

## POTENSI GAS RUMAH KACA DARI CADANGAN KARBON YANG TERSIMPAN PADA LAHAN BAKAL WADUK JATIGEDE

### GREENHOUSE GASSES POTENTIAL FROM CARBON STOCK IS STORED IN LAND OF PROSPECTIVE JATIGEDE DAM

Wawan Herawan<sup>1)</sup>; Yan Adhitya W.W. <sup>2)</sup>;Titi Sopiawati<sup>3)</sup>

<sup>1,2)</sup> Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air  
Jl. Ir. H. Juanda No. 193 Bandung, Jawa barat, Indonesia

<sup>3)</sup> Balai Penelitian Lingkungan Pertanian  
Jakenan, Jaken, Pati, Jawa Tengah, Indonesia  
E-Mail: w2.herawan@gmail.com

Diterima: 11 Juli 2014; Direvisi: Agustus 2014; Disetujui: 12 November 2015

#### ABSTRAK

Perubahan iklim global salah satu penyebabnya adalah akibat meningkatnya gas rumah kaca seperti gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> di atmosfer. Gas CO<sub>2</sub> dapat terbentuk dari proses dekomposisi bahan karbon organik (C-organik) pada kondisi aerob, tetapi di alam gas CO<sub>2</sub> dapat direduksi pada proses fotosintesis. Gas CH<sub>4</sub> dapat terbentuk dari dekomposisi bahan C-organik pada kondisi anaerob dan di alam sedikit sekali tereduksi sehingga akan terakumulasi di atmosfer. Penggenangan lahan oleh waduk akan menenggelamkan kandungan C-organik tanah dan semua vegetasi di atas muka tanah yang berpotensi menjadi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang diemisikan dari permukaan waduk. Daerah penelitian waduk Jatigede luasnya sekitar 4.426,6 hektar dengan penggunaan lahan utama sebagai agroforestry seluas 2.084,1 hektar termasuk kebun dan pemukiman, sebagai sawah 2.213,9 hektar termasuk sawah irigasi dan tadah hujan, serta 122,2 hektar sebagai badan air. Banyaknya C-organik tanah dengan uji laboratorium dari sampel dengan luas sekitar 4.304,4 hektar adalah 185.605 ton. Kandungan C-organik vegetasi diukur secara tidak langsung dengan metode alometrik dari lahan agroforestry seluas 2.084,1 hektar sebanyak 135.754 ton. Dari total C-organik tanah dan vegetasi seberat 221.359 ton berpotensi menghasilkan 881.650 ton gas CO<sub>2</sub> atau 295.145 ton gas metana CH<sub>4</sub> atau kombinasi keduanya. Untuk mengurangi potensi pencemaran lingkungan, maka rekomendasi yang bisa dikemukakan untuk bakal waduk Jatigede dan waduk lain yang sedang atau belum dibangun, adalah menghilangkan semua vegetasi dari lahan bakal genangan dan membuat sabuk vegetasi yang rapat di sekeliling waduk.

**Kata kunci:** Cadangan Carbon, C-organik, gas rumah kaca, waduk, vegetasi

#### ABSTRACT

One of the causes of global climate change is due to the increase of greenhouse gases such as CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> in the atmosphere. CO<sub>2</sub> can be formed from decomposition of organic carbon material (C-organic) in aerobic condition, but in nature CO<sub>2</sub> can be reduced in photosynthesis process. CH<sub>4</sub> can be formed from decomposition of C-organic material in aerobic condition and reduced slightly in nature, so it will accumulate in the atmosphere. Land inundation by dam will drown the C-organic content of soil and all vegetation above land surface that potentially become CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> which are emitted from the surface of dam. The region of the study has an area for about 4426.6 hectares with the main land use as agroforestry 2084.1 hectares including garden and settlement, as paddy field 2213.9 hectares including irrigated and rainfed rice field, and 122.2 hectares as water body. The number of C-organic of the soil by laboratory testing from sample which has an area for about 4304.4 hectares is 185605 tonnes. C-organic content of the vegetation is measured indirectly by allometric method from agroforestry field which has an area of 2084.1 hectares as much as 135754 tonnes. From the C-organic total of soil and vegetation weighing 221359 tonnes potentially produce 881650 tonnes of CO<sub>2</sub> and 295145 tonnes of CH<sub>4</sub> or combination of both. In order to reduce the potential of environmental pollution, the recommendation for the prospective Jatigede Dam and other dams that are being and not yet built is by removing all vegetation from the land of prospective dam and making a dense vegetation belt around the dam.

**Keywords:** Carbon Stock, C-organic, greenhouse gasses, dam, vegetation

#### PENDAHULUAN

Perubahan iklim global yang banyak dibicarakan akhir-akhir ini, salah satu penyebabnya adalah akibat dari terganggunya keseimbangan energi antara bumi, atmosfer dan

matahari. Keseimbangan itu terganggu akibat dari meningkatnya gas yang bersifat sebagai gas rumah kaca ke atmosfer yang dihasilkan oleh berbagai kegiatan manusia. Gas rumah kaca yang cukup dominan di atmosfer adalah CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>,

dapat menyerap energi matahari yang kemudian memanaskan lingkungan sekitarnya.

Tumbuhan berupa pepohonan semak belukar hingga rerumputan dapat menyerap dan mengurangi gas CO<sub>2</sub> dari udara. Dalam proses fotosintesis tumbuhan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi, menyerap gas CO<sub>2</sub> dari udara dan hara serta air dari tanah. Hasil dari proses fotosintesis ini adalah karbohidrat dan gas oksigen O<sub>2</sub> yang diperlukan oleh makhluk hidup lainnya. Karbohidrat hasil fotosintesis kemudian diakumulasikan dalam seluruh tubuh tumbuhan dan menjadikan tumbuhan tersebut tumbuh dan berkembang.

Jika tumbuhan tersebut mati maka proses fotosintesis akan terhenti, dan akan terjadi proses pelapukan yang lambat laun akan melepaskan kembali karbon ke udara. Jika proses pelapukan terjadi dalam kondisi aerob yang melibatkan gas Oksigen seperti pelapukan di atas permukaan tanah atau proses pembakaran, maka karbon (C) akan dilepas ke udara dalam bentuk CO<sub>2</sub>. Jika proses pelapukan terjadi dalam kondisi anaerob tanpa melibatkan oksigen, misalnya pada kondisi tenggelam di air, maka karbon akan dilepaskan ke udara dalam bentuk CH<sub>4</sub>. Mengukur jumlah karbon dari suatu lahan yang tersimpan pada tubuh tumbuhan hidup dan yang sudah mati serta yang sudah menjadi bagian dari tanah dapat menggambarkan jumlah CO<sub>2</sub> dari atmosfer yang diserap tumbuhan. Mengukur jumlah C ini juga berfungsi untuk memperkirakan potensi berapa kandungan gas rumah kaca yang akan dilepaskan ke udara seandainya semua karbon terlapuk.

Penggenangan lahan oleh waduk dapat menenggelamkan semua hutan dan lahan pertanian dengan semua vegetasi termasuk kayu pepohonan, tanaman pertanian, rumput dan gulma bahkan sisa-sisa rumah kayu yang terdapat di lahan genangan. Pada jangka waktu panjang, semua bahan yang mengandung karbon organik yang tenggelam oleh genangan waduk berpotensi menjadi sumber gas CH<sub>4</sub> sebagai gas rumah kaca.

