

EMISI GAS METANA DARI WADUK SAGULING, CIRATA DAN JATILUHUR

METHANE EMISSIONS FROM SAGULING, CIRATA AND JATILUHUR RESERVOIRS

Yayu Sofia¹⁾, Tontowi²⁾, Simon S. Brahmana³⁾, Sukmawati Rahayu⁴⁾

^{1,2,3,4)} Balai Lingkungan Keairan
Pusat Litbang Sumber daya Air, Jalan Ir.H.Juanda 193 Bandung
E-mail: sofia_yayu@yahoo.com

Diterima: 20 Agustus 2013; Disetujui: 25 Oktober 2013

ABSTRAK

Pemanasan Global merupakan salah satu masalah lingkungan yang menarik perhatian baik nasional maupun internasional. Pemanasan global yang terjadi pada planet bumi ini terutama disebabkan karena bertambahnya kadar gas rumah kaca, antara lain gas metana. Sumber gas metana yang berasal dari waduk-waduk di Indonesia belum banyak diketahui. Mengingat hal tersebut, maka pada tahun 2012 telah dilakukan penelitian emisi gas metana dari Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur. Metode penelitian dilakukan dengan cara pengukuran langsung di lapangan menggunakan sungkup terapung yang dihubungkan dengan alat pengukur infrared spektrometer. Pengukuran dilaksanakan dua kali, masing – masing pada bulan Maret dan April yang dilakukan di 12-19 lokasi di setiap waduk (inlet, tengah, outlet waduk, serta di sumber pencemar). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata emisi gas metana di Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur masing-masing sebesar 1,183 g/m²/hari; 0,620 g/m²/hari dan 0,410 g/m²/hari. Nilai ini ternyata lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata di waduk-waduk di daerah tropis (Panama, Brasil, dan Guyana) yang rata-ratanya sebesar 0,300 g/m²/hari. Meskipun demikian, karena luas permukaan waduk di Indonesia jauh lebih kecil dibandingkan luas rawa dan persawahan maka dapat diperkirakan bahwa total emisi gas metana dari waduk lebih kecil dibanding total emisi dari rawa dan persawahan.

Kata kunci: Emisi, gas rumah kaca, pemanasan global, metana, waduk,

ABSTRACT

Global warming is one of the environmental issues that give interest both nationally and internationally. Global warming which is happened on this planet is mainly caused by increasing levels of greenhouse gases, such as methane gas. Source of methane gas that comes from reservoirs in Indonesia has not been studied yet. That is why in 2012, the study on methane emissions from Saguling, Cirata and Jatiluhur reservoirs was conducted. Method of research was done by direct measurements in the field using a floating chamber connected to the infrared spectrometer. The Measurement was carried out two times, respectively each in March and April which were done at 12-19 locations in each reservoir (inlet, middle, outlet reservoirs, and the sources of pollution). The results showed that the average value of methane gas emissions in Saguling, Cirata and Jatiluhur reservoirs respectively are 1,183 g/m²/day; 0.620 g/m²/day and 0.410 g/m²/day g/m²/hari. These values were higher than the average value in the reservoirs in the tropical countries (Panama, Brazil, and Guyana) which has the average of 0.300 g/m²/day. However, because of reservoir surface area in Indonesia is less than the peatland and agricultural areas, it can be estimated that the total emissions of methane gas from the reservoir is less than the total emissions from peatland and agricultural areas.

Keywords: Green house gas, methane, reservoirs, emission, global warming

PENDAHULUAN

Pemanasan global saat ini sudah menjadi isu yang sangat menarik, baik tingkat nasional maupun

tingkat internasional. Dampak yang diakibatkan oleh pemanasan global antara lain: terjadinya perubahan iklim yang sangat ekstrim di bumi, terganggunya hutan dan ekosistem lainnya, serta

kenaikan permukaan air laut yang mengakibatkan negara-negara kepulauan seperti Indonesia akan mendapatkan pengaruh yang sangat besar. Pemanasan global yang terjadi pada planet bumi ini terutama disebabkan karena bertambahnya kadar gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Gas yang termasuk GRK ini antara lain: karbon dioksida, metana, nitrogen oksida dan gas-gas yang mengandung fluor hidrofluorocarbons (US-EPA 2010).

Untuk negara agraris dan tropis seperti Indonesia, masalah pemanasan global yang dikaitkan dengan emisi gas rumah kaca banyak terfokus pada gas metana. Hal ini disebabkan karena gas metana dapat terbentuk secara alamiah misalnya pada lahan-lahan basah seperti daerah rawa dan sawah pertanian yang banyak terdapat di Indonesia (Prihasto et al 2008).

Pada akhir-akhir ini sebagian peneliti berpendapat bahwa waduk dan bendungan merupakan sumber penghasil gas metana yang cukup besar. Pendapat ini menimbulkan perbedaan dan kontroversi. Sebagian peneliti mendukung pendapat tersebut, sebagian menolaknya.

Seorang peneliti dari Brazil's National Institute for Space Research, Ivan Lima, memperkirakan emisi gas metana dari bendungan-bendungan besar di dunia cukup besar, mencapai sekitar 104 juta ton pertahunnya. Peneliti lain, Philip Fearnside dari National Institute for Research di Amazon berpendapat bahwa emisi gas metana dari bendungan-bendungan pembangkit tenaga listrik di Brasil merupakan penyebab pemanasan global yang lebih besar dibandingkan pembakaran bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi yang sama. Namun pendapat para peneliti tersebut ditentang oleh peneliti yang lain. Mereka berpendapat bahwa perkiraan tersebut terlalu banyak berdasarkan asumsi-asumsi yang belum tentu benar. Luis Pinguelli Rosa, peneliti dari Federal University of Rio de Janeiro menyatakan bahwa Philip Fearnside telah melakukan suatu kesalahan. Peneliti ini menuduh bahwa perhitungan yang dilakukan oleh Fearnside hanya berdasarkan data dari bendungan Petit Saut di Guyana yang baru dibangun sehingga emisi metananya sangat tinggi (MED India net working for Health 2007).

Doug Dixon, dari Hydropower Research-The Electric Power Research Institute di Washington, mengatakan bahwa masalah emisi gas rumah kaca dari bendungan ini memang masih merupakan hal yang kontroversi. Terdapat dua pihak yang saling bertentangan dengan argumen masing-masing. Oleh karena masih bersifat kontroversi ini maka Danny Cullenward dan David Victor peneliti dari

Stanford University menghimbau dilakukannya penelitian tentang masalah ini (MED India net working for Health, 2007, P.M. Fearnside 2007, dan International Rivers Press Release, 2007).

Pada kenyataannya penelitian emisi gas metana dari waduk memang masih jarang dilakukan, termasuk di Indonesia. Untuk memperoleh informasi yang benar maka sangat penting dilakukan penelitian emisi gas metana pada waduk-waduk sehingga diperoleh informasi dan data untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Pemanasan Global dan Gas Metana

Pemanasan global yang terjadi pada planet bumi ini terutama disebabkan karena bertambahnya kadar gas-gas rumah kaca di atmosfer. Protokol Kyoto mengatur enam jenis gas-gas rumah kaca, yaitu karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrogen oksida (N_2O), dan tiga gas-gas industri yang mengandung fluor hidrofluorocarbons (HFC), perfluorocarbons (PFC) dan sulfur hexafluoride (SF_6) (Grubb, M 2003).

Dibandingkan dengan gas karbon dioksida (CO_2), gas metana dapat menimbulkan pemanasan global yang lebih besar dan tidak terserap oleh klorofil tumbuh-tumbuhan sehingga lebih permanen di atmosfer dibanding gas CO_2 . Gas-gas lain seperti N_2O , HFC, PFC dan SF_6 , kadarnya sangat sedikit di atmosfer sehingga relatif tidak menyimpan potensi pemanasan global yang besar. Gas-gas ini umumnya dihasilkan oleh proses industri di negara-negara maju. (US-EPA 2010).

Gas metana digolongkan sebagai gas rumah kaca karena gas ini dapat menyebabkan kenaikan temperatur pada atmosfer bumi, mirip seperti efek dalam rumah kaca. Pada rumah kaca, atap atau dinding kaca dari rumah kaca tersebut dapat dilewati sinar matahari yang mempunyai gelombang panjang. Sinar matahari tersebut masuk ke dalam rumah kaca. Oleh permukaan bumi, sinar matahari yang mempunyai gelombang panjang dipantulkan kembali dalam bentuk sinar gelombang pendek atau sinar infra merah yang sifatnya panas. Sinar gelombang pendek yang panas ini tidak dapat menembus atap atau dinding kaca sehingga menaikkan temperatur di dalam ruangan rumah kaca tersebut. Demikian pula halnya yang terjadi di atmosfer bumi, radiasi gelombang panjang dari matahari dapat melewati atmosfer bumi dan dipantulkan kembali oleh permukaan bumi dalam bentuk sinar infra merah yang panas. Pada kondisi normal, sinar infra merah yang dapat menyebabkan panas ini sebagian besar akan kembali ke luar angkasa. Namun terdapatnya

gas seperti karbon dioksida, metana dan sebagainya dalam atmosfer yang dapat menyerap sinar panas pantulan dari bumi tersebut telah menaikkan temperatur udara di atmosfer. Gas yang bersifat menyerap sinar infra merah yang panas dan dapat meningkatkan temperatur udara disebut gas rumah kaca, karena mempunyai efek seperti halnya rumah kaca (US-EPA 2010).

Sumber Gas Metana

Ditinjau dari sumbernya gas metana dapat berasal dari sumber alamiah dan sumber akibat kegiatan manusia.

Sumber Alamiah (US-EPA 2010)

Jumlah emisi gas metana ke atmosfer yang berasal dari sumber-sumber alamiah pada saat ini diperkirakan sekitar 208 juta ton per tahunnya. Dari keseluruhan sumber-sumber alamiah yang ada, sumber dari lahan basah (*wetland*) merupakan sumber yang terbesar yang jumlahnya diperkirakan sebanyak 170 juta ton per tahunnya. Sumber lainnya berasal dari emisi geologis (*geological emissions*) yang diperkirakan sebanyak 42- 64 juta ton/tahun, dari danau sekitar 30 juta ton per tahun dan emisi dari tumbuh-tumbuhan sebanyak 20-60 juta ton per tahunnya.

Lahan basah merupakan ekosistem yang jenuh dengan air, dimana air ini memegang peranan penting dalam menentukan sifat-sifat tanah, spesies tanaman dan hewan yang ada. Luas lahan basah meliputi sekitar 5 persen dari seluruh permukaan bumi, terdiri dari daerah yang drainasenya tidak baik seperti daerah rawa dan daerah tropis yang banyak curah hujannya. Pada lahan basah bahan-bahan organik (bahan yang mengandung unsur karbon) dapat membusuk.

Emisi secara geologis terjadi dimana gas metana dapat keluar secara alamiah dari permukaan bumi. Emisi gas metana dari permukaan bumi kadang-kadang keluar melalui "macroseepage" dimana gas keluar dalam jumlah yang relatif besar di suatu lokasi. Gas metana dapat juga keluar dari perut bumi melalui gunung-gunung berapi yang masih aktif atau di daerah geothermal. Lokasi keluarnya gas metana dari perut bumi ini dapat pula terjadi di daratan atau di laut di bawah permukaan air (US-EPA 2010).

Danau merupakan suatu badan air yang terbentuk secara alamiah. Dalam pembahasan tentang sumber gas rumah kaca, bendungan tidak dimasukkan dalam kelompok danau. Sumber gas rumah kaca yang berasal bendungan digolongkan pada sumber yang diakibatkan oleh kegiatan manusia (*anthropogenic*). Gas metana pada danau terbentuk di dasar danau akibat aktifitas mikroorganisme *methanogens* pada kondisi

kekurangan oksigen (*anarobik*). Pembentukan gas metana di dasar danau dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain cuaca, kedalaman danau, kondisi di dasar danau, produktivitas tanaman dan hewan mikroskopis maupun makroskopis yang merupakan bahan organik dan apabila mati atau tenggelam akan menjadi bahan gas metana (US-EPA 2010).

Tumbuh-tumbuhan sudah lama diketahui dapat berfungsi sebagai media transportasi gas metana dari tanah atau sedimen dasar ke atmosfer. Penelitian terbaru ternyata menyimpulkan bahwa tumbuh-tumbuhan itu sendiri juga dapat menghasilkan gas metana. Pada tahun 2006 dilaporkan bahwa tumbuh-tumbuhan mengeluarkan gas metana melalui proses yang masih belum jelas pada kondisi kekurangan oksigen. Perkiraan besarnya emisi gas metana dari tumbuh-tumbuhan berkisar antara 20 sampai 60 juta ton per tahunnya. Namun peneliti lain memperkirakan metana yang berasal dari tumbuh-tumbuhan ini mencapai sepertiga dari seluruh gas metana yang dihasilkan secara alamiah. Jika pendapat yang terakhir ini benar, maka perkiraan jumlah emisi gas metana yang berasal dari *wetland* saat ini dianggap terlalu besar (Keppler F. et al 2006).

