

REDUKSI ALIRAN CO₂ DARI IMPLIKASI SEKAT KANAL BERBASIS KOMPOSIT KARET ALAM PADA LAHAN GAMBUT SUMATERA SELATAN

Reduction of CO₂ Fluxes Resulted By Application of Natural Rubber Based Canal Blocking Technology on South Sumatera Peat Land

Charlos Togi Stevanus¹, Thomas Wijaya², dan Andi Nur Cahyo¹

¹Balai Penelitian Sembawa

Jalan Palembang – Pangkalan Balai, Km. 29. Palembang 30001, South Sumatera

Email : togie_stevanus@yahoo.co.id

²Pusat Penelitian Karet

Jalan Salak, No.1. Bogor 16151

Diterima 20 Februari 2019 / Direvisi 8 Mei 2019 / Disetujui 13 Mei 2019

Abstrak

Pembasahan kembali merupakan suatu upaya dalam mengurangi emisi CO₂ akibat drainase yang berlebihan di lahan gambut. Sekat kanal berbasis komposit karet alam adalah suatu teknologi yang dapat digunakan untuk pembasahan kembali lahan gambut. Pada penelitian ini, perhitungan aliran CO₂ yang dilepaskan dari lahan gambut dari implikasi sekat kanal berbasis komposit karet alam menggunakan 3 metode, yaitu metode subsiden, empirik dan CO₂/H₂O gas analyzer (Licor LI-850). Hasil penelitian menunjukkan bahwa 7 bulan setelah pemasangan sekat kanal berbasis komposit karet alam, rata-rata penurunan gambut menurun sebesar 7 cm atau setara reduksi 638,29 ton CO₂-eq/ha/tahun. Sementara itu, pengukuran dengan metode empirik menunjukkan perbedaan tinggi muka air tanah di saat musim kemarau di dalam dan luar sekat kanal sebesar 15 cm atau setara dengan 12.506 ton CO₂-eq/ha/tahun. Namun hasil perhitungan dengan menggunakan metode subsiden dan empirik sangat besar jika dibandingkan dengan metode CO₂/H₂O gas analyzer yang hanya berkisar antara 2- 13 ton CO₂-eq/ha/tahun pada kedalaman air 40-89 cm.

Kata kunci : sekat kanal, karet, aliran CO₂, gambut, subsiden, Licor LI-850

Abstrack

Re-wetting is an attempt to reduce CO₂ emission resulted by excessively drainage in peat area. Rubber composite canal blocking is a technology that can be used to re-wetting peat area. In this research, the calculation of CO₂ flux released methods from peatland using canal blocking based natural rubber using 3 approach i.e subsidence method, empiric approach, and CO₂/H₂O gas analyzer (Licor LI-850). The results showed that seven month after the installation of rubber composite canal blocking, the rate of land subsidence decreased as high as 7 cm, equal to the reduction of 638,29 ton CO₂-eq/ha/year emission. Meanwhile, observation on soil water level showed that the difference of soil water level on dry season between upstream and downstream on of canal blocking was 15 cm, equal to 12.506 ton CO₂-eq/ha/year. However, the results of subsidence and empiric approach was very large compared to CO₂/H₂O gas analyzer approach was 2-13 ton CO₂-eq/ha/year in the water table was 40-80 cm.

Keywords : canal blocking, rubber, CO₂ emission, peat, subsidence, Licor LI-850

Pendahuluan

Indonesia mempunyai sekitar 15 juta ha lahan gambut, dengan persentase penyebarannya terbesar berada di wilayah Sumatera (43%) dan sisanya di Kalimantan dan Papua (Wahyunto, 2015). Cadangan

karbon di lahan gambut diperkirakan mencapai 57 Giga Ton (Gt) pada kedalaman rata-rata 5,5 meter (Page *et al.*, 2011), hal ini menjadikan lahan gambut sebagai sumber penyerap (sink) CO₂ terbesar. Peningkatan jumlah penduduk dan tuntutan pembangunan ekonomi, telah menyebabkan pemanfaatan lahan gambut sebagai lahan pertanian dan perkebunan juga ikut meningkat. Kondisi ini mengakibatkan lahan gambut berubah fungsi dari penyerap menjadi sumber emisi gas karbon (CO₂) yang berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer (Blain *et al.*, 2011). Bahkan dilaporkan bahwa emisi CO₂ dari lahan gambut dan alih guna lahan hutan mencapai lebih dari 50 % dari total emisi di Indonesia (2.662 ± 836 Mt CO₂) (Boer *et al.*, 2010; Hooijer *et al.*, 2010).

Drainase pada lahan gambut untuk kegiatan pertanian dan perkebunan merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan emisi CO₂ (Bader *et al.*, 2018). Drainase dilakukan untuk memberikan lingkungan aerobik bagi perakaran tanaman melalui pembuatan kanal atau saluran air. Drainase yang berlebihan berdampak terhadap peningkatan oksidasi dan emisi CO₂ pada lahan gambut (Hooijer *et al.*, 2010), serta terjadinya penurunan permukaan tanah atau *land subsidence* (Evans *et al.*, 2019). Laju dekomposisi gambut jauh lebih rendah pada kondisi anaerobik (oksigen tidak tersedia) dibandingkan dengan kondisi aerobik. Oleh karena itu, pembasahan lahan gambut yang telah terdrainase akan mengurangi emisi CO₂ dan menurunkan potensi pemanasan global (Couwenberg, 2011). Khasanah & van Noordwijk (2019) menyebutkan pada penelitiannya bahwa 1 tahun setelah drainase terjadi penurunan tanah 4,2-4,7 cm/tahun pada tanaman kelapa sawit yang menyebabkan terjadi emisi sebesar 121 Mg CO₂-eq/ha/tahun. Data lainnya pada penelitian tersebut juga menunjukkan terjadi penurunan gambut sebesar 2,7 dan 2,4 cm/tahun setelah periode > 30 tahun dan > 20 tahun drainase pada perkebunan agroforestry karet dan kopi.

Salah satu cara untuk mengetahui pengaruh tinggi muka air tanah di lahan gambut terhadap emisi CO₂ adalah dengan mengatur tinggi muka air tanah di lahan gambut tersebut (Hao *et al.*, 2014). Pengaturan tinggi muka air tanah di lahan gambut ini dapat dilakukan dengan metode sekat kanal.

Saat ini, sebagian besar pembuatan kanal yang dilakukan masyarakat maupun perusahaan masih sangat sederhana/tradisional dan belum mempertimbangkan tinggi muka air tanah (*water level*) dari lahan gambut. Kelemahan pembangunan sekat kanal yang dibuat secara tradisional dengan menggunakan kayu dan karung pasir adalah mudah bocor sehingga *water level* tidak dapat terjaga. Salah satu upaya untuk mengatasi hal tersebut adalah melalui teknologi *water level-canal blocking* berbasis komposit karet alam untuk mengatur drainase. Komposit karet alam memiliki kelebihan kedap air dan material penyokong sekat kanal seperti pasir, split, dan kerikil tidak mudah terhanyut. Komposit karet alam merupakan kombinasi dari material pengisi (*filler*) yang berfungsi sebagai penguat, baik dalam bentuk serat ataupun partikulat, dan kompon karet (elastomer) yang berfungsi sebagai matrik. Secara garis besar, bahan komposit terdiri dari tiga macam, yaitu komposit dengan bahan matrik yang diperkuat partikel, serat dan laminat (Cifriadi, 2010).

Prinsip kerja dari sekat kanal terletak pada katupnya. Pada saat musim kemarau, katup diletakkan pada kanal sekunder. Kemudian air pasang dari kanal primer akan mendorong katup sehingga air dapat masuk ke kanal sekunder. Katup akan tertutup kembali oleh dorongan air saat air surut sehingga air tetap tertahan di kanal sekunder. Sebaliknya pada saat musim hujan, katup diletakkan pada kanal primer agar saat banjir di kanal sekunder, air dapat mengalir ke kanal primer (Maspanger *et al.*, 2018). Katup akan tertahan saat air pasang datang dari kanal primer sehingga kanal sekunder tidak banjir (Gambar 1).



Gambar 1. Prinsip kerja bloking kanal saat kemarau dan penghujan

Tulisan ini membahas hasil penelitian mengenai pengurangan emisi CO₂ dari implikasi sekat kanal berbasis komposit karet alam yang dilakukan di Desa Sungai Rengit, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Informasi lain tentang bagaimana pola dan emisi CO₂ gambut pada ketinggian level air yang berbeda juga akan disajikan pada tulisan ini.

Bahan dan Metode

Deskripsi kondisi lahan & tanaman utama

Pemasangan sekat kanal dilakukan di Desa Sungei Rengit, Kecamatan Banyuasin, Sumatera Selatan pada bulan Maret 2018. Dimensi kanal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6 m (panjang) x 3 meter (lebar) dan 2 meter (kedalaman). Jenis gambut pada penelitian tergolong saprik dengan ciri 1/3 volumenya telah berupa serat dengan kedalaman berkisar antara 1,5 – 2 meter. Tanaman utama pada area penelitian merupakan tanaman kelapa sawit berumur 4 tahun. Gