGARUH KUALITAS AIR HUJAN PADA KONSENTRASI METANA

### *The Effect of Rainwater Quality on The Methane Concentration*

Lilik S. Supriatin<sup>1\*</sup>, Waluyo E. Cahyono<sup>1</sup>, dan Syafrizon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN  
Jl. dr. Djundjuna 133 Bandung 40173 Jawa Barat

<sup>2</sup>Balai Pengamat Atmosfer dan Antariksa Agam, LAPAN  
Bukit Kototabang, Kabupaten Agam, Sumatera Barat

\* Untuk Korespondensi, email: lilik\_japan@yahoo.com

Received: June 30, 2017

Accepted: August 31, 2017

Online Published: September 7, 2017

DOI : 10.20961/jkpk.v2i2.11972

### ABSTRAK

Penelitian tentang pengaruh pH air hujan pada emisi metana ( $\text{CH}_4$ ) sudah banyak dilakukan. Lalu bagaimana dengan pengaruh pH air hujan pada konsentrasi  $\text{CH}_4$ ? Pertanyaan tersebut akan dijawab melalui penelitian ini. Permasalahan dalam penelitian ini adalah belum diketahuinya pengaruh dan interaksi dari kualitas air hujan dalam hal ini pH (derajat kemasaman) air hujan terhadap konsentrasi  $\text{CH}_4$  (metana). Tujuan dari penelitian adalah pertama mengetahui penyebab hujan asam di lokasi penelitian. Ke dua adalah mengetahui dan menganalisis pengaruh pH air hujan pada konsentrasi  $\text{CH}_4$ . Lokasi penelitian di Balai Pengamat Atmosfer dan Antariksa LAPAN di bukit Kototabang, Sumatera Barat. Data yang dipergunakan pada penelitian ini adalah pH air hujan dan konsentrasi  $\text{CH}_4$ . Metode analisis yang dipergunakan adalah analisis statistik dan analisis deskriptif. Hasil menunjukkan koefisien korelasi antara pH air hujan dengan konsentrasi  $\text{CH}_4$  sebesar 0,87. Nilai koefisien korelasi ini menunjukkan bahwa pengaruh pH air hujan berbanding lurus dengan konsentrasi  $\text{CH}_4$ . Artinya semakin pH air hujan semakin tinggi, maka konsentrasi  $\text{CH}_4$  akan semakin tinggi juga.

**Kata kunci:** pengaruh, pH, curah hujan, konsentrasi, metana

### ABSTRACT

Research on the effect of pH of rainfall on the emission of methane ( $\text{CH}_4$ ) has been made. And what about the influence of the pH of rainfall at a concentration of  $\text{CH}_4$ ? That question will be answered through this research. The problem in this research is not yet known and the effect of the interaction of water quality in these clouds pH (degree of acidity) of rain on the concentration of  $\text{CH}_4$ . The purpose of the study was the first object to determine acid rain in research location and to determine and analyze the influence of the pH of rainfall on the  $\text{CH}_4$  concentration. The research location is at Balai Pengamat Atmosfer dan Antariksa LAPAN in Kototabang hills, West Sumatra. The data used in this study is the pH of rainfall and  $\text{CH}_4$  concentrations. The analytical method used is the analysis of statistical and descriptive analysis. The results showed a correlation coefficient between the pH of rainfall with  $\text{CH}_4$  concentration of 0,87. The correlation coefficient indicates that the effect of the pH of rainfall is linearly proportional to the concentration of  $\text{CH}_4$ . This means that the pH of rainfall is higher, then the  $\text{CH}_4$  concentration will increase.

**Keywords:** effect, pH, rainfall, concentration, methane

## PENDAHULUAN

Curah hujan atau hujan dapat ditinjau dari dua aspek yaitu kuantitas dan kualitas. Aspek kuantitas curah hujan mencakup tinggi hujan dan durasi hujan. Sedangkan aspek kualitas curah hujan meliputi intensitas hujan, energi kinetik air hujan, ukuran butir hujan, kandungan mikroorganisme air hujan, dan kandungan kimia air hujan. Pada makalah ini hanya khusus mengkaji kandungan kimia air hujan (derajat kemasaman atau pH) pengaruhnya pada konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ).

Secara alami derajat kemasaman (pH) air hujan normal adalah 5,6 [1]. Berdasarkan kandungan kimia air hujan dikenal istilah hujan asam dan hujan basa. Hujan asam adalah air hujan dengan pH lebih kecil dari 5,6. Adalah Robert Angus Smith, seorang berkebangsaan Inggris yang untuk pertama kali pada 1852 menghubungkan antara pencemaran udara dengan dampaknya berupa hujan asam. Dua puluh tahun kemudian (1872), Robert Angus Smith menemukan untuk pertama kalinya hujan asam di kota Manchester (Inggris) yang disebabkan industrialisasi pada masa revolusi industri [2]. Sedangkan hujan basa, jika pH air hujan di atas 5,6.

Hujan asam ini berdampak negatif pada lingkungan. Air hujan dengan pH lebih kecil dari 5,1 akan berakibat buruk bagi lingkungan dan kesehatan. Sementara pH kurang dari 5,6 berdampak pada properti, monumen, dan ekosistem terutama lingkungan badan air dan tanah/lahan [3].

Hujan asam dapat terjadi baik alami maupun antropogenik (hasil kegiatan manusia). Secara alami hujan asam dapat terjadi akibat erupsi (letusan) gunung api, proses biologis tanah, rawa dan laut [2, 4].

Erupsi gunung api salah satunya melepaskan gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) dan sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) yang merupakan gas-gas pembentuk air hujan asam [5]. Hujan asam terjadi jika di atmosfer terdapat bahan polutan udara berupa  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_x$  yang bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  (titik-titik air dalam awan) membentuk  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (asam sulfat) dan  $\text{HNO}_3$  (asam nitrat) dan turun sebagai hujan asam. Asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) berasal dari  $\text{NO}_x$  yang terjadi pada suhu tinggi di dalam mesin kendaraan bermotor. Sementara  $\text{SO}_2$  berasal dari industri, kendaraan bermotor, dan erupsi gunung api.

Berdasarkan karakteristiknya, komposisi udara di atmosfer dapat dikelompokkan menjadi gas rumah kaca dan polutan (pencemar udara). Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan  $\text{NO}_x$  adalah termasuk polutan udara yang mengakibatkan hujan asam, sedangkan  $\text{CH}_4$  adalah golongan gas rumah kaca.

Penelitian tentang interaksi antara polutan udara ( $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_x$ ) dengan gas rumah kaca ( $\text{CH}_4$ ) saat ini baru terbatas pada pengaruh konsentrasi sulfat yang terlarut dalam air hujan pada emisi  $\text{CH}_4$ . Watson dan Nedwel [6] dari hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya konsentrasi sulfat yang terlarut dalam air hujan dan jatuh ke tanah akan menurunkan emisi  $\text{CH}_4$  dengan hubungan yang berbanding terbalik. Artinya semakin tinggi konsentrasi sulfat terlarut dalam air hujan, maka emisi  $\text{CH}_4$  semakin kecil. Hasil yang sama diperoleh dari penelitian Gauci *et al.* [7] yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi sulfat terlarut dalam air hujan, maka semakin kecil emisi  $\text{CH}_4$ . Lalu bagaimana reaksi dari hujan asam (sulfat terlarut dalam air hujan) dengan konsentrasi  $\text{CH}_4$ ? Pertanyaan ini akan dijawab melalui penelitian ini. Tujuan

penelitian ini adalah mengetahui dan menganalisis pengaruh pH air hujan pada konsentrasi  $\text{CH}_4$ .

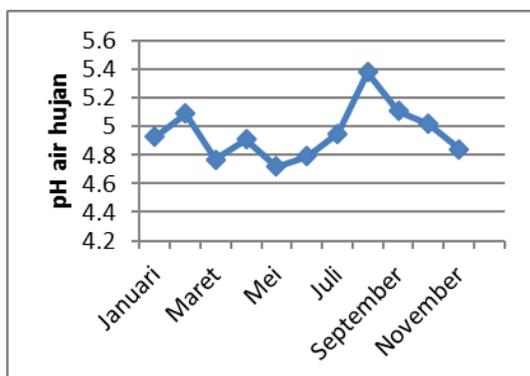
## METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data bulanan kimia air hujan (KAH) dari Balai Pengamatan Atmosfer dan Antariksa Agam yang terletak di bukit Kototabang Sumatera Barat. Data kimia air hujan meliputi data pH, konsentrasi  $\text{SO}_4^{2-}$  (sulfat) dan  $\text{NO}_3^-$  (nitrat), dan  $\text{CH}_4$  serta data curah hujan sendiri. Metode spektrofotometrik digunakan untuk mengukur konsentrasi ion  $\text{SO}_4^{2-}$  dan  $\text{NO}_3^-$  dari air hujan. Air hujan ditampung dalam suatu alat ukur *rain gauge*, lalu diukur pH nya dengan pH meter. Air hujan dianalisis kandungannya dengan alat spektrofotometer. Sementara konsentrasi  $\text{CH}_4$  diukur dengan *Infrared gas detector*.

Metode yang digunakan untuk analisis data adalah analisis statistik ukuran pemusatan (*mean*), analisis korelasi, dan analisis deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pH air hujan rata-rata bulanan lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. pH air hujan bulanan

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa hujan di lokasi penelitian sudah tergolong hujan asam untuk semua bulan. Hal ini disebabkan pH air hujan lebih kecil dari 5,6 untuk semua hujan rata-rata bulanan. Derajat kemasaman (pH) air hujan lokasi penelitian yang lebih kecil dari 5,6 disebabkan **pertama** adanya gunung Marapi yang berstatus aktif normal. Artinya selalu mengeluarkan asap yang bercampur belerang (sulfur). Gunung Marapi terletak pada ketinggian 2891 m dari permukaan laut. Sedangkan lokasi penelitian juga berada pada dataran tinggi yaitu pada ketinggian 865 m dari permukaan laut.

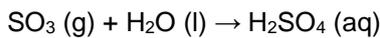
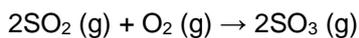
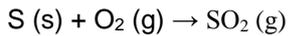
Bukti **kedua** bahwa hujan asam di lokasi penelitian disebabkan gunung Marapi adalah dari kandungan kimia air hujan. Tabel 1 menunjukkan konsentrasi kandungan kimia air hujan yang jatuh di lokasi penelitian.

Tabel 1. Kontribusi  $\text{SO}_4^{2-}$  (mg/l),  $\text{NO}_3^-$  (mg/l), dan pH

Sulfat	Nitrat	pH air hujan
0.647	0.021	4.93
0.724	0.000	5.09
0.492	0.004	4.77
0.408	0.134	4.91
0.524	0.083	4.72
0.542	0.077	4.95
0.805	0.767	5.38
0.398	0.000	5.11
0.428	0.224	5.02
0.323	0.257	4.84

Konsentrasi  $\text{SO}_4^{2-}$  (Tabel 1) berasal dari gunung api Marapi. Padatan debu yang mengandung belerang (S; sulfur) diemisikan oleh gunung api Marapi dan bereaksi dengan oksigen di atmosfer membentuk  $\text{SO}_2$ . Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) teroksidasi di atmosfer membentuk  $\text{SO}_3$ . Gas  $\text{SO}_3$  bersifat mudah

larut dalam air sehingga pada udara lembab (udara yang banyak mengandung uap air) menghasilkan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Uap air yang telah mengandung  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ini merupakan bagian dari awan dan selanjutnya akan berkondensasi, lalu turun sebagai hujan asam. Reaksi kimianya:

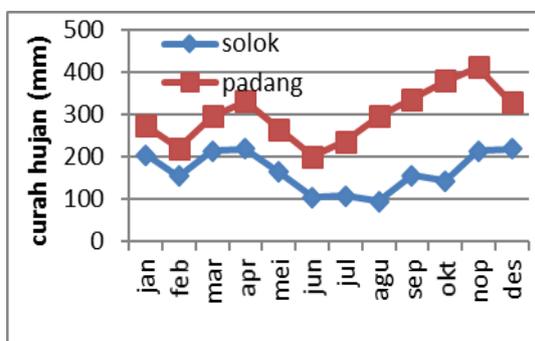


Derajat kemasaman dinyatakan dengan pH sebagai nilai logaritma dari konsentrasi ion  $[\text{H}^+]$  atau dengan formulasi:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Semakin besar konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang terkandung dalam air hujan, maka akan semakin kecil nilai pH nya yang berarti semakin asam hujannya.