Sumber Akibat Kegiatan Manusia

Jumlah emisi gas metana yang berasal dari kegiatan manusia diperkirakan lebih banyak dibandingkan dengan yang berasal dari sumber alamiah. Jumlah emisi gas metana yang berasal dari kegiatan manusia ini diperkirakan mencapai 320 juta ton per tahunnya, dibandingkan dengan 208 juta ton pertahunnya dari sumber alamiah. Menurut Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (U.S-EPA), sumber gas metana yang diakibatkan oleh kegiatan manusia terutama berasal dari kegiatan penambangan/pemakaian bahan bakar, kegiatan peternakan dan tempat pembuangan sampah (US-EPA, 2011a).

Gas metana selalu dijumpai pada lokasi-lokasi penambangan bahan bakar fosil. Gas metana ini akan keluar apabila bahan bakar fosil, baik batubara, minyak ataupun berupa gas ditambang dari perut bumi. Selain pada saat proses penambangan, gas metana juga teremisi ke atmosfer pada saat pemrosesan, transportasi, dan pemakaian bahan bakar fosil (US-EPA 2010).

Secara global, usaha peternakan merupakan sumber gas metana terbesar yang dihasilkan oleh kegiatan manusia. Di Amerika usaha peternakan ini merupakan sumber terbesar ketiga (US-EPA 2011b). Pada usaha peternakan, emisi gas metana ke atmosfer dapat terjadi dalam dua cara. Cara pertama yang disebut "enteric fermentation" yang

terjadi dalam perut binatang ternak memamah biak seperti sapi, domba dan kambing. Pada saat binatang-binatang ini melakukan pencernaan, terbentuklah gas metana dalam jumlah yang cukup banyak. Cara yang kedua adalah melalui kotoran dari binatang yang mengandung banyak bahan-bahan organik. Apabila bahan organik tersebut terdekomposisi dalam suasana anaerob maka akan menghasilkan gas metana. Sebenarnya dengan manajemen yang baik, emisi gas metana ke atmosfer dari usaha peternakan ini dapat dikurangi atau bahkan gas metana yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar (US-EPA 2011b).

Tempat pembuangan sampah merupakan tempat dimana terdapat bahan-bahan organik dalam jumlah yang cukup besar. Karena sampah yang dibuang ke lokasi pembuangan tersebut terus menumpuk, maka terjadilah tumpukan sampah yang makin lama makin tinggi. Tumpukan sampah yang mengandung bahan organik di lapisan bawah akhirnya mengalami keadaan anaerobik dan terjadilah proses dekomposisi yang menghasilkan gas metana. Jumlah emisi gas metana dari pembuangan akhir sampah secara keseluruhan sangat besar, umumnya berasal dari negara-negara berkembang yang kadar pembuangan sampah organiknya cenderung besar (Wahyu P. 2009).

Emisi Gas Metana dari Waduk dan Bendungan

Dalam penggolongannya, emisi gas metana dari waduk dimasukkan dalam golongan sumber yang diakibatkan oleh kegiatan manusia (anthropogenic). Air pada waduk dan bendungan tersebut telah menggenangi kawasan lahan yang cukup luas, dimana terdapat hutan, sawah dan ladang yang merupakan sumber bahan organik. Bahan organik yang terendam cukup lama di dasar bendungan ini dalam kondisi anaerob dan bantuan mikroorganisme *methanogens* akan membusuk dan terurai menghasilkan gas metana (US-EPA 2010).

Potensi emisi gas metana pada waduk dan bendungan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: kondisi lahan bakal waduk sebelum diairi, kondisi kualitas air waduknya dan juga kondisi waduknya sendiri, misalnya kedalaman dan umur waduk (Gruca-Rokosz, R. et al 2011).

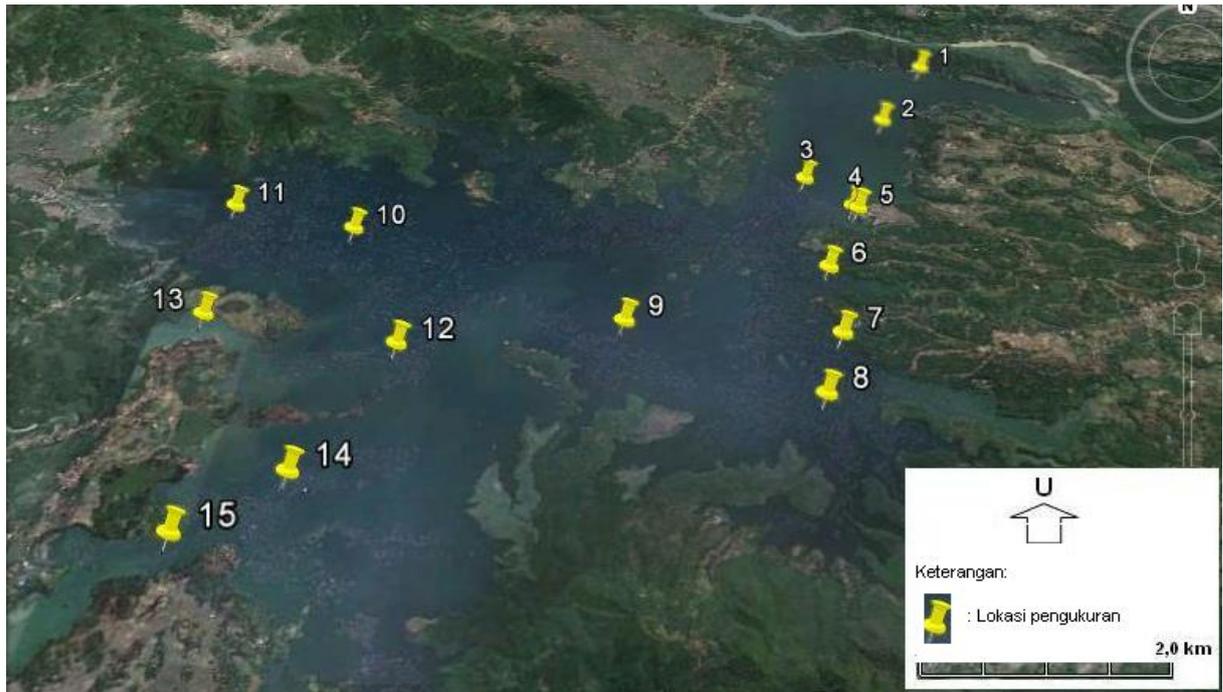
Anggapan bahwa waduk dan bendungan merupakan sumber gas metana yang cukup besar dan merupakan penyebab pemanasan global yang potensial masih bersifat kontroversial. MED India

net working for Health 2007 memperkirakan bahwa bendungan-bendungan besar di dunia dapat mengemisi gas metana sekitar $104 \pm 7,2$ Tg (atau 104 juta ton) pertahunnya. Namun pendapat ini ditentang oleh peneliti yang lain. Mereka berpendapat bahwa perkiraan tersebut terlalu banyak berdasarkan asumsi-asumsi yang belum tentu benar. Philip Fearnside, peneliti lain dari National Institute for Research di Amazon berpendapat bahwa apabila gas-gas yang teremisi dari hidropower yang besar di Brasil diperhitungkan, maka bendungan-bendungan tersebut merupakan penyebab pemanasan global yang lebih besar dibandingkan pembakaran bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi yang sama. Pendapat ini ditentang oleh Luis Pinguelli Rosa dari Federal University of Rio de Janeiro yang menyatakan bahwa Philip Fearnside telah melakukan "kesalahan ilmiah" (scientific errors). Peneliti ini mengatakan bahwa perhitungan yang dilakukan oleh Fearnside berdasarkan data dari bendungan Petit Saut di Guyana yang baru dibangun sehingga emisi metananya pada tingkatan yang paling tinggi. (MED India net working for Health 2007).

Manager dari Hydropower Research-The Electric Power Research Institute di Washington, Doug Dixon mengatakan bahwa masalah emisi gas rumah kaca dari bendungan ini memang masih merupakan hal yang kontroversi, dimana terdapat peneliti-peneliti dari kedua pihak yang saling bertentangan. Karena masih bersifat kontroversi ini maka Danny Cullenward dan David Victor peneliti dari Stanford University menghimbau dilakukannya penelitian tentang masalah ini (MED India net working for Health, 2007, P.M. Fearnside 2007, dan International Rivers Press Release, 2007).

METODE PENELITIAN

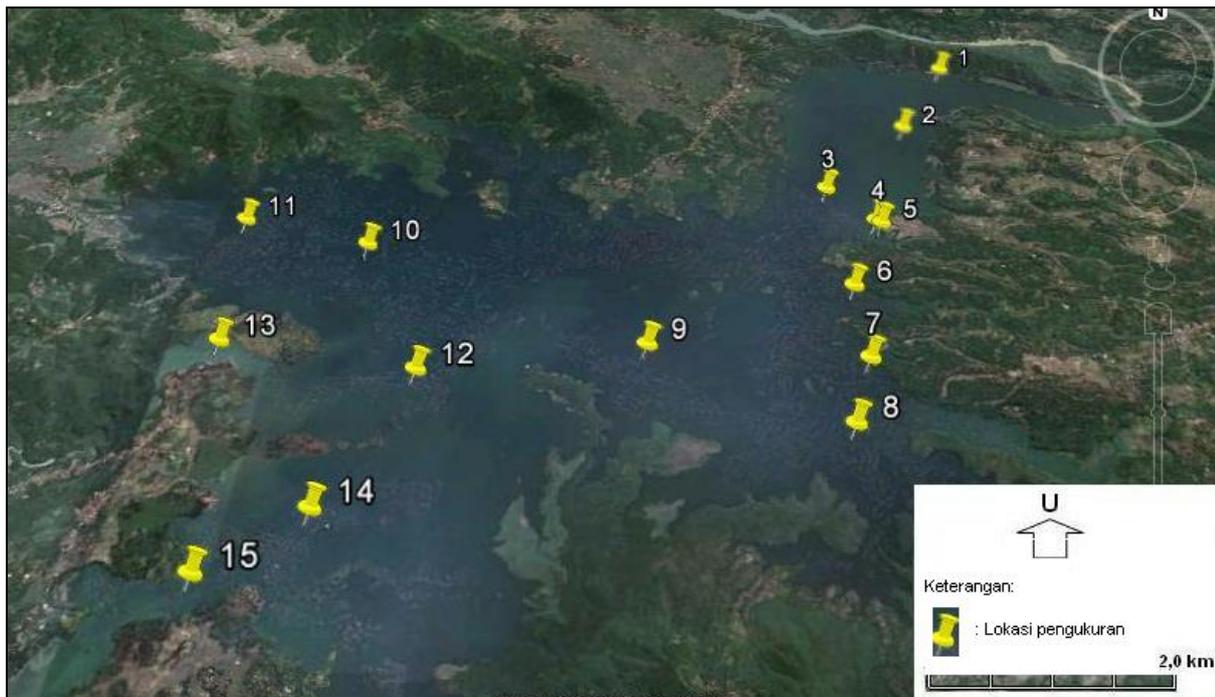
Penelitian untuk menentukan besarnya emisi gas metana di waduk-waduk di Jawa Barat dilakukan pada bulan Maret dan April tahun 2012 dan dilaksanakan di 3 (tiga) waduk, yaitu: Waduk Saguling, Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur. Lokasi penelitian untuk masing-masing waduk diusahakan agar dapat mewakili semua bagian dari waduk tersebut, mulai dari bagian hulu sampai ke bagian hilirnya. Pada Waduk Saguling dilakukan di 12 lokasi, Waduk Cirata di 15 lokasi dan Waduk Jatiluhur di 19 lokasi. Lokasi selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1-3 dan Tabel 1-3.



Gambar 1 Lokasi pengukuran emisi gas metana di Waduk Saguling

Tabel 1 Lokasi pengukuran emisi gas metana di Waduk Saguling

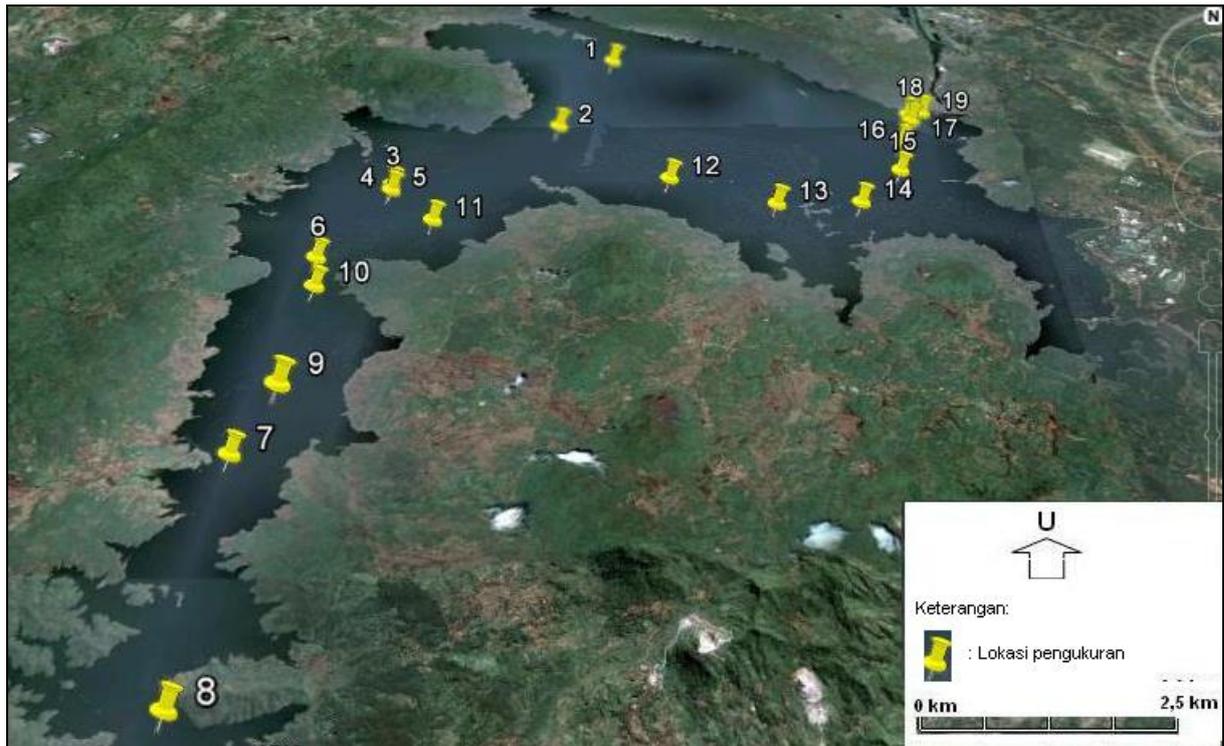
Nomor	Tanggal	Jam	Bujur Timur	Lintang Selatan
1	12/4/2012	9:51:58	107.432797°	-6.904427°
2	12/4/2012	10:00:53	107.43298°	-6.904283°
3	12/4/2012	10:14:59	107.436566°	-6.903662°
4	12/4/2012	10:30:53	107.426008°	-6.905936°
5	12/4/2012	10:43:24	107.425912°	-6.905984°
6	12/4/2012	10:56:57	107.419581°	-6.910786°
7	12/4/2012	11:14:34	107.407846°	-6.913844°
8	12/4/2012	12:00:03	107.430655°	-6.942023°
9	12/4/2012	12:21:51	107.436400°	-6.95847°
10	12/4/2012	13:31:15	107.438191°	-6.965608°
11	12/4/2012	14:09:17	107.422109°	-6.933891°
12	12/4/2012	15:23:52	107.370990°	-6.921646°



Gambar 2 Lokasi pengukuran emisi gas metana di Waduk Cirata

Tabel 2 Lokasi pengukuran emisi gas metana di Waduk Cirata

Nomor	Tanggal	Jam	Bujur Timur	Lintang Selatan
1	11/4/2012	9:56:35	107.346447 °	-6.692291 °
2	11/4/2012	10:19:50	107.339305 °	-6.705344 °
3	11/4/2012	10:50:23	107.328208 °	-6.717624 °
4	11/4/2012	11:06:30	107.333090 °	-6.723188 °
5	11/4/2012	11:13:32	107.333641 °	-6.723573 °
6	11/4/2012	11:47:53	107.328970 °	-6.734108 °
7	11/4/2012	12:03:01	107.329044 °	-6.744530 °
8	11/4/2012	12:23:43	107.326385 °	-6.752916 °
9	11/4/2012	12:48:31	107.307001 °	-6.742437 °
10	11/4/2012	14:33:26	107.276654 °	-6.727116 °
11	11/4/2012	14:52:38	107.262361 °	-6.722918 °
12	11/4/2012	15:12:41	107.284197 °	-6.745816 °
13	11/4/2012	15:36:57	107.263971 °	-6.74193 °
14	8/3/2012	12:21:04	107.276960 °	-6.762451 °
15	8/3/2012	13:28:30	107.268291 °	-6.769178 °



Gambar 3 Lokasi pengukuran emisi gas metana di Waduk Jatiluhur

Tabel 3 Lokasi pengukuran emisi gas metana di Waduk Jatiluhur

Nomor	Tanggal	Jam	Bujur Timur	Lintang Selatan
1	10/4/2012	9:34:12	107.337697°	-6.514632°
2	10/4/2012	9:50:50	107.330347°	-6.532767°
3	10/4/2012	10:11:01	107.307839°	-6.547599°
4	10/4/2012	10:19:39	107.307998°	-6.548648°
5	10/4/2012	10:26:29	107.307995°	-6.548656°
6	10/4/2012	10:48:24	107.300589°	-6.563236°
7	10/4/2012	11:10:39	107.298104°	-6.596611°
8	10/4/2012	11:33:26	107.300177°	-6.627301°
9	10/4/2012	12:03:27	107.300889°	-6.586424°
10	10/4/2012	12:23:57	107.301531°	-6.568756°
11	10/4/2012	12:42:34	107.314738°	-6.555337°
12	10/4/2012	13:10:33	107.346808°	-6.545332°
13	10/4/2012	13:26:15	107.361589°	-6.550901°
14	10/4/2012	13:53:18	107.373279°	-6.550303°
15	10/4/2012	14:08:00	107.379638°	-6.542895°
16	10/4/2012	14:19:26	107.380724°	-6.536007°
17	10/4/2012	14:29:16	107.382864°	-6.530367°
18	10/4/2012	14:36:26	107.382649°	-6.528815°
19	10/4/2012	14:45:46	107.384775°	-6.528337°

Metode Pengukuran

Penelitian emisi gas metana di waduk-waduk ini dilaksanakan dengan cara pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan alat Fluxmeter dari West System.

Alat Fluxmeter terdiri dari sungkup terapung berdiameter 20 cm, yang terhubung dengan alat infrared spektrometer. Dengan demikian pengukurannya dapat dilakukan di tempat. Alat ini dilengkapi dengan GPS, (Global Positioning System), termometer, alat pengukur tekanan serta program khusus untuk menghitung emisi gas metana yang sedang diperiksa. Seperti alat pengukuran yang lainnya sebelum digunakan untuk pengukuran, alat Fluxmeter ini juga harus dikalibrasi dahulu.

Kalibrasi Alat

Kalibrasi alat fluxmeter dilakukan sesuai prosedur penggunaan alat dari West System (West System, 2006) dan dilaksanakan dengan menggunakan gas nitrogen murni sebagai blanko serta standar gas campuran yang mengandung metana 11200 mg/L metana. Setelah dikalibrasi, alat siap digunakan untuk pengukuran.

Pengukuran Emisi Gas Metana

- 1) Alat fluxmeter dihidupkan dan ditunggu kira-kira 20 menit sampai temperatur alat mencapai 50 °C.
- 2) Sungkup diletakkan atau diapungkan di atas permukaan air waduk di suatu lokasi yang sudah ditentukan.
- 3) Pengukuran dilakukan dengan memantau kadar gas metana yang ada dalam sungkup selama 100-200 detik.

- 4) Sesudah pengukuran selesai, hasil pengukurannya disimpan dalam memori alat yang yang kemudian dapat dihitung besar emisi metananya dalam satuan mol/m²/hari.

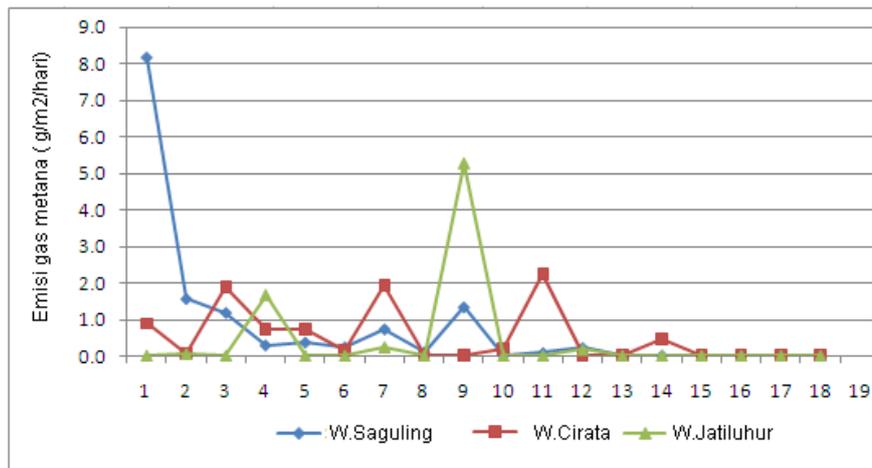
HASIL PEMBAHASAN

Fluktuasi Emisi Metana tiap Waduk

Berdasarkan hasil pengukuran di atas, ternyata emisi gas metana di lokasi-lokasi Waduk Saguling mempunyai nilai yang berfluktuasi antara 0,00–8,17 g/m²/hari. Di Waduk Cirata berfluktuasi antara 0,00–2,26 g/m²/hari dan di Waduk Jatiluhur berfluktuasi antara 0,00–5,27 g/m²/hari (lihat Gambar 4).

Dari Gambar 4 terlihat bahwa pada Waduk Saguling, emisi yang paling besar terjadi di lokasi 1, 3 dan 11, sedangkan pada Waduk Jatiluhur emisi paling besar terjadi di lokasi 4 dan 9.

Hasil pengukuran emisi gas metana di Waduk Saguling, Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur yang sangat berfluktuasi juga terjadi pada waduk di luar negeri. Hasil penelitian emisi metana di Waduk Nielisz di Polandia Tenggara, menunjukkan nilai yang berfluktuasi antara 15,98-383,65 mmol/m²/hari atau 0,26–6,14 g/m²/hari (Gruca-Rokosz, et al, 2011). Penelitian di Waduk Funil, San Antonio dan Tres Maria di Brasilia juga menunjukkan nilai yang berfluktuasi masing-masing antara 0,03–9,97 mmol/m²/hari; 0,00–39,60 mmol/m²/hari dan 0,00–0,48 mol/m²/hari atau 0,00–0,16 g/m²/hari, 0,00–0,63 g/m²/hari dan 0,00–0,01 g/m²/hari (Emma Hällqvist, 2012).



Gambar 4 Emisi gas metana yang sangat berfluktuasi di setiap lokasi

Berfluktuasinya emisi gas metana pada lokasi-lokasi tertentu di permukaan waduk ini dapat disebabkan karena beberapa faktor antara lain: kondisi dasar waduk, kondisi kualitas airnya dan juga pengaruh arus air.

Kondisi di dasar waduk sangat berpengaruh terhadap emisi gas metana pada permukaan waduk karena pembentukan gas metana terjadi di dasar waduk (International Rivers Press Release, 2007). Jika kondisi di dasar waduk mengandung banyak bahan organik seperti sisa-sisa tumbuhan dan keadaannya anaerobik serta terdapat mikroorganisme metanogens, maka kemungkinan di lokasi tersebut akan terjadi emisi gas metana cukup besar. Kemungkinan besar keadaan ini terjadi pada lokasi 1 di Waduk Saguling, lokasi 3, 7 dan 11 di Waduk Cirata dan lokasi 9 di Waduk Jatiluhur. Sebaliknya jika kondisi dasar waduknya relatif bersih dan di dasar ada oksigennya maka emisi gas metananya akan kecil atau tidak terdeteksi.

Kualitas air waduk juga berpengaruh terhadap emisi gas metana. Kualitas air waduk yang banyak mengandung bahan organik, baik yang berasal dari limbah domestik ataupun limbah industri akan menyebabkan kadar oksigen dalam airnya berkurang atau bahkan habis. Keadaan ini memicu terjadinya proses dekomposisi bahan organik yang menghasilkan gas metana. Keadaan seperti ini lebih mungkin terjadi pada Waduk Saguling dibandingkan dengan Waduk Jatiluhur (lihat Tabel 5). Data yang diperoleh juga menunjukkan bahwa emisi gas metana rata-rata di

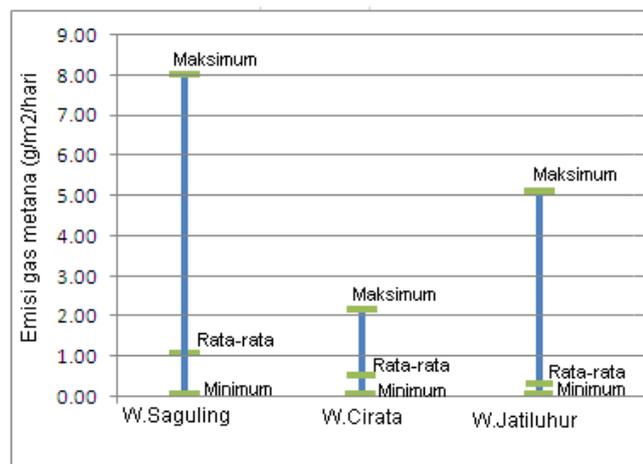
Waduk Saguling lebih tinggi dibandingkan di Waduk Jatiluhur.

Arus air yang terjadi pada air waduk dapat menyebabkan gas metana berpindah dari satu lokasi ke lokasi lainnya sehingga emisi gas pada permukaan waduknya juga berpindah dari lokasi sebelumnya. Oleh karena itu meskipun di suatu lokasi di dasar waduk terjadi pembentukan gas metana, belum tentu di permukaan lokasi tersebut emisinya besar. Gas metana yang terbentuk mungkin saja terbawa arus dan berpindah ke lokasi lain.