Dalam tulisan ini diuraikan mengenai cara menghitung dan jumlah cadangan karbon yang terdapat pada lahan yang akan digenangi oleh waduk Jatigede. Tujuan penelitian ini adalah diperolehnya besaran cadangan karbon dari lahan yang akan tenggelam oleh waduk Jatigede. Sasaran dari tulisan ini adalah memberikan rekomendasi agar dalam pembuatan waduk

khususnya Waduk Jatigede atau waduk secara umum, untuk menyusutkan besaran emisi GRK yang ditimbulkan akibat dekomposisi cadangan karbon dari lahan yang tenggelam

### Daerah penelitian

Lahan bakal waduk Jatigede secara geografis berada pada posisi 06°51'00" - 06°57'00" LS; 108°02'30" - 108°08'00" BT, yang secara administratif termasuk pada wilayah Kabupaten Sumedang. Tubuh bendung waduk dibangun di sekitar daerah Jatigede yang membendung aliran Sungai Cimanuk. Luas lahan yang diperkirakan akan tenggelam oleh waduk adalah sekitar 44,27 km<sup>2</sup>. Peta orientasi lokasi bakal waduk Jatigede disajikan pada **Gambar 1**.

### METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam pengukuran jumlah karbon adalah secara tidak langsung, yaitu pengukuran cadangan karbon tersimpan dilakukan dengan cara sampling berdasarkan satuan penggunaan lahan. Jumlah karbon yang diukur adalah

- a) mengukur biomasa dari bagian vegetasi yang masih hidup yaitu tajuk pohon dan tumbuhan bawah tumbuhan dan mengukur nekromassa yaitu bagian pohon yang sudah mati yang tergeletak di permukaan tanah
- b) mengukur bahan organik tanah, yaitu sisa makhluk hidup yang telah mengalami pelapukan dan menjadi bagian dari tanah.

### Pengukuran cadangan karbon dari vegetasi

Untuk mengetahui kandungan cadangan karbon dari vegetasi di lokasi bakal waduk maka dilakukan dengan cara membuat plot contoh pengukuran (transek pengukuran). Dari dalam plot contoh dilakukan pengukuran biomasa pohon dan biomasa tumbuhan bawah. Untuk biomasa pohon dilakukan pengukuran diameter dan jumlah pohon. Untuk tumbuhan bawah dilakukan pembabatan dan ditimbang semuanya, sebagian kecil sampel diambil untuk pemeriksaan di laboratorium Balingtan di Jakenan Pati. Dari semua data tersebut maka dapat diperhitungkan banyaknya kandungan karbon yang berpotensi sebagai sumber emisi gas metana yang berasal dari vegetasi di lokasi bakal waduk. Secara ringkas tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Peta orientasi lokasi bakal waduk Jatigede

- 1 Penentuan titik pengambilan contoh vegetasi berdasarkan satuan lahan penggunaan lahan dan kerapatan vegetasi
- 2 Masing-masing satuan lahan diambil 3 buah plot masing-masing berukuran 4 m x 50 m dan dari masing-masing plot diambil 3 buah sub plot dengan ukuran masing-masing 1 m x 1 m.
- 3 Pengukuran biomasa pohon digunakan metode allometrik dengan mengukur keliling batang (diameter antara 5-30 cm) pada ketinggian 1.3 m dari muka tanah untuk masing-masing jenis pohon. Jika dalam plot ditemukan pohon dengan diameter >30 cm, maka ukuran plot diperluas hingga 2000 m<sup>2</sup> (Gambar 2).
- 4 Keliling lingkaran pohon diukur dengan pita ukur, diameter pohon dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{diameter } D = (\text{keliling})/\pi \quad (1)$$

- 5 berat biomassa masing-masing jenis pohon yang bercabang hitung dengan persamaan allometrik berikut.

Pohon bercabang (Ketterings, 2001):

$$BK = 0.11 \rho \cdot D^{2.62} \text{ kg} \quad (2)$$

Pohon tidak bercabang (Hairiah dkk, 1999):

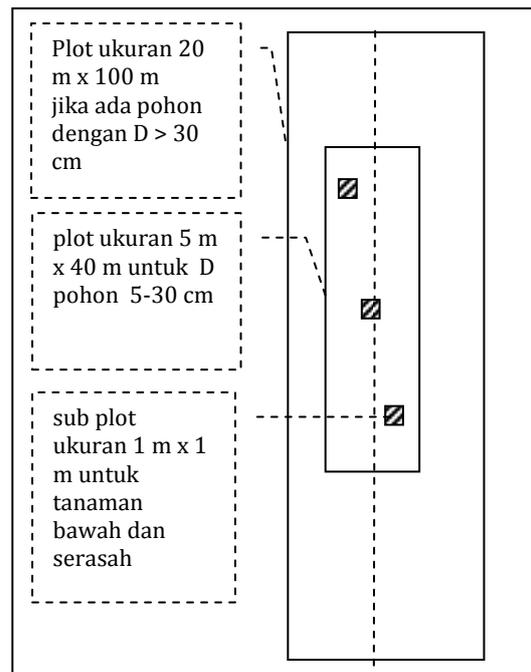
$$BK = \pi \cdot \rho \cdot H \cdot D^2 / 40 \text{ kg} \quad (3)$$

dengan BK = berat kering

H = tinggi pohon (m)

D = diameter pohon (cm)

$\rho$  = massa jenis kayu (gr/cm<sup>3</sup>) diperoleh dari Wood density database of World Agroforestry Centre



Gambar 2 Plot dan Sub plot pengukuran Biomassa

- 6 Pengukuran tanaman bawah (understorey) dengan ukuran diameter < 5 cm dilakukan dengan cara destruktif dari sub plot ukuran 1 m x 1 m, diambil dan ditimbang berat basah semua biomassa. Di laboratorium diukur kadar air dan dihitung berat kering biomassa.
- 7 Pengukuran biomassa nekromas (serasah) dilakukan dengan pengambilan seluruh serasah dari sub plot ukuran 1 m x 1 m, diambil dan ditimbang berat basah semua

biomassa. Di laboratorium diukur kadar air dan dihitung berat kering biomassa.

- 8 Berat C-organik dihitung sebesar 46% dari berat kering biomassa (Kurniatun Hairiah, dkk, 2007)

#### Pengukuran cadangan karbon pada tanah

Untuk mengetahui kandungan cadangan karbon organik dari tanah di bakal waduk maka dilakukan pengambilan contoh tanah di lokasi bakal waduk. Contoh tanah diambil secara komposit dari zona perakaran pada kedalaman 0-20 cm. Kedalaman ini dianggap sebagai zona akumulasi bahan organik. Kandungan karbon organik diperiksa di laboratorium tanah Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian di Bogor. Secara ringkas tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1 Penentuan titik pengambilan contoh tanah berdasarkan satuan penggunaan lahan
- 2 Pengambilan contoh tiap lapisan pada penampang tanah
- 3 Pengambilan contoh tanah secara komposit dari kedalaman 0-20 cm
- 4 Contoh tanah disimpan dalam kantong sampel dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan karbon C-organik.

Hasil laboratorium memberi gambaran potensi gas rumah kaca yang terbentuk jika lahan tersebut sudah tergenang oleh air waduk.

### KAJIAN PUSTAKA

#### 1) Gambaran umum Waduk Jatigede

Daerah penelitian merupakan lahan yang nantinya akan tenggelam oleh waduk Jatigede. Sungai yang dibendung adalah Sungai Cimanuk yang memiliki hulu di daerah Garut dan sekitarnya. Berikut ini adalah data teknis Waduk Jatigede (BBWS Cimanuk-Cisanggarung, 2007).

- a) Luas Catchment Area: 1.460 km<sup>2</sup>
- b) Volume run-off tahunan: 2,5 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>
- c) Muka Air banjir max: El + 263 m
- d) MA operasional max (FSL): El + 260 m
- e) MA Operasional min (MOL): El + 230 m
- f) Luas Permukaan (El + 262 m): 41,22 km<sup>2</sup>
- g) Luas Permukaan (El + 260 m): 39,53 km<sup>2</sup>
- h) Volume gross (El + 260): 980 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- i) Volume efektif (antara El +221m dan El +260m): 877 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Dalam penelitian ini luas lahan yang digunakan adalah sampai pada elevasi +262 m, yaitu seluas =44,2 km<sup>2</sup>.