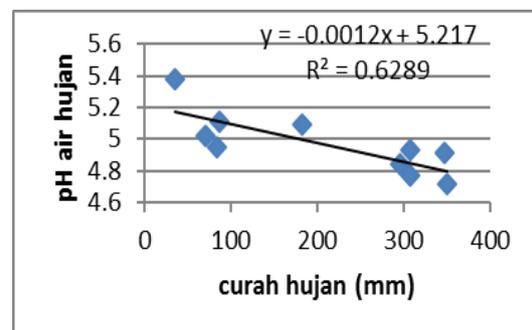
Faktor pendukung atau bukti lain yang mendukung kalau penyebab hujan asam di lokasi penelitian adalah faktor alami (karena adanya gunung api) berasal dari data curah hujan klimatologis (30 tahun) di dua lokasi (kota Solok dan Padang) yang berdekatan dengan lokasi penelitian. Gambar 2 menyajikan siklus curah hujan klimatologis dari dua lokasi yang berdekatan dengan lokasi penelitian.



Gambar 2. Curah hujan klimatologis (1973-2002) lokasi penelitian

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui curah hujan bulanan klimatologis di 2 lokasi sebagian besar adalah lebih besar dari 100 mm. Artinya lokasi penelitian adalah daerah yang basah yang seharusnya pH air hujannya normal ( $\text{pH} = 5,6$ ) atau lebih besar dari 5,6 tetapi kenyataan di lapangan air hujan lokasi penelitian untuk setiap bulan dalam setahun adalah bersifat hujan asam. Hal ini menunjukkan sumber sulfat yang menjadi penyumbang hujan asam berasal dari sumber yang mengemisikan belerang secara terus-menerus yaitu dalam hal ini adalah gunung api Marapi.

Jika sumber asam yaitu sulfat dan nitrat berasal dari industri atau transportasi, maka terdapat kecenderungan saat musim penghujan pH air hujan lebih besar dari 5,6. Saat musim kemarau pH air hujan bersifat asam. Hal ini disebabkan hujan berfungsi mencuci polutan udara (wash out) [8]. Ditambahkan oleh Budiwati *et al* [8] bahwa hujan dengan intensitas tinggi akan lebih sedikit membersihkan, mencuci, dan melarutkan polutan udara dibandingkan dengan hujan intensitas kecil (gerimis). Gambar 2 menunjukkan fungsi dari curah hujan sebagai pembasuh polutan udara (*wash-out*).



Gambar 3. Hubungan antara hujan dengan pH air hujan

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui pertama bahwa hubungan korelasi antara curah hujan (tinggi hujan) dengan pH air hujan adalah berbanding terbalik. Hal ini dapat ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi ( $r$ ) yang besarnya  $-0,79$ . Ke dua, Gambar 2 juga menyatakan bahwa semakin besar curah hujan, maka akan semakin kecil pH air hujan. Kondisi ini disebabkan pada curah hujan yang besar, maka banyak sulfat akan tercuci sehingga akan berpengaruh pada besar nilai pH yang akan semakin kecil.

Hujan asam disebabkan oleh sulfat dan nitrat yang terlarut dalam air hujan. Belerang atau sulfur adalah sumber sulfat di atmosfer. Atmosfer mendapatkan sulfat dari 3 sumber yaitu industri, transportasi, dan erupsi gunung api. Sementara nitrat diperoleh atmosfer dari atmosfer sendiri, industri, transportasi, dan kegiatan pertanian.

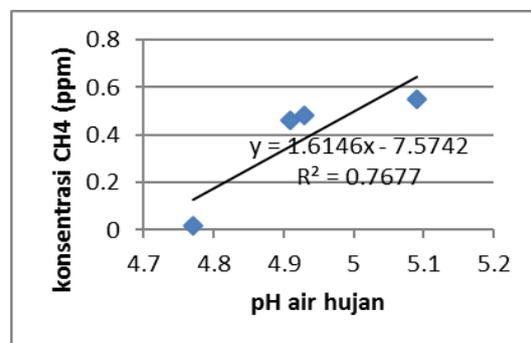
Komposisi atmosfer terdiri dari 78% nya adalah gas nitrogen [9]. Adalah tidak mungkin gas  $N_2$  bereaksi dengan  $O_2$  membentuk  $NO_2$  disebabkan lokasi penelitian yang terletak pada dataran tinggi yang memiliki kerapatan udara yang renggang sehingga reaksi fotokimia dengan bantuan sinar matahari adalah tidak mungkin terjadi.  $NO_2$  yang terbentuk akan menjadi nitrat di atmosfer dengan bantuan intensitas radiasi matahari yang lebih besar dari  $50 \text{ watt/m}^2$ .

Jadi untuk kasus lokasi penelitian dimana air hujan rata-rata bulanan selama setahun termasuk hujan asam lebih banyak disebabkan oleh sumber alami yaitu gunung Marapi yang aktif normal. Adalah tidak mungkin juga sulfat dan nitrat diperoleh dari transportasi dan industri mengingat lokasi penelitian adalah daerah terpencil yang

belum ramai dan terletak pada ketinggian yang cukup tinggi. Oleh karena itu hujan asam bukan ukuran indikator kualitas lingkungan [10]. Karena bisa saja seperti di lokasi penelitian hujannya sudah tergolong asam, tetapi bukan karena kerusakan lingkungan (kemacetan atau industrialisasi) tetapi faktor alami adanya gunung api aktif normal.

Implikasi dari ini adalah bahwa hujan asam yang berasal dari sumber alami jangan menjadi masalah. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk menanam tanaman yang tahan terhadap sulfur yang tinggi seperti tanaman kacang-kacangan dan tanaman bawang merah dan bawang putih [11].

Interaksi dan pengaruh pH air hujan pada konsentrasi  $CH_4$  disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara pH air hujan dengan konsentrasi  $CH_4$ .

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui pertama hubungan antara pH air hujan dengan konsentrasi  $CH_4$  berbanding lurus. Artinya semakin tinggi pH yang berarti semakin rendah konsentrasi sulfat, maka semakin tinggi konsentrasi  $CH_4$ . Hal ini disebabkan ketika air hujan asam yang jatuh di tanah dengan membawa ion sulfat akan mengubah pH tanah menjadi lebih asam.

Bakteri metanogen sebagai penghasil CH<sub>4</sub> akan bekerja menghasilkan emisi CH<sub>4</sub> pada kisaran pH mendekati 6-8 dan pH optimum untuk pembentukan gas metana adalah 7. Pada tanah dengan kemasaman tinggi, aktivitas bakteri metanogen berkurang yang berpengaruh terhadap penurunan produksi metana dalam tanah [12].

Adanya hujan asam akan mengurangi konsentrasi CH<sub>4</sub> sebesar 30-40% dari kondisi tanpa hujan asam [2]. Adanya hujan asam berarti mengurangi gas rumah kaca jenis CH<sub>4</sub> di atmosfer sebagai penyebab pemanasan global. Metana memiliki potensi pemanasan global 21 kali lebih besar daripada CO<sub>2</sub> [13]. Tetapi bukan berarti industri atau transportasi dengan bebasnya dapat mencemari lingkungan dengan tujuan mengurangi CH<sub>4</sub> dan pemanasan global.

Tidak hanya dalam tanah, di atmosfer sendiri CH<sub>4</sub> mendapat saingan dari SO<sub>2</sub> yang dilepaskan oleh erupsi gunung api [14]. Hal ini disebabkan oleh reaksi kimia reduksi sejumlah radikal OH oleh CH<sub>4</sub> dan SO<sub>2</sub> yang bersaing. Radikal OH diperebutkan antara CH<sub>4</sub> dan SO<sub>2</sub>. Jika CH<sub>4</sub> berhasil bereaksi dengan OH, maka konsentrasi CH<sub>4</sub> berkurang, sementara konsentrasi SO<sub>2</sub> meningkat. Destruksi metana terjadi jika metana bereaksi dengan O-H dan membentuk radikal methyl C-H<sub>3</sub> dan uap air (H<sub>2</sub>O) [15].

Baik di darat (tanah) maupun udara konsentrasi CH<sub>4</sub> mendapat saingan dari senyawa sulfur baik sulfat maupun sulfur dioksida.

Berdasarkan Gambar 4 juga dapat diketahui koefisien korelasi (r) antara pH air hujan dengan konsentrasi CH<sub>4</sub> dengan r =

0,87. Menurut Gordon jika koefisien korelasi lebih besar dari 0,5 adalah termasuk korelasi atau hubungan yang kuat sehingga korelasi ini bersifat signifikan [16].

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dihasilkan kesimpulan bahwa hujan asam yang terjadi di lokasi penelitian disebabkan oleh SO<sub>2</sub> yang selalu kontinu dilepaskan oleh gunung Marapi yang aktif normal. Interaksi antara pH air hujan dengan konsentrasi CH<sub>4</sub> adalah berbanding lurus sama halnya dengan pola pengaruh pH air hujan pada emisi CH<sub>4</sub>.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Ir. Tuti Budiwati, M.Eng yang telah banyak berdiskusi dengan penulis.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Susanta, G dan H. Sutjahjo., 2008, Akankah Indonesia Tenggelam Akibat Pemanasan Global?, Penebar Plus. Jakarta.
- [2] Mehta, Prashant. (2010). Science behind acid rain: Analysis of Its Impact and advantages on Life and Heritage Structure. South Asian Journal of Tourism and Heritage. Vol. 3. No. 2: 123-132.
- [3] Wardhana, W.,1995. Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- [4] Agustiani, Y., 2008. Pengaruh Hutan Kota dalam Mengurangi Hujan Asam Di Kawasan Industri: Studi Kasus di Kawasan Industri Medan, Kelurahan Malabar, Kecamatan Medan Deli, Medan. Skripsi Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan.

- [5] Sumaryati, (2014). Mixing Height di Atas Gunung Api di Sumatera Terkait dengan Penyebaran SO<sub>2</sub> Vertikal, Jurnal Lingkungan Tropis, vol. 8, No.1, Maret 2014: 39-47.
- [6] Watson, A and Nedwel, D. B. (1998), Methane Production and Emission From Peat: The Influence of Anions (Sulphate, Nitrate) from Acid Rain, Atmospheric Environment Journal, vol. 32, No. 19: 3239-3245.
- [7] Gauci, V., N. Dise and D. Fowler. (2002). Controls on suppression of methane flux from a peat bog subjected to simulated acid rain sulfate. Journal of Global Biogeochemical Cycles. Vol. 16. No. 1:4-1 – 4-12.
- [8] Budiwati, T., A. Budiyono, W. Setyawati, A. Indrawati. (2010). Analisis Korelasi Pearson untuk Unsur-Unsur Kimia Air Hujan Di Bandung. Jurnal Sains Dirgantara. Vol. 7. No. 2: 100-112.
- [9] Pawitan, H., 1989. Termodinamika Atmosfer. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan, DIKTI, PAU Ilmu Hayat, IPB Press, Bogor.
- [10] Soedomo, M., 2001. Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara. Penerbit ITB. Bandung.
- [11] Sutejo, M. M., 1995. Pupuk dan Cara Pemupukan. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- [12] Setyanto, P dan Suharsih., 1995, Mitigasi Gas Metan Dari Lahan Sawah. Laporan Tahunan Loka Penelitian Tanaman Pangan, Jakenan, Pati. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- [13] IPCC, 1996. Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Contribution of Working Group I to the second Assessment Report of The IPCC, Cambridge Univ Press, New York.
- [14] Quirk, T., 2010, Twentieth Century Sources of Methane In The Atmosphere, Document of 43<sup>rd</sup> Seminar on Planetary Emergencies, World Federation the of Scientists, 19-24 August, 2010, Institute of Public Affairs, Melbourne, Australia, pp 365-374.
- [15] Mazière<sup>1</sup>, M.D., C. Vigouroux, P. F. Bernath, P. Baron, T. Blumenstock, C. Boone, C. Brogniez, V. Catoire, M. Coffey, P. Duchatelet, D. Griffith, J. Hannigan, Y. Kasai, I. Kramer, N. Jones, E. Mahieu, G. L. Manney, C. Piccolo, C. Randall, C. Robert, C. Senten, K. Strong, J. Taylor, C. Tétard, K. A. Walker, and S. Wood, 2008. *Validation of ACE-FTS v2.2 methane profiles from the uppertroposphere to the lower mesosphere*. Atmos. Chem. Phys., 8, 2421–2435.
- [16] Gordon, N. D., T. A. Mc. Mahon, and B. L. Finlayson., 1992. Stream Hydrology: An Introduction for Ecologist. John Wiley & Sons, New York. Pp 526.