Oleh karena emisi gas metana pada permukaan waduk yang sangat berfluktuasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya, maka untuk menentukan besarnya emisi gas metana pada permukaan waduk diperlukan pengamatan pada banyak lokasi. Makin banyak lokasi pengamatannya makin baik data yang diperoleh. Selain diperlukan banyak lokasi pengukuran, untuk mendapatkan data yang baik diperlukan juga pengulangan dalam pengukurannya.

Perbandingan Emisi di Tiga Waduk

Hasil pengukuran emisi gas metana per luas permukaan pada kaskade ketiga adalah sebagai berikut: Waduk Saguling mempunyai rentang emisi antara 0,00–8,17 g/m²/hari dengan rata-rata sebesar 1,18 g/m²/hari; Waduk Cirata mempunyai rentang emisi antara 0,00–2,26 g/m²/hari dengan rata-rata sebesar 0,62 g/m²/hari dan Waduk Jatiluhur mempunyai rentang emisi antara 0,00–5,27 g/m²/hari dengan rata-rata sebesar 0,41 g/m²/hari (lihat Tabel 4 dan Gambar 5).



Gambar 5 Nilai maksimum, minimum dan rata-rata emisi gas metana pada W.Saguling, W. Cirata dan W. Jatiluhur

Tabel 4 Perbandingan kualitas air rata-rata Waduk saguling, Cirata dan Jatiluhur

Parameter	Satuan	Wd.Saguling	Wd.Cirata	Wd.Jatiluhur
BOD	mg/L	5.0	3.3	3.4
COD	mg/L	15.3	10.3	14.8
N-Total	mg/L	0.806	0.290	0.399

Sumber (Tontowi, 2005)

Tabel 5 Total emisi gas metana yang dihasilkan oleh Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur

Nama waduk	Luas genangan rata-rata (Km2) ^{*)}	Rata-rata emisi metana (g/m2/hari)	Nominal emisi metana (ton/hari)
Saguling	48,7	1.182	57,6
Cirata	62,0	0.619	38.4
Jatiluhur	83,0	0.411	34.1
Total emisi 3 waduk			138.7

Catatan: *) Sumber Buku Baku Statistik Perikanan Budidaya 2011

Dari Gambar 5 di atas (terlihat bahwa emisi gas metana per satuan luas pada permukaan air Waduk Saguling mempunyai nilai rata-rata paling besar, disusul pada Waduk Cirata dan paling rendah teramati pada Waduk Jatiluhur. Hal ini kemungkinan besar disebabkan karena faktor kualitas airnya. Karena lokasinya yang paling hulu maka Waduk Saguling paling banyak menerima limbah, baik limbah domestik maupun limbah industri dari daerah Bandung dan Cimahi. Akibatnya kualitas air waduk Saguling paling tercemar dibanding waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur. Perbandingan kualitas air ketiga waduk tersebut dapat dilihat seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa air Waduk Saguling mempunyai nilai COD dan BOD paling besar dibanding kedua waduk lainnya, berarti mengandung bahan organik yang paling besar. Oleh karena gas metana terbentuk karena proses dekomposisi bahan organik dalam keadaan anaerobik, maka kemungkinan gas metana yang terbentuk pada waduk Saguling juga paling besar. Kadar total nitrogen dalam air Waduk Saguling terlihat juga paling besar dibandingkan Waduk Cirata dan Jatiluhur. Hal ini menyebabkan perairan pada Waduk Saguling menjadi paling subur dibandingkan pada Waduk Cirata dan Jatiluhur. (Brahmana dan Firdaus Achmad, 1997). Akibatnya tumbuhan air seperti enceng gondok tumbuh paling subur pada air waduk Saguling. Tumbuhan ini dapat menambah kadar bahan organik pada air dan dasar waduk apabila mengalami pembusukan. Proses pembusukan ini pada akhirnya juga dapat menimbulkan emisi gas metana pada waduk tersebut.

Ditinjau dari total emisinya, dimana faktor luas dari waduk-waduk tersebut diperhitungkan maka Waduk Saguling tetap merupakan waduk yang paling besar mengemis gas metana per harinya. Besarnya total emisi gas metana ketiga

waduk tersebut masing-masing rata-ratanya adalah 57,6 ton/hari, 38,4 ton/hari dan 34,1 ton/hari, dan total ketiga waduk tersebut sebesar 138,7 ton/hari. (lihat Tabel 6).

Perbandingan Emisi Metana di Tiga Waduk dengan Waduk di Luar Negeri

Emisi gas metana di Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur yang nilai rata-ratanya masing-masing sebesar 1,18; 0,62 dan 0,41 g/m2/hari ternyata lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata waduk di Brazil, Panama dan Guyana. Dari beberapa penelitian emisi gas metana di waduk-waduk di daerah tropis tersebut diperoleh nilai emisi gas metana antara 0,065 -1,140 g/m2/hari dengan nilai rata-rata sebesar 0,300 g/L/hari (Vincent.L.St.Louis et al. 2000).

Besarnya emisi gas metana di Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur dibandingkan dengan emisi di waduk-waduk luar negeri (Panama, Brasil dan Guyana) ini kemungkinan disebabkan kondisi dasar waduk dan kualitas air yang sangat berbeda. Dasar Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur kemungkinan lebih banyak mengandung bahan organik dibanding dasar waduk di luar negeri. Sisa pakan ikan yang banyak digunakan pada kegiatan perikanan jala terapung banyak yang mengendap di dasar waduk (Brahmana dan Firdaus Achmad, 1997). Kondisi lainnya seperti tanaman yang tumbuh kemudian mati dan tenggelam serta membusuk juga berpengaruh terhadap emisi gas metana. Kualitas air di Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur, kemungkinan juga lebih tercemar dibanding waduk di luar negeri. Tercemarnya air Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur selain disebabkan masuknya limbah domestik, pertanian dan juga industri juga dipengaruhi oleh kegiatan jala terapung. Tercemarnya air waduk seperti sudah diterangkan di atas akan menyebabkan terbentuknya gas metana.

Perbandingan Emisi Metana di Tiga Waduk dengan Sumber Lain

Emisi gas metana selain dihasilkan oleh waduk juga dapat dihasilkan oleh sumber-sumber lain misalnya rawa dan proses penanaman padi di sawah.

Emisi dari Rawa

Dalam klasifikasi sumber GRK rawa termasuk dalam klasifikasi lahan basah. Pada daerah rawa ini banyak terdapat bahan-bahan organik, misalnya dari rerumputan atau tumbuhan yang membusuk. Selanjutnya bahan-bahan organik ini dengan bantuan mikroorganisme *methanogens* dan kondisi anaerobik akan terurai menghasilkan gas metana.