#### 2) Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca yang cukup dominan adalah CO<sub>2</sub>, dan metana (CH<sub>4</sub>). Gas ini bersifat sebagai gas rumah kaca yang dapat menyerap

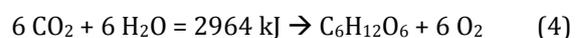
radiasi infra merah (radiasi gelombang panas) dan berkontribusi terhadap fenomena pemanasan global. Dalam kontribusinya terhadap pemanasan global, gas metana lebih merusak dibanding CO<sub>2</sub>. Menurut Nasfryzal Carlo (2008) metana (CH<sub>4</sub>) memiliki kekuatan dalam memberi efek rumah kaca sebesar 72 kali CO<sub>2</sub>.

Daur karbon pada biosfer menurut Ian Deshmukh (1992) mencakup gas CO<sub>2</sub> di atmosfer yang terikat ke dalam bahan organik melalui fotosintesa dan pelepasan melalui respirasi oleh semua biota. Selanjutnya dia menyebutkan bahwa gas CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat akibat urbanisasi, industri, pembakaran BBM, dan pembukaan hutan. Sebagian karbon diserap oleh vegetasi melalui penghutanan kembali atau pertanian dan sebagian oleh interaksi kompleks dengan laut dan karbon anorganik.

Berbeda dengan CO<sub>2</sub>, gas CH<sub>4</sub> tidak memiliki penetralnya. Selain itu gas metana sangat ringan dan akan terus naik ke atmosfer sampai ke zona ionosfir. Dalam atmosfer, sifat reaktif gas metana akan bereaksi dengan Ozon dan merusak lapisan Ozon yang selama ini menjadi pelindung bumi terhadap radiasi sinar matahari yang berlebihan. Rusaknya lapisan Ozon akan membentuk lubang-lubang yang bisa melewatkan radiasi matahari hingga tembus ke permukaan bumi yang mengakibatkan meningkatnya suhu bumi.

#### 3) Fotosintesa dan akumulasi Biomassa

Tumbuhan memperoleh energi yang berasal dari cahaya matahari yang diubah menjadi energi kimia melalui proses fotosintesis. Ian Deshmukh (1992) menyebutkan bahwa fotosintesis adalah pemanfaatan energi cahaya untuk membentuk molekul karbohidrat dari sumber anorganik, yaitu karbon dioksida dan air di dalam kloroplas tumbuhan hijau. Keseluruhan reaksinya adalah sebagai berikut:



Dengan:

- CO<sub>2</sub> = gas karbon dioksida
- H<sub>2</sub>O = air
- 2964 kJ = energi cahaya
- C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> = karbohidrat (glukosa) sebagai energi yang tersimpan
- O<sub>2</sub> = oksigen

Karbohidrat yang dihasilkan oleh proses fotosintesis sebagian digunakan dalam proses respirasi (bernapas) yaitu kebalikan proses fotosintesis yang mereaksikan karbohidrat dengan oksigen menghasilkan energi yang diperlukan oleh tumbuhan. Peningkatan

kandungan energi tersimpan dalam suatu tumbuhan yaitu selisih antara hasil fotosintesis dengan respirasi disebut "produksi" yang diakumulasi dalam tubuh tumbuhan yang seterusnya dalam seluruh tumbuhan pada suatu areal lahan. Ian Deshmukh (1992) menyebutkan bahwa satuan energi yang digunakan adalah satuan energi atau Joule (J), tetapi jika hanya produksi bahan organik yang diperlukan dapat digunakan satuan berat per satuan luas (biomassa).

Di lahan bakal genangan waduk, pada saat tergenang nantinya semua bahan organik yang memiliki komponen C-organik berpotensi menghasilkan gas metana. Sumber C-organik dari lahan bakal genangan waduk terdapat pada tanah dan vegetasi yang akan tergenang. Vegetasi merupakan kumpulan senyawa C-organik. Jika vegetasi ini tergenang maka akan terdekomposisi dalam keadaan anaerob, yang tentunya akan menghasilkan gas metana. Selain vegetasi yang masih segar, bahan organik yang sudah terdekomposisi dan tersimpan dalam tanah juga berpotensi menghasilkan metana saat tergenang oleh waduk nantinya. Pada saat waduk sudah tergenang, semua bahan yang mengandung C-organik akan terdekomposisi menjadi metana dan atau CO<sub>2</sub>.

Proses fotosintesa yang melibatkan khlorofil, sinar matahari, gas CO<sub>2</sub>, air dan hara membentuk karbohidrat yang kemudian ditimbun pada seluruh bagian tubuh pohon termasuk kayu. Menurut Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu (2010) bahwa hutan merupakan tempat tersimpannya stok karbon yang tinggi. Banyaknya stok karbon menunjukkan banyaknya CO<sub>2</sub> dari atmosfer yang diserap tumbuhan. Sebaliknya pada lahan bakal waduk, banyaknya stok karbon yang akan tergenang menunjukkan potensi banyaknya gas metana yang bakal dihasilkan.

Masih menurut Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu (2010), di ekosistem darat, C-organik tersimpan dalam tiga komponen pokok, yaitu biomassa bagian vegetasi yang masih hidup, serasah dari vegetasi yang sudah mati dan dalam bahan organik tanah. Menurut tempat keberadaannya C-organik ada yang terdapat di atas permukaan tanah dan di bawah muka tanah. Di atas permukaan tanah C-organik terdapat sebagai biomassa pohon, biomassa tanaman bawah, serasah. Di bawah muka tanah terdapat dalam bentuk biomassa akar dan bahan organik tanah.

#### 4) Cara mengukur biomassa

Cara mengukur biomassa dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara destruktif dan tidak

destruktif. Untuk tanaman bawah, nekromas, semak dan perdu dilakukan dengan cara destruktif yaitu merusak dan menebang kemudian mengeringkan dan menimbanginya. Mengukur biomassa bisa juga dengan cara tidak destruktif yaitu tanpa melibatkan perusakan. Pengukuran dilakukan dengan memanfaatkan rumus allometrik dari pustaka sebagai hasil penelitian sebelumnya. Hairiah K. dan Rahayu S. (2007) mengemukakan cara perhitungan jumlah C tersimpan dari suatu lahan yang bervariasi. Pengukuran dilakukan pada suatu plot contoh ukuran 40 m x 5 m jika di dalam area plot pohon yang ada berukuran 5 cm < Diameter < 30 cm atau 15 cm < Keliling < 95 cm, dan ukuran plot contoh 20 m x 100 m jika ada pohon dengan ukuran diameter > 30 cm. Di lapangan yang diukur adalah keliling pohon dengan pita ukur. nilai diameter pohon dapat dihitung dengan persamaan (1)

Cara mengukur di dalam plot contoh adalah mengukur diameter pohon yang berdiameter > 5 cm. Untuk tumbuhan dengan diameter < 5 cm dan tanaman bawah serta serasah diukur secara destruktif dari beberapa sub-plot berukuran 1 m x 1 m. Penempatan sub-plot dapat dilihat pada Gambar 2 berikut. Semua tumbuhan bawah dan serasah dari sub plot diambil dan ditimbang, yang sebagian di antaranya ditimbang untuk menentukan berat kering. Untuk pohon dengan diameter > 5 cm diukur jumlah pohon dan diameter, kemudian untuk memperkirakan jumlah biomassa digunakan rumus allometrik. Rumus allometrik untuk berbagai jenis pohon cukup banyak disajikan dalam Hairiah K. dan Rahayu S. (2007).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Peta Penggunaan lahan bakal waduk

Peta penutup lahan bakal waduk jatigede dibuat dengan metode interpretasi citra satelit geo eye (*quickbird*) yang bersumber dari *Google Earth*. Meski menggunakan citra resolusi tinggi, akan tetapi interpretasi menggunakan gambar hasil download dari *Google Earth* ini tidak dapat maksimal akibat turunya resolusi citra dari resolusi asli. Hasil interpretasi citra satelit untuk penutup lahan di bakal area waduk memberi gambaran awal mengenai batas-batas dan penampakan penggunaan lahan.

