

PEROSOT EMISI DAN KONSENTRASI METANA (CH₄)

Lilik Slamet Supriatin

e-mail: lilik_lapan@yahoo.com, slametlapan@gmail.com

Ringkasan

Pada tulisan ini diulas curah hujan sebagai perosot baik emisi maupun konsentrasi CH₄ dan bakteri metanotrof sebagai perosot emisi CH₄. Curah hujan atau hujan menurunkan emisi CH₄ melalui empat cara. **Pertama** yaitu butir air hujan dengan energi kinetiknya dapat mendifusikan gas oksigen dari atmosfer ke badan air. **Kedua**, butir air hujan yang juga mengandung oksigen terlarut akan mengubah kondisi badan air dari *anaerob* menjadi *aerob* (mengandung oksigen). Keduanya, baik gas oksigen yang berdifusi ke badan air bersama air hujan yang jatuh dan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) dalam air hujan akan menurunkan emisi CH₄. Emisi CH₄ dihasilkan pada badan air yang *anaerob* (tidak mengandung oksigen). Cara **ketiga** adalah suhu air hujan yang lebih rendah daripada suhu air di badan air. Suhu optimum untuk pembentukan CH₄ adalah berkisar 30-40°C. Suhu air hujan adalah lebih rendah dari 30°C. Suhu air hujan yang lebih rendah juga membawa kandungan oksigen terlarut yang lebih tinggi. Suhu berbanding terbalik dengan konsentrasi oksigen terlarut. **Keempat**, air hujan menurunkan emisi CH₄ dari pH air hujan. Hujan asam yang memiliki pH di bawah 5,6 tidak cocok untuk pertumbuhan bakteri metanogen sebagai penghasil CH₄ yang dapat hidup pada badan air tergenang dengan kisaran pH 6-8. Hujan dapat menjadi perosot konsentrasi CH₄ dengan mengoksidasi CH₄ di atmosfer yang bereaksi dengan gugus hidroksil (OH⁻). Bakteri metanotrof menjadi perosot emisi CH₄ dengan cara mengoksidasi CH₄ yang dihasilkan oleh bakteri metanogen di dalam tanah atau badan air, sebelum CH₄ dilepaskan ke atmosfer.

PENDAHULUAN

Sudah banyak tulisan yang mengulas tentang sumber emisi CH₄ (metana), tetapi hanya sedikit tulisan yang membahas perosot (*sinker*) dari emisi maupun konsentrasi CH₄. Bahkan sebagian besar masyarakat, sudah banyak yang mengetahui beberapa sumber emisi CH₄. Pertanian padi sawah, lokasi penampungan/pembuangan sampah, lahan gambut, rawa, kotoran ternak, banjir adalah beberapa sumber emisi CH₄ baik alami maupun hasil kegiatan manusia (antropogenik). Permasalahan pada

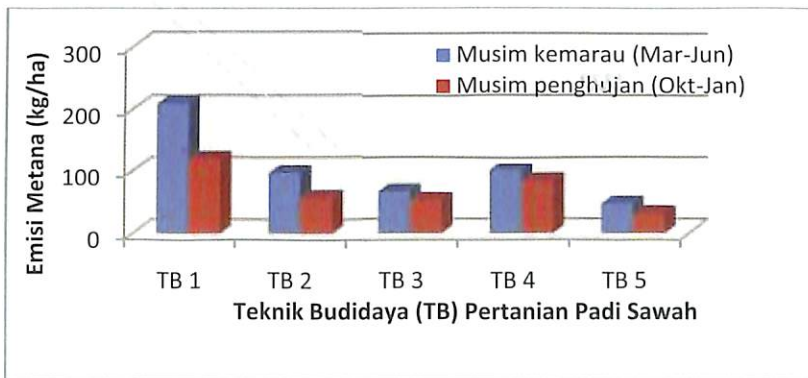
tulisan ini dapat dirumuskan yaitu belum banyak diketahuinya perosot emisi dan konsentrasi CH₄.

Perosot menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia¹ adalah termasuk kata benda yang artinya dapat menurunkan sesuatu. Jadi perosot emisi dan konsentrasi CH₄ berarti benda-benda yang dapat menurunkan besarnya emisi dan konsentrasi CH₄. Perosot emisi dan konsentrasi CH₄ penting untuk diketahui agar dapat dilakukan upaya mitigasi untuk menurunkan atau mengurangi emisi CH₄ di permukaan. Hal ini disebabkan emisi dan konsentrasi CH₄ semakin hari semakin meningkat seiring peningkatan populasi dan aktivitas manusia. Sebagian besar aktivitas manusia berkontribusi pada peningkatan CH₄ sekitar 1%/tahun².

Peningkatan emisi CH₄ harus diantisipasi mengingat dampaknya pada pemanasan global (kenaikan suhu udara). Oleh karena itu melalui tulisan ini akan dikaji perosot emisi dan konsentrasi CH₄ yang dapat menurunkan emisi CH₄. Tujuan dari penulisan makalah ini adalah mengetahui perosot emisi dan konsentrasi CH₄, yaitu melalui mekanisme hujan dan bakteri metanotrof.

CURAH HUJAN SEBAGAI PEROSOT EMISI CH₄

Berdasarkan penelitian Suharsih dkk^{3,4} dapat diketahui bahwa curah hujan dapat menurunkan emisi CH₄. Oleh karena itu curah hujan dapat digolongkan ke dalam perosot emisi CH₄. Gambar 1 menyajikan emisi CH₄ yang dilepaskan pada musim yang berbeda dari berbagai teknik budi daya pertanian padi sawah.



Sumber: Suharsih dkk³ dan Suharsih dkk⁴

Gambar 1. Emisi CH₄ yang dilepaskan pada musim yang berbeda

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui dua hal. **Pertama**, bahwa emisi CH₄ pada musim penghujan (67,9 kg/ha) lebih kecil daripada musim

kemarau (103,06 kg/ha). Hal ini tampak tidak saja pada satu teknik budi daya padi, tetapi untuk kelima teknik budi daya padi besarnya emisi CH_4 rata-rata pada musim penghujan lebih kecil daripada musim kemarau sehingga dapat disimpulkan musim penghujan menurunkan emisi CH_4 daripada musim kemarau. **Kedua**, curah hujan pada musim penghujan telah dapat menurunkan emisi CH_4 rata-rata sebesar 35,16 kg/ha daripada emisi CH_4 pada musim kemarau. Hal ini menunjukkan bahwa curah hujan berfungsi sebagai perosot emisi CH_4 .

Curah hujan sebagai perosot emisi CH_4 melalui empat mekanisme berikut ini. Pertama adalah butir air hujan yang jatuh di permukaan badan air tergenang akan membuat seperti pori kecil pada permukaan badan air. Melalui pori kecil ini, gas oksigen (O_2) berdifusi ke dalam badan air. Semakin banyak air hujan yang jatuh di badan air, maka semakin banyak gas oksigen yang berdifusi ke dalam badan air sehingga emisi CH_4 berkurang.

Mekanisme kedua berasal dari air hujan yang mengandung oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) akan masuk dalam badan air. Semakin tinggi oksigen terlarut, maka semakin rendah emisi CH_4 yang dihasilkan badan air. Mekanisme pertama dan kedua akan mengubah kondisi badan air tergenang yang sebelum hujan turun adalah *anaerob*, maka saat dan setelah hujan turun kondisi badan air tergenang akan menjadi *aerob*. Pada kondisi *aerob*, bakteri metanogen tidak dapat bekerja menghasilkan CH_4 sehingga emisi CH_4 berkurang. Bakteri metanogen adalah bakteri penghasil CH_4 .