Penelitian besarnya emisi gas metana dari rawa yang dilakukan di Kanada menunjukkan nilai emisi yang sangat berfluktuasi antara 0,39–197,81 mmol/m²/hari atau 0,006–3,165 g/m²/hari (Pelletier, et al. 2007). Rentang nilai emisi gas metana dari rawa ini sangat besar sehingga nilai minimalnya lebih kecil dari emisi rata-rata di waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur, tetapi nilai maksimalnya lebih besar dari emisi rata-rata di Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur. Jika dihitung total emisinya, maka emisi dari rawa di Indonesia akan lebih besar dibandingkan emisi dari waduk karena permukaan rawa di Indonesia sangat besar, lebih dari 39,42 juta hektar jauh lebih besar dibandingkan permukaan waduk yang luasnya sekitar 98.269 hektar (Kem. Kelautan dan Perikanan, 2011).

Emisi dari Tanaman Padi di Sawah

Di negara tropis yang agraris, proses penanaman padi merupakan sumber emisi gas metana yang cukup besar. Sisa-sisa bahan organik misalnya dari jerami yang terus terendam di sawah akan membusuk menghasilkan gas metana. Pelepasan gas metana dari tanaman padi di sawah dapat terjadi melalui tiga proses yaitu, melalui pembuluh *aerenkima* tanaman padi, melalui proses difusi dalam gelembung udara dan melalui pelarutan dalam air irigasi. Besarnya emisi gas metana dari proses penanaman padi sangat beragam, antara lain bergantung pada cara pengelolaan tanahnya. Untuk Indonesia, besarnya emisi gas metana dari sawah pertanian padi diperkirakan sebesar 169,9 kg/ha/musim tanam (Prihasto, et al. 2008). Kalau satu musim tanam sekitar 3 bulan maka emisi gas metana dari tanaman padi di sawah diperkirakan sekitar 0,189 g/m²/hari. Dibandingkan dengan emisi dari waduk, besarnya emisi dari penanaman padi di sawah ini per satuan luasnya memang lebih kecil, tetapi karena luas tanaman padi di Indonesia yang

sangat besar (sekitar 12,88 juta hektar) dibandingkan luas waduk yang hanya 98.269 hektar (Kem. Kelautan dan Perikanan, 2011), maka total emisi gas metana dari waduk masih lebih kecil dibandingkan emisi dari proses penanaman padi.

Dari uraian di atas terlihat bahwa meskipun waduk memproduksi gas metana, tetapi karena luas permukaan waduk jauh lebih kecil dibandingkan luas rawa dan persawahan, maka dapat diperkirakan bahwa total emisi gas metana dari waduk ke atmosfer lebih kecil dibanding total emisi dari rawa dan persawahan.

KESIMPULAN

Hasil pengukuran emisi gas metana yang dilakukan di tiga waduk, masing-masing Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur menunjukkan bahwa emisi gas metana di permukaan waduk-waduk tersebut sangat berfluktuasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya.

Rentang nilai emisi gas metana di Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur masing-masing sebesar 1,18 g/m²/hari; 0,62 g/m²/hari dan 0,41 g/m²/hari. Nilai ini ternyata lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata waduk di luar negeri. Besarnya emisi gas metana di tiga waduk tersebut kemungkinan disebabkan kondisi kualitas airnya yang lebih tercemar.

Meskipun waduk memproduksi gas metana, tetapi karena luas permukaan waduk jauh lebih kecil dibandingkan luas rawa dan persawahan maka dapat diperkirakan bahwa total emisi gas metana dari waduk lebih kecil dibanding total emisi dari rawa dan persawahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brahmana, Simon and Firdaus Achmad 1997. *Eutrophication of Tree Reservoirs at Citarum River, its Relation to Beneficial*. Proceedings Workshop on Ecosystem Approach to Lake Management. Kuta-Bali 22-25 July 1997.
- Emma Hällqvist 2012. *Methane emissions from three tropical hydroelectrical reservoirs*. Committee of Tropical Ecology, Uppsala University, Sweden
- Grubb, M 2003. "The Economics of the Kyoto Protocol", *World Economics* 4 (3)
- Gruca-Rokosz, R., E. Czerwieńiec, J. A. Tomaszek, (2011), *Methane Emission from the Nielisz Reservoir*, Environment Protection Engineering, Vol. 37, 2011, No. 3

- Hapsari C. 2011. *Studi Emisi Karbondioksida (CO₂) dan Metana (CH₄) Dari Kegiatan Reduksi Sampah di Wilayah Surabaya Bagian Selatan*, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- International Rivers Press Release, 2007. *India_Dams_Methane_Emissions*.
- Kem. Kelautan dan Perikanan 2011. *Kelautan dan Perikanan Dalam Angka 2011*, Pusat Data Statistik, Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Keppler F. et al 2006. *Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions*. Nature 439. 187-191.
- MED India net working for Health 2007. *Capture-and-Burn-Methane-in-Dams-a-New-Proposition-to-Counter-Global-Warming*.
- Pelletier, L, T. R. Moore, N. T. Roulet, M. Garneau, V. Beaulieu-Audy 2007. *Methane fluxes from three peatlands in the La Grande Rivière watershed, James Bay lowland, Canada*, Journal of Geophysical Research, vol. 112, G01018, 12 PP., 2007
- Philip M. Fearnside 2007. *Why Hydropower is Not Clean Energy*. <http://scitizen.com/future-energies/>
- Prihasto Setyanto, A. K. Makarim, H. Pawitan, I. Anas, L. I. Amien dan E. Sumaini 2008, *Indonesia Experience in Determining Country Specific Emission Factor in Agriculture Sector*.
- Tontowi 2005. *The Role of Reservoirs as a Good River Water Treatment Plant*, Bulletin PUSAIR Vol.XIV, No.42, Juli 2005
- US-EPA 2010. *Methane and Nitrous Oxide Emissions From Natural Sources*, United States Environmental Protection Agency, Office of Atmospheric Programs, Washington DC.
- US-EPA 2011. *Greenhouse Emissions*, United States Environmental Protection Agency.
- US-EPA 2011. *Ruminant Livestock*, United States Environmental Protection Agency.
- Vincent, L. St. Louis, Carol A. Kelly, Eric Duchemin, John W. M. Rudd, and David M. Rosenberg, (2000), *Reservoir Surfaces as Sources of Greenhouse Gases to the Atmosphere: A Global Estimate*, BioScience 50(9):766-775.
- Wahyu Purwanta 2009. *Perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) dari sektor sampah perkotaan di Indonesia*, Jurnal. Tek.Ling, Vol 10, No. 1, Jakarta.
- West System 2006. *Portable Diffuse Fluxmeter*, Pontedera, Pisa
- W.V. Department of Health and Human Resources 2006, *Methane in West Virginia Ground Water*, West Virginia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada seluruh anggota Tim Peneliti Gas Rumah Kaca yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Pengelola Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.