Untuk memastikan hasil interpretasi perlu konfirmasi dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Konfirmasi lapangan dilakukan pada beberapa titik yang mewakili satuan penggunaan lahan hasil interpretasi. Hasil konfirmasi lapangan pada beberapa lokasi ternyata terdapat perbedaan dengan hasil interpretasi tidak cocok

dan perlu perbaikan atau revisi. Sampling cek lapangan pada titik lokasi yang mewakili sebaran satuan lahan atau yang memiliki satuan lahan yang identik dengan lokasi sampling. Sebaran spasial satuan penutup lahan yang telah direvisi hasil cek lapangan disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 3 sebagai resume penggunaan lahan hasil koreksi lapangan.

**2 Pengukuran cadangan karbon pada lahan bakal waduk Jatigede**

Pengukuran cadangan karbon (C stok) pada lahan bakal waduk Jatigede dilakukan dengan cara survey dengan pengambilan contoh didasarkan pada penggunaan lahan. Di ekosistem darat cadangan karbon tersimpan dalam tiga komponen yaitu sebagai vegetasi yang masih hidup, sebagai serasah dari vegetasi yang telah mati, dan bahan organik tanah. Penempatan lokasi pengambilan contoh pengukuran didasarkan pada sebaran penggunaan lahan.

**Tabel 1** Resume penggunaan lahan revisi dari pengecekan lapangan

Penggunaan Lahan	Luas (ha)	%
Agroforestry kerapatan rendah (AFR)	43,38	0,98
Agroforestry kerapatan sedang (AFS)	952,01	21,51
Agroforestry kerapatan tinggi (AFT)	176,10	3,98
Hutan (setara AFS)	760,94	17,19
Permukiman Jarang (setara AFS)	113,86	2,57
Permukiman Padat (setara AFR)	26,94	0,61
Rumput dan belukar (setara AFR)	11,29	0,26
Sawah irigasi	1.442,59	32,59
Sawah tadah hujan	777,25	17,56
Tubuh Air	122,21	2,76
<b>TOTAL</b>	<b>4.426,57</b>	<b>100,00</b>

Lokasi pengambilan contoh tanah dan kandungan C-organik tanah disajikan pada Tabel 2. Pengambilan contoh tanah berdasarkan Tabel 1 mewakili penggunaan lahan AFT (176,1 ha), AFS (1.826,8 ha), AFR (81,6 ha), sawah irigasi (1.442,6 ha) dan sawah tadah hujan (777,25 ha). Bahan organik tanah adalah sebagian bahan organik di permukaan tanah atau aktivitas organik dalam tanah yang terlapuk dan menjadi bagian dari tanah. Pengambilan contoh tanah

secara komposit antara kedalaman 0-20 cm, karena umumnya bahan organik tanah terkonsentrasi pada zona perakaran yaitu sekitar kedalaman 0-20 cm di bawah muka tanah (Subekti Rahayu, dkk., 2010). Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa pada lahan AFS dan AFR memiliki kandungan C organik yang lebih tinggi dibanding lahan AFT demikian juga sawah tadah hujan memiliki kandungan C organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan sawah irigasi.

**Tabel 2** Kandungan C-organik Tanah sampai kedalaman 20 cm

No	Lokasi	Penggunaan Lahan	C-org %
1	06°52'57,2" S 108°04'43,8" E	AFT	1,76
2	06°53'19,0" S 108°05'55,0" E	AFS	2,39
3	06°53'49,5" S 108°05'57,2" E	AFR	2,38
4	06°53'26,4" S 108°04'28,9" E	Sawah irigasi	1,78
5	06°52'58,4" S 108°04'46,4" E	Sawah tadah hujan	2,37

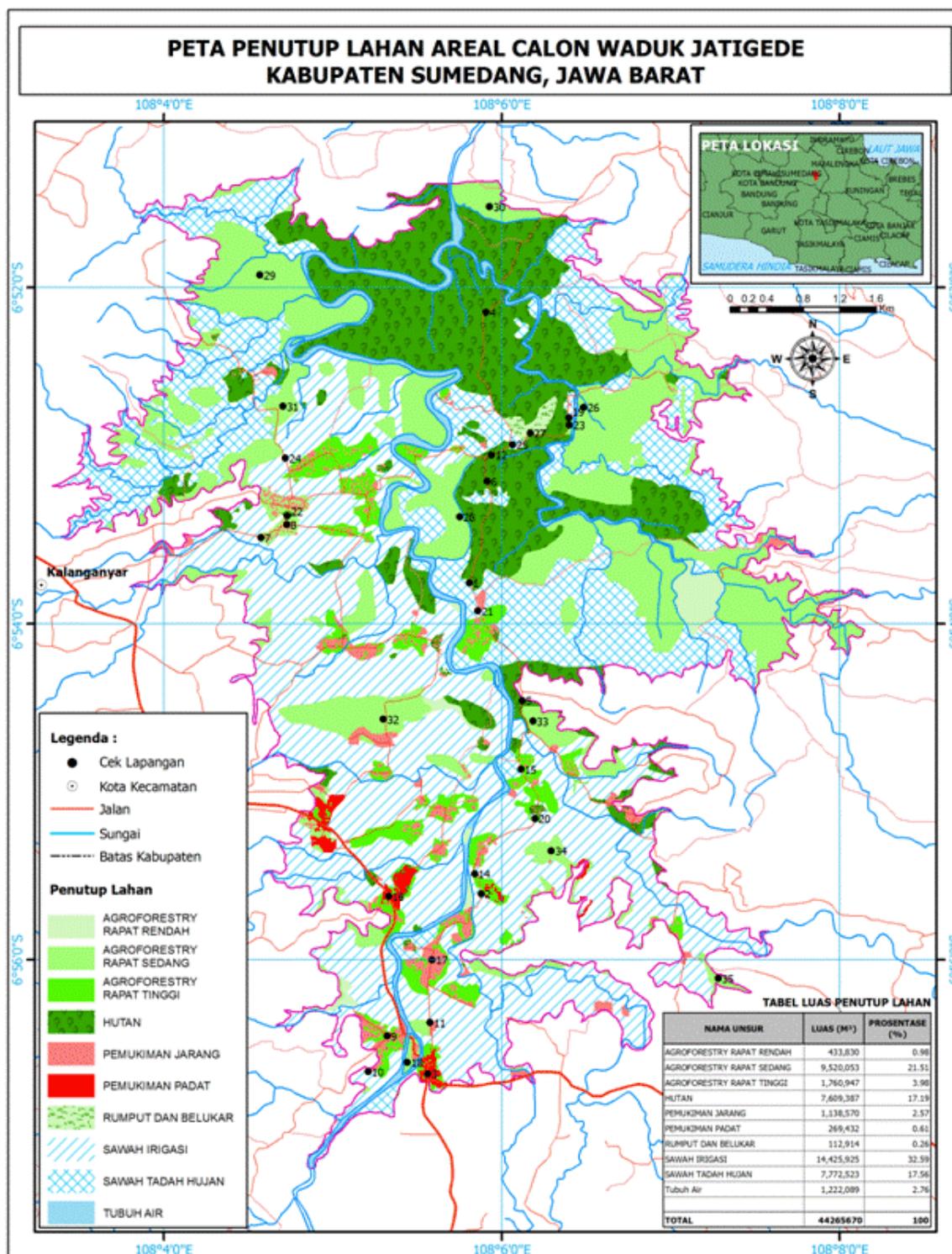
Berdasarkan Tabel 2 dan luas masing-masing penggunaan lahan, maka berat total C stok dalam tanah dapat dihitung. Asumsi bahwa berat jenis tanah  $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ , berat tanah 1 ha dengan kedalaman 20 cm adalah  $2 \times 10^6 \text{ kg/ha}$  atau  $2 \times 10^3 \text{ ton/ha}$ . Berikut dalam Tabel 3 disajikan jumlah total cadangan karbon dalam tanah. Jumlah total cadangan karbon (C stok) dari dalam tanah adalah 185.605 ton.

**Tabel 3** Berat total cadangan karbon dari tanah di lahan bakal waduk Jatigede

Lahan	luas (ha)	Berat tanah (ton)	C org %	Total C tanah
AFT	176,1	$352,2 \times 10^3$	1,76	6.199
AFS	1.826,8	$3.653,6 \times 10^3$	2,39	87.321
AFR	81,6	$163,2 \times 10^3$	2,38	3.884
SI	1.442,6	$2.885,2 \times 10^3$	1,78	51.357
STH	777,3	$1.554,6 \times 10^3$	2,37	36.844
<b>JUMLAH</b>				<b>185.605</b>

keterangan:

- AFT = agroforestry kerapatan tinggi
- AFS = agroforestry kerapatan sedang
- AFR = agroforestry kerapatan rendah
- SI = sawah irigasi
- STH = sawah tadah hujan



Gambar 3 Peta hasil cek lapangan berdasar titik sampel cek lapangan

Pengukuran cadangan karbon (C stock) di atas muka tanah dilakukan dengan mengukur berat kering biomassa (BK) tegakan pohon, berat kering understory berupa serasah dan tanaman bawah, serta nekromas berkayu berupa tunggul pohon atau kayu yang telah mati. Pengukuran BK tegakan pohon dan nekromas berkayu dengan

cara non destruktif menggunakan persamaan alometrik dari pustaka. Tanaman bawah diukur dengan cara destruktif yaitu mengambil semua *understorey* dari subplot, ditimbang dan diperiksa di laboratorium perbandingan berat kering dan berat basah dari sebagian contoh yang mewakili. BK understory dihitung dari berat

basah dikalikan hasil perbandingan dari laboratorium.

Pengukuran cadangan karbon dilakukan secara sampling dalam plot pada penggunaan lahan selain sawah dan badan air. Pengukuran telah dilakukan pada bulan Mei 2011. Penempatan plot mewakili satuan jenis penggunaan lahan dan masing-masing jenis penggunaan lahan dilakukan pengukuran pada tiga pengulangan. Penempatan plot pengukuran pada 3 penggunaan lahan utama yaitu Agroforestry kerapatan tinggi (AFT), Agroforestry kerapatan sedang (AFS) dan Agroforestry kerapatan rendah (AFR). Masing-masing penggunaan lahan dilakukan 3 kali pengulangan.

Jenis pohon yang ditemui pada masing-masing plot adalah sebagai berikut:

- a) Agroforestry kerapatan Tinggi AFT
  - Plot I-1 dijumpai 12 pohon johar ( $\rho=0,6$ ) diameter antara 5,1-10,0 cm; 18 pohon pinus ( $\rho=0,6$ ) diameter antara 9,9 - 19,1 cm; dan 1 pohon albasiah ( $\rho=0,33$ ) diameter 5,1 cm
  - Plot I-2 dijumpai 8 pohon johar ( $\rho=0,6$ ) diameter 5,1-14,3 cm; 19 pohon mahoni ( $\rho=0,64$ ) diameter 5,7-16,6 cm
  - Plot I-3 dijumpai 23 pohon mahoni ( $\rho=0,64$ ) diameter 8,0-15,3 cm; 17 pohon akasia ( $\rho=0,58$ ) diameter 5,1-17,8 cm; 3 pohon albasia ( $\rho=0,33$ ) diameter 5,1-6,4 cm dan 1 pohon johar ( $\rho=0,6$ ) diameter 17,2 cm.
- b) Agroforestry kerapatan Sedang AFS
  - Plot II-1 dijumpai 1 pohon mahoni ( $\rho=0,64$ ) diameter 15,3 cm; 2 pohon lamtoro ( $\rho=0,55$ ) diameter antara 11,8-15,3 cm

Plot II-2 dijumpai 15 pohon jati ( $\rho=0,7$ ) diameter 23,6-43,8 cm; 6 pohon johar ( $\rho=0,6$ ) diameter 23,2-101,9 cm.

Plot II-3 dijumpai 10 pohon mahoni ( $\rho=0,64$ ) diameter 6,7-46,5 cm; 2 pohon kelapa ( $\rho=0,6$ ) diameter 18,2-24,5 cm; 13 pohon jati ( $\rho=0,7$ ) diameter 5,0-15,0 cm dan 1 pohon waru ( $\rho=0,54$ ) diameter 9,6 cm.

- c) Agroforestry kerapatan Rendah AFR
  - Plot III-1 dijumpai 5 pohon mahoni ( $\rho=0,64$ ) diameter antara 5,1-9,2 cm; 2 pohon bambu ( $\rho=-$ ) diameter antara 5,1-5,4 cm
  - Plot III-2 dijumpai 68 pohon bambu ( $\rho=-$ ) diameter 7,3-8,9 cm
  - Plot III-3 dijumpai 1 pohon sirsak ( $\rho=0,5$ ) diameter 7,0 cm; 1 pohon mahoni ( $\rho=0,64$ ) diameter 16,6 cm; dan cukup banyak tunggul kayu yang dianggap sebagai nekromas

Berikut pada Tabel 4 disajikan gambaran produksi C-organik tahunan dari berbagai ekosistem, termasuk ekosistem budidaya pada lahan pertanian. Ketika lahan dengan berbagai vegetasi di atasnya digenangi waduk maka proses produksi dan akumulasi C-organik akan terhenti. Hasil pengukuran dari masing-masing plot tiap penggunaan lahan tersaji pada Tabel 5. Dalam Tabel 5 disajikan nilai yang terukur cadangan karbon di atas muka tanah yang berasal dari tegakan pohon, nekromas dan nekromas berkayu (pangkal pohon atau kayu mati sisa tebangan). Resume hasil pengukuran cadangan karbon di atas muka tanah untuk seluruh luasan penggunaan lahan agroforestry disajikan dalam Tabel 6 berikut ini.

**Tabel 5** Densitas cadangan karbon di lahan bakal waduk Jatigede, Sumedang

Lahan	No plot	Luas m <sup>2</sup>	Berat kering (kg/plot)			Karbon (ton/ha)			Densitas C (ton/ha)
			Pohon	Tanaman bawah	Nekromas berkayu	Pohon	Tanaman bawah	Nekromas berkayu	Jumlah
AFT	I-1	200	1.609,81	82,99	478,59	37,03	1,91	11,01	49,94
	I-2	200	1.242,60	94,31	613,95	28,58	2,17	14,12	44,87
	I-3	200	1.781,20	77,63	1.364,95	40,97	1,79	31,39	74,15
AFS	II-1	200	289,76	44,68	38,30	6,66	1,03	0,88	8,57
	II-2	2000	31.047,84			71,41			71,41
	II-3	200	5.145,70	150,67		118,35	3,47		121,82
AFR	III-1	200	64,42	115,10	9,29	1,48	2,65	0,21	4,34
	III-2	200	1.052,57	71,77	938,39	24,21	1,65	21,58	47,44
	III-3	200	292,26	74,71	2.090,99	6,72	1,72	48,09	56,53

keterangan:

AFT = agroforestry kerapatan tinggi; AFS = agroforestry kerapatan sedang; AFR = agroforestry kerapatan rendah

**Tabel 4** Perkiraan biomassa dan produksi C-organik bersih tahunan (berat kering) tipe vegetasi terestrial (Ajtay dkk, 1979, dalam Ian Deshmukh, 1992)

TIPE EKOSISTEM			Biomassa (g/m <sup>2</sup> )	Produksi bersih (g/m <sup>2</sup> )	Produksi bersih *) (ton/ha/tahun)
<b>EKOSISTEM ALAMI</b>					
Hutan	Tropika	Basah	42.000	2.300	<b>23,00</b>
		Musiman	25.000	1.600	<b>16,00</b>
		Bakau	30.000	1.000	<b>10,00</b>
	Iklim sedang	Meranggas/campuran	28.000	1.300	<b>13,00</b>
		Malarhijau/conifer	30.000	1.500	<b>15,00</b>
	Iklim dingin	Kanopi rapat	25.000	850	<b>8,50</b>
		Kanopi terbuka	17.000	650	<b>6,50</b>
Hutan rendah dan semak	Tropika	Savanna berkayu	9.000	1.500	<b>15,00</b>
	Iklim sedang	Hutan rendah	18.000	1.500	<b>15,00</b>
		Semak-semak	7.000	800	<b>8,00</b>
Padang rumput	Tropika	Savanna berumput	2.200	2.300	<b>23,00</b>
	Iklim sedang	Padang rumput basah	2.100	1.200	<b>12,00</b>
		Padang rumput kering	1.300	500	<b>5,00</b>
Gurun (terutama tropika)	Semak	Gurun / semi gurun	1.100	200	<b>2,00</b>
	Ekstrim	Panas dan kering	60	10	<b>0,10</b>
		Dingin dan kering	300	50	<b>0,50</b>
Tundra	Arktik tinggi	/ alpin	2.300	350	<b>3,50</b>
	Arktik rendah	/ alpin	750	150	<b>1,50</b>
	Gurun kutub		150	25	<b>0,25</b>
Rawa	Tropika		15.000	4.000	<b>40,00</b>
	Iklim sedang		7.500	2.500	<b>25,00</b>
Gambut dan paya	Iklim sedang		5.000	1.000	<b>10,00</b>
<b>EKOSISTEM DIKELOLA</b>					
Hutan tanaman			20.000	1.750	<b>17,50</b>
Lahan pertanian	Tropika	Tanaman setahun *)	60	700	<b>7,00</b>
		Tanaman tahunan	6.000	1.600	<b>16,00</b>
	Iklim sedang	Tanaman setahun *)	100	1.700	<b>17,00</b>
		Tanaman tahunan	5.000	1.500	<b>15,00</b>
Tanah menggurun permukiman penduduk			500	100	<b>1,00</b>
			4.000	500	<b>5,00</b>

\*) rata-rata selama setahun penuh. termasuk masa-masa ketika tak ada tanaman budidaya yang ditanam

\*) satuan dalam ton/ha

Dalam Tabel 5 menyajikan Densitas cadangan karbon (ton/ha) untuk masing-masing plot dan masing-masing penggunaan lahan. Dari Tabel 5 untuk lokasi penelitian lahan bakal waduk Jatigede diperoleh bahwa densitas cadangan karbon tidak berbanding lurus dengan kerapatan agroforestry. Ternyata densitas

cadangan karbon tidak ditentukan oleh kerapatan penggunaan lahan. Dari pengukuran lapangan sebagaimana disajikan terdahulu, tergantung juga pada jenis kayu yang menentukan besarnya  $\rho$  dan diameter kayu yang menentukan volume kayu.

**Tabel 6** Resume pengukuran cadangan karbon di atas muka tanah menurut penggunaan lahan

Guna Lahan	Plot	Densitas Cadangan karbon (ton/ha)		Luas lahan total (ha)	Cadangan karbon total (ton)
		plot	Rata rata		
AFT	I-1	49,94	56,32	176,1	9.918
	I-2	44,87			
	I-3	74,15			
AFS	II-1	8,57	67,27	1.826,8	122.889
	II-2	71,41			
	II-3	121,82			
AFR	III-1	4,34	36,11	81,6	2.947
	III-2	47,44			
	III-3	56,53			
TOTAL					135.754

Dari pengukuran lapangan diperoleh data jumlah dan ukuran pohon dominan. Penggunaan lahan AFT dijumpai banyak pohon dominan dengan  $\rho = 0,6$  (johar dan pinus) ukuran diameter  $D < 30$  cm. Pada penggunaan lahan AFS dijumpai banyak pohon dominan dengan  $\rho = 0,7$  (jati) dengan ukuran  $> 30$  cm. Pada penggunaan lahan AFS jumlah pohon relative sedikit dengan  $\rho < 0,6$  dan lebih banyak nekromas berkayu dalam bentuk pokok sisa tebang atau batang kayu mati.

Hasil pengukuran di lapangan seperti dalam Tabel 5 dan 6 menunjukkan bahwa densitas cadangan karbon tertinggi terdapat pada penggunaan lahan AFS dengan 67,27 ton/ha, kemudian AFT dengan 56,32 ton/ha dan yang terendah pada AFR dengan 36,11 ton/ha. Jumlah total cadangan karbon diperoleh dengan mengalikan antara densitas dengan luas lahan pada masing-masing penggunaan lahan. Dari Tabel 6 penggunaan lahan terluas pada lahan bakal waduk Jatigede adalah Agroforestry kerapatan sedang. Secara berurutan total cadangan karbon adalah tertinggi dari AFS = 122.889 ton, kemudian disusul pada AFT = 9.918 ton dan terendah pada AFR = 2.947 ton. Angka-angka yang disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6 di atas merupakan cadangan karbon yang telah terakumulasi pada suatu lahan. Proses pengikatan gas CO<sub>2</sub> terjadi sepanjang matahari bersinar sepanjang musim.

**3 Dekomposisi karbon pada genangan waduk**

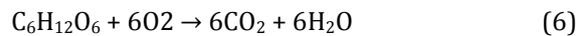
Tumbuhan hidup memiliki kemampuan untuk mengakumulasi karbon yang berasal dari udara, melalui proses fotosintesis. Sebagaimana dalam Persamaan (4) fotosintesis

adalah pembentukan bahan organik (glukosa) dari bahan anorganik (karbon dioksida dan air) dengan bantuan sinar matahari. Dalam proses lainnya pada tumbuhan glukosa hasil fotosintesis diubah dalam bentuk lain seperti selulosa dan atau tetap dalam bentuk glukosa sebagai produk dari tumbuhan.

Jika tumbuhan atau sebagian produk tumbuhan mati maka akan terhenti pula semua proses fotosintesis dan proses akumulasi karbon. Dari produk tumbuhan atau tumbuhan mati terjadi berbagai proses dekomposisi baik dengan bantuan organisme lain atau bantuan cuaca. Secara garis besar terdapat dua jenis proses dekomposisi atau perubahan bentuk dari senyawa glukosa menjadi senyawa yang lebih sederhana. Dua proses yang berbeda tersebut adalah yang melibatkan oksigen (*aerob*) dan tanpa melibatkan oksigen (*anaerob*). Proses aerob hanya terjadi jika dalam lingkungan proses dekomposisi selalu tersedia oksigen. Jika oksigen habis maka yang terjadi adalah proses anaerob. Proses tanpa melibat Oksigen (*anaerob*):



Proses yang melibatkan Oksigen (*aerob*):



Dengan:

- C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> = karbohidrat (glukosa) sebagai energi yang tersimpan
- O<sub>2</sub> = oksigen
- CO<sub>2</sub> = gas karbon dioksida
- CH<sub>4</sub> = gas metana
- H<sub>2</sub>O = air

Dalam genangan waduk proses dekomposisi aerob dan anaerob bisa terjadi secara bersamaan atau bergantian. Air waduk yang baru masuk dari sungai atau yang terdapat pada permukaan waduk masih mengandung oksigen karena kontak dengan udara. Bisa jadi oksigen yang terlarut dalam air akan segera habis karena BOD (biological oxygen demand) lebih tinggi dibanding kelarutan oksigen yang ada. Salah satu penyebab tingginya BOD adalah banyaknya karbon organik dalam waduk, baik yang terlarut maupun yang terendapkan di dasar waduk.

Dalam Gambar 4 sebagai ilustrasi menunjukkan bahwa di sekitar permukaan air terjadi proses aerobik melibatkan oksigen menghasilkan gas CO<sub>2</sub>.

Proses yang terjadi adalah penguraian bahan organik (OM=organik matter) dalam kajian ini adalah karbon organik. Proses lainnya adalah yang juga bersifat aerobik dengan bantuan

bakteri metanotropik menguraikan metana (CH<sub>4</sub>) menjadi CO<sub>2</sub>.

Di dasar waduk terdapat timbunan bahan karbon organik yang sangat banyak. Semuanya berasal dari kandungan organik tanah dan tumbuhan sebelum lahan digenangi, dan sangat mungkin dapat tambahan hasil erosi dari daerah hulu sungai. Di dasar waduk kelarutan oksigen dalam air sedikit sekali bahkan tidak ada. Proses yang terjadi adalah penguraian bahan karbon organik dalam kondisi anaerob menghasilkan metana. Metana dan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari genangan waduk akhirnya dilepas ke udara menjadi gas rumah kaca di atmosfer.

Hasil pengukuran karbon organik seperti telah diuraikan di atas yaitu 185.605 ton karbon organik dari tanah dan 135.754 ton karbon organik dari vegetasi di atas muka tanah, sehingga berat total sebanyak 221.359 ton. Tanpa memperhitungkan lamanya proses penguraian, dari kandungan karbon organik sebanyak itu dapat diperkirakan potensi gas CO<sub>2</sub> atau CH<sub>4</sub>.

Dalam reaksi kimia yang diperhitungkan adalah banyaknya molekul yaitu berat bahan dibagi berat atom atau berat molekul. Menurut Tabel Periodik Unsur Kimia, Berat Atom C=12, H=1 dan O=16, maka Berat molekul CO<sub>2</sub>=44 dan berat molekul CH<sub>4</sub>=16. Dalam reaksi pembentukan CH<sub>4</sub> dari C pada Persamaan (5) memiliki perbandingan 1 molekul C menjadi 1 molekul CH<sub>4</sub>. artinya adalah sebagai mana ditulis dalam bentuk Persamaan (7) dan (8). Cara yang sama dari Persamaan (6) untuk menghitung CO<sub>2</sub>

menggunakan persamaan nomor (9) dan mengganti CH<sub>4</sub> dengan CO<sub>2</sub>.

$$(\text{bobot C})/(\text{BM C}) =$$

$$\frac{\text{berat C}}{\text{BM C}} = \frac{\text{berat CH}_4}{\text{BM CH}_4} \dots\dots\dots(7)$$

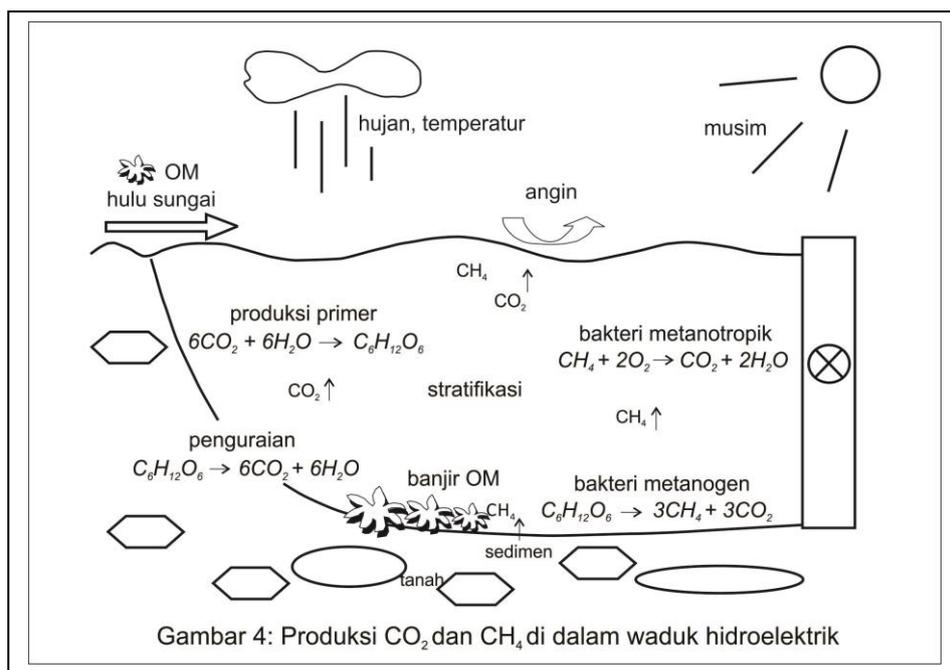
$$\text{berat CH}_4 = \frac{\text{BM CH}_4}{\text{BM C}} \text{berat C} \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{berat CO}_2 = \frac{\text{BM CO}_2}{\text{BM C}} \text{berat C} \dots\dots\dots(9)$$

dengan :

BM = berat molekul  
berat dalam gram

Ketika semua bahan organik sudah tergenang oleh air waduk proses pelapukan dimulai. Pada proses pelapukan ini tidak terjadi sekaligus tetapi dimulai dari bahan-bahan yang lebih mudah lapuk. Abban Putri Fiqal dan Siti Sofiah (2010) menyatakan bahwa bahan dengan kandungan lignin dan selulosa yang rendah akan terdegradasi lebih cepat. Bahan demikian adalah berupa dedaunan dan ranting-ranting muda. Sebaliknya pada kayu yang tua kandungan lignin dan selulosa lebih tinggi melapuk lebih lambat. Dari semua pepohonan dan semak yang ada pada lahan bakal waduk ketika mulai terendam akan segera mengalami pelapukan. Pada tahap awal yang mengalami pelapukan adalah semak belukar, dedaunan dan ranting-ranting muda.



Gambar 4 produksi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dalam waduk (Farrer, C., 2007)

Di alam tentunya tidak hanya menghasilkan CH<sub>4</sub> saja atau CO<sub>2</sub> saja, tetapi mungkin keduanya terbentuk dalam waktu bersamaan. Proporsi apakah CH<sub>4</sub> atau CO<sub>2</sub> yang banyak terbentuk sangat tergantung pada kondisi kelarutan gas oksigen pada air waduk. Pada genangan waduk oksigen yang tersedia terbatas pada sejumlah oksigen terlarut dalam air (DO=*dissolve Oksigen*). Oksigen ini akan segera habis dengan banyaknya bahan organik yang akan mengalami pelapukan. Jika dari total karbon organik sebanyak 221.359 ton seluruhnya mengalami proses penguraian anaerob, maka dengan Persamaan (8) berpotensi menghasilkan CH<sub>4</sub> atau jika proses aerob dengan Persamaan (9) menghasilkan CO<sub>2</sub> masing-masing sebagai berikut.

$$\text{Kandungan CH}_4 = ((16/12) * 221.359) \text{ ton} \\ = 295.145 \text{ ton.}$$

atau

$$\text{Kandungan CO}_2 = ((44/12) * 221.359) \text{ ton} \\ = 881.650 \text{ ton.}$$

Pada proses pelapukan anaerob dibantu oleh mikroorganisme yang malah mati jika terdapat oksigen. Menurut Vesilin, P.A. dkk (1988) pelapukan dimulai sejak organisme mati. Organisme mati tersebut pada dasarnya tersusun oleh tiga senyawa utama yaitu senyawa Nitrogen, Carbon dan Sulfur. Pada tahap awal pelapukan menghasilkan asam-asam organik, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S. Pada tahap lanjutan akan dihasilkan ammonia (NH<sub>3</sub>), humus, sulfida (H<sub>2</sub>S) dan metana (CH<sub>4</sub>).

#### 4 Mitigasi

Dalam kaitannya perubahan iklim akibat peningkatan gas rumah kaca (GRK), dalam pertemuan G-20 di Pittsburg Pemerintah Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 26% dengan usaha sendiri dan mencapai 41% jika mendapat bantuan internasional. Untuk menentukan langkah-langkah upaya menurunkan emisi gas rumah kaca, pemerintah menerbitkan Peraturan Presiden Republik Indonesia no 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.

PP no 61 tahun 2011 Pasal 1 ayat (1) menyebutkan bahwa RAN-GRK terdiri dari kegiatan inti dan kegiatan pendukung. Kementerian PUPERA terlibat dalam kegiatan pendukung sebagaimana termuat pada Lampiran II. Salah satu kegiatan pendukung dari Kementerian PUPERA adalah melakukan penelitian metode pengurangan emisi GRK di waduk.

Waduk yang merupakan genangan air dalam volume dan luasan relative besar merupakan salah satu cara untuk menyimpan cadangan air yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Tetapi di sisi lain dalam genangan waduk dapat terjadi kondisi anaerob oleh rendahnya kelarutan oksigen, terutama akibat oksigen yang ada digunakan untuk memenuhi kebutuhan oksigen untuk dekomposisi biologi (BOD) dan kimia (COD).

Jika dalam kondisi anaerob terdapat bahan organik yang mengalami pelapukan maka dapat dipastikan akan dihasilkan gas metana (CH<sub>4</sub>). Dalam hal ini sebenarnya waduk bukanlah sumber penghasil gas metana, tetapi menyediakan lingkungan anaerob. Gas metana akan terbentuk sepanjang ada sumber bahan organik yang terendam dalam genangan waduk. Proses anaerob yang menghasilkan metana lebih memberi efek rumah kaca dibandingkan dengan proses aerob yang menghasilkan CO<sub>2</sub>. Hal ini karena seberapa banyak CO<sub>2</sub> yang dihasilkan akan ada proses fotosintesis yang dapat menurunkan gas ini di udara, sedangkan gas metana hampir tidak ada proses alami untuk menurunkannya. selain itu efek pemanasan metana sebesar 72 kali dibanding efek gas CO<sub>2</sub>.

Salah satu bahan organik yang akan menjadi sumber gas metana adalah bahan organik tanah dan vegetasi pada lahan yang tergenang waduk. Untuk mengurangi emisi metana dari waduk dapat dilakukan dengan mengurangi bahan yang akan menjadi sumbernya yaitu mengurangi bahan organik dari genangan waduk. Menghilangkan sama sekali bahan organik dari lahan genangan adalah cukup sulit, terutama bahan organik yang telah menjadi koloid yang terkandung pada lapisan tanah. Mengurangi bahan organik dapat dilakukan dengan menghilangkan semak belukar, pepohonan dan semua vegetasi dari lahan bakal genangan.

Penghilangan vegetasi dari lahan genangan dapat dilakukan dengan memberdayakan masyarakat sekitar lahan waduk agar memanfaatkan semua vegetasi yang ada, sebagai berikut:

- a) kayu ukuran besar dapat dimanfaatkan untuk pembuatan perabitan rumah tangga.
- b) kayu ukuran kecil atau dahan dan ranting dapat dijadikan kayu bakar.
- c) dedaunan rerumputan untuk makanan ternak dan atau kompos

Menyingkirkan vegetasi termasuk serasah dari lahan bakal waduk merupakan salah satu upaya untuk pengurangi potensi meningkatnya pembentukan gas rumah kaca dari genangan waduk.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Luas lahan bakal genangan waduk Jatigede pada elevasi 262 m dpl adalah 4.426,6 hektar dengan penggunaan lahan seluas 2.084,1 hektar sebagai agroforestry termasuk permukiman, 2.213,9 hektar sebagai sawah irigasi dan tadah hujan dan 122,2 hektar sebagai tubuh air berupa sungai.

Pengukuran cadangan C-organik tanah dilakukan pada lahan agroforestry dan lahan sawah. Dari luas lahan 4.304,4 hektar dengan kandungan C-organik antara 1,76% - 2,38% dari berat tanah diperoleh kandungan C-organik seberat 185.605 ton.

Pengukuran cadangan karbon dari vegetasi dilakukan pada lahan agroforestry seluas 2.084,1 hektar dengan berat cadangan karbon sama dengan 135.754 ton.

Total cadangan karbon tanah dan vegetasi adalah seberat 221.359 ton. Jika proses dekomposisi dalam kondisi aerobik berpotensi menghasilkan gas CO<sub>2</sub> seberat 881.650 ton. Jika proses dekomposisi dalam kondisi anaerob berpotensi menghasilkan gas metana CH<sub>4</sub> seberat 295.145 ton.

Genangan air waduk memberikan kondisi yang anaerob terutama pada kedalaman yang tidak terpengaruh oleh atmosfer di permukaan waduk. Sepanjang tidak tersedia bahan organik, genangan waduk tidak akan menghasilkan gas Metana sebagai gas rumah kaca. Bahan organik dari lapisan tanah dan vegetasi dapat menjadi sumber gas metana dari genangan waduk.

## DAFTAR PUSTAKA

- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 Tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.
- Abban Putri Fiqal dan Siti Sofiah, 2010., *Pendugaan laju dekomposisi dan produksi biomassa serasah pada beberapa lokasi di Kebun Raya Purwodadi.*, UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi.

- Ajtay, G.L.; Ketner, P.; DuVineaud, P.; (1979); *Terrestrial Primary Production and Phytomass dalam Deshmukh. I. (terjemahan) K. Kartawinata S.. Danimihardja. 1992.. Ekologi dan Biologi Tropika.* Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Carlo, N., 2008. *Satu ton sampah hasilkan 50 kg gas metana.* gadgetplus.wordpress.com/2008/
- Deshmukh. I. (terjemahan) K. Kartawinata S.. Danimihardja. 1992.. *Ekologi dan Biologi Tropika.* Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Farrer. C.. 2007.. *Hydroelectric Reservoirs – the Carbon Dioxide and Methane Emissions of a “Carbon Free” Energy Source.* ETH. Zurich
- Ketterings. Q.M..Coe. R.. Van Noordwijk. M.. Ambagau. Y. and Palm. C. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest ecology and management* 146: 199-209
- Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu (2007). *petunjuk praktis pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan.* World Agroforestry Centre. ICRAFT CSouth East Asia. Bogor
- Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu (2010). *Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. Materi pelatihan pengukuran emisi gas rumah kaca (GRK). cadangan karbon. hidrologi dan penggunaan Automatic Weather Station (AWS) di Pekanbaru 19-22 Desember 2010.* Kementerian Pertanian.
- Subekti Rahayu. Erik Setiawan dan Suyanto.. 2010. *Sistem agroforestry di kawasan penyangga hutan lindung Sesaot: potensinya sebagai penambat karbon.* Brief no. 07 Policy Analysis Unit. World Agroforestry Centre-ICRAF.. Bogor
- Vesilind, P.A., Peirce J.J., and Weiner R., 1988, *Environmental Engineering second edition.*, Butterworth-Heinemann, Stoneham, USA.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada yang telah membantu penelitian sekaligus menjadi Narasumber, yaitu bapak DR. Prihasto Setyanto dan ibu DR. Ai Dariah dari Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian di Bogor

**LAMPIRAN**



Foto Penggunaan Lahan Agroforestry Kerapatan Rendah



Foto Penggunaan Lahan Agroforestry Kerapatan Tinggi



Foto Penggunaan Lahan Agroforestry Kerapatan Sedang