Mekanisme ketiga yang mempengaruhi emisi CH_4 adalah suhu air hujan. Suhu optimum pembentukan CH_4 adalah berkisar 30-40 °C⁵. Air hujan memiliki suhu yang lebih kecil dari 30 °C. Hal ini disebabkan hujan terjadi karena proses kondensasi (pengembunan) sehingga suhu air hujan menjadi lebih rendah. Pembentukan CH_4 berbanding lurus pada kisaran suhu 30-40 °C⁶. Semakin tinggi suhu media tumbuh bakteri metanogen, pembentukan CH_4 adalah semakin besar. Yamane dan Sato⁷ menyatakan bahwa pembentukan CH_4 maksimum pada suhu 40 °C. Suhu air hujan juga mempengaruhi oksigen terlarut dalam air hujan. Semakin rendah suhu air hujan, maka semakin tinggi konsentrasi oksigen terlarut dalam air hujan yang berarti semakin berkurang emisi CH_4 ⁸.

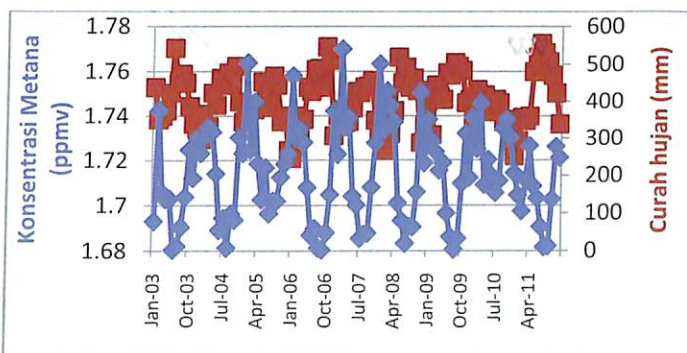
Mekanisme keempat, curah hujan sebagai perosot emisi CH_4 berasal dari aspek kimia curah hujan yaitu pH air hujan. Wang dkk⁹ menyatakan bahwa bakteri metanogen sebagai penghasil CH_4 dapat hidup pada kisaran pH 6-8. Ditambahkan oleh Wang dkk⁹ bahwa pembentukan CH_4 maksimum terjadi pada pH 6,9 hingga 7,1. Pada pH lebih kecil dari

5,75 atau lebih besar dari pH 8,75 pembentukan CH_4 terhambat.

Berdasarkan pernyataan dari Wang dkk⁹ tersebut, maka hujan asam yang memiliki pH lebih kecil dari 5,6 dan jatuh pada badan air tergenang akan menghambat pembentukan CH_4 sehingga emisi CH_4 akan menjadi berkurang/menurun. Semakin rendah pH air hujan, semakin kecil emisi CH_4 yang dilepaskan badan air. Jadi melalui mekanisme difusi oksigen, oksigen terlarut dalam air hujan, suhu air hujan, dan pH air hujan. Curah hujan dapat sebagai penurun emisi CH_4 atau sebagai perosot emisi CH_4 di permukaan.

CURAH HUJAN SEBAGAI PEROSOT KONSENTRASI CH_4

Berdasarkan penelitian Supriatin dan Ambarsari¹⁰ dapat diketahui bahwa curah hujan menurunkan konsentrasi CH_4 . Gambar 2 menunjukkan relasi antara konsentrasi CH_4 dengan curah hujan. Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa saat curah hujan relatif tinggi (540 mm), maka konsentrasi CH_4 rendah (1,730 ppmv), tetapi ketika curah hujan rendah (98 mm), konsentrasi CH_4 malahan lebih tinggi (1,756 ppmv). Hasil analisis koefisien korelasi (r) antara curah hujan dengan konsentrasi CH_4 juga menunjukkan nilai -0,73. Artinya **pertama**, antara curah hujan dengan konsentrasi CH_4 memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Semakin tinggi curah hujan, maka semakin rendah konsentrasi CH_4 . **Kedua**, berdasarkan nilai r juga menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan dengan konsentrasi CH_4 memiliki relasi yang kuat yang dapat dibuat persamaan regresinya. **Ketiga** adalah menunjukkan bahwa curah hujan adalah perosot konsentrasi CH_4 di atmosfer.



Sumber: Supriatin dan Ambarsari¹⁰

Gambar 2. Relasi antara konsentrasi CH_4 dengan curah hujan

Ketika terjadi curah hujan relatif tinggi, maka konsentrasi CH_4 adalah rendah. 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. Sedangkan emisi CH₄ berbanding lurus dengan konsentrasi CH₄. Jika emisi CH₄ di permukaan tinggi, maka konsentrasi CH₄ di atmosfer juga tinggi. Emisi CH₄ di permukaan ini akan bergerak ke atmosfer berkontribusi pada konsentrasi CH₄.

Kedua, konsentrasi CH₄ menurun pada curah hujan yang relatif tinggi disebabkan oleh adanya radikal OH⁻ (hidroksil) di atmosfer. Radikal OH⁻ adalah senyawa pengoksidasi terbesar di troposfer. Senyawa OH⁻ tidak bereaksi dengan senyawa utama penyusun komposisi atmosfer [N₂ (gas nitrogen), O₂ (gas oksigen), CO₂ (karbon dioksida), dan Ar (Argon)]. Senyawa OH⁻ hanya bereaksi dengan senyawa penyusun komposisi atmosfer yang berkonsentrasi kecil (senyawa mikro/minor) seperti Neon (Ne), Helium (He), metana (CH₄), Krypton (Kr), dinitrogen oksida (N₂O), hidrogen (H₂), Xenon (Xe), Ozon (O₃), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (N₂O), dan karbonmonoksida (CO). OH⁻ akan bereaksi dengan CH₄. Radikal OH⁻ dan senyawa CH₄ bereaksi menghasilkan suatu radikal metil (CH₃.) yang selanjutnya akan direduksi menjadi CO₂¹¹. Radikal OH⁻ yang bereaksi dengan CH₄ akan membentuk radikal CH₃. (metil) sehingga konsentrasi CH₄ berkurang. Konsentrasi CH₄ akan berkurang terus dan selanjutnya H₂O yang terbentuk akan menjadi sumber penghasil OH⁻ sehingga saat musim penghujan konsentrasi CH₄ semakin berkurang. Sebaliknya dengan berkurangnya curah hujan, maka hal ini mengakibatkan berkurangnya reaksi antara uap air dan CH₄ sehingga jumlah CH₄ di atmosfer semakin meningkat¹².

BAKTERI METANOTROF SEBAGAI PEROSOT EMISI CH₄

Metana (CH₄) secara alami dihasilkan dari perombakan bahan organik dalam kondisi *anaerob* oleh bakteri metanogen. Bakteri metanogen termasuk bakteri saprofit yang merombak dan menguraikan bahan organik.

Di alam banyak terdapat jenis bakteri, selain bakteri metanogen yang menghasilkan CH₄ terdapat juga bakteri metanotrof yang mengoksidasi CH₄. Bakteri metanotrof mengurangi emisi CH₄ ke atmosfer sehingga dapat menjadi perosot emisi CH₄ di permukaan. Bakteri metanotrof adalah perosot CH₄ penting di atmosfer. Adanya bakteri metanotrof di dalam tanah dapat mengurangi emisi CH₄ ke atmosfer sebesar 20-60 Tg atau setara 4-10% total emisi CH₄ global¹³.

Bakteri metanotrof tergolong jenis bakteri kemoautotrof yaitu bakteri yang dapat membuat makanannya sendiri dengan menggunakan energi

kimia berupa CH₄ sendiri sebagai sumber makanannya. Spesies bakteri metanotrof yang telah teridentifikasi antara lain adalah *Methylocystis parvus*, *Methylosinus sporium*, *Methylobacter agile*, *Methylobacter whittenburyi*, *Methylomonas methanica*, *Methylococcus capsulatus*, dan *Methanobacterium bryantii*.²

PENUTUP

Curah hujan telah terbukti sebagai perosot emisi dan konsentrasi CH₄ di atmosfer, sementara bakteri metanotrof adalah hanya perosot emisi CH₄ di permukaan. Curah hujan sebagai perosot emisi CH₄ di permukaan melalui empat mekanisme yaitu difusi oksigen bersamaan butir air hujan yang jatuh pada badan air, oksigen terlarut yang terkandung dalam air hujan, suhu air hujan, dan pH air hujan. Semakin banyak air hujan yang jatuh di badan air, maka semakin banyak gas oksigen yang berdifusi ke dalam badan air sehingga emisi CH₄ berkurang. Semakin rendah suhu air hujan, maka semakin tinggi oksigen terlarut dalam air hujan sehingga semakin kecil emisi CH₄ yang dihasilkan. Semakin rendah pH air hujan, semakin kecil emisi CH₄ yang dilepaskan badan air. Jadi relasi antara difusi oksigen dan oksigen terlarut dengan emisi CH₄ adalah berbanding terbalik, sementara relasi antara suhu air hujan dan pH air hujan dengan emisi CH₄ adalah berbanding lurus. Bakteri jenis metanotrof adalah perosot emisi CH₄ dengan cara mengoksidasi CH₄ yang dihasilkan oleh bakteri metanogen sebelum CH₄ diemisikan ke atmosfer.

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pertanian (Balittan), Puslitbang Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian atas data yang diberikan.

Daftar Pustaka

- ¹Departemen Pendidikan Nasional, 2008. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- ²Jaatinen, K. , C. Knief, P.F. Dunfield, K. Yrjala, and H. Fritze, 2004, *Methanotrophic Bacteria in Boreal Forest Soil After Fire*, FEMS Microbiology Ecology 50: 195-200.

- ³Suharsih, 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. Balitbang Pertanian, Bogor.
- ⁴Suharsih, P. Setyanto dan 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. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jakenan Pati.
- ⁵Vogels, G. D., J.T. Keltjens, and C. Van der Drift, 1988, *Biochemistry of Methane Production Biology of and Aerobic Microorganism*. Nature 350:406-409.
- ⁶Cicerone, R. J and R. S. Oremland, 1988, *Biogeochemical Aspect of Atmospheric Methane*” Global Biogeochem, Cycles 2.
- ⁷Yamane, I and S. Sato, 1961, *Effect of Temperature on The Formation of Gases and Ammonium Nitrogen in The Waterlogged Soils*. Institute of Agricultural Research, Tokoku Univ.12:1-10.
- ⁸Odum, E. P., 1995, *Dasar-Dasar Ekologi*, edisi ke tiga, Yogyakarta: UGM Press.
- ⁹Wang, Z. P., R.D. De Laune, P. H. Masscheleyn, and W. H. Patrick., 1993, *Soil Redox and pH Effects on Methane Production in a Flooded Rice Soil*. Journal Soil Science Society America 57: 382-385.
- ¹⁰Supriatin, L. S dan N. Ambarsari., 2015, *Pengaruh Aspek Fisika Curah Hujan Pada Konsentrasi CH₄ (Metana)*, Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer 2015, LAPAN, Bandung.
- ¹¹Albert, C, 2005, “*Analisis Konsentrasi Metana Atmosferik di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang*”, Laporan Tahunan Pengamatan Atmosfer Tahun 2005.
- ¹²Gusnita, D, dan I. Sofiati, 2013, *Fluktuasi Metan (CH₄) Selama Kejadian El Nino/La Nina Di Indonesia*. Prosiding Seminar Nasional Masalah Lingkungan Di Indonesia, IATPI-USU, Medan.
- ¹³Roslev, P., N. Iversen and K. Henriksen, 1997, *Oxidation and Assimilation of Atmospheric Methane by Soil Methane Oxidizers*. Journal of applied and environemnatl microbiology 63; 874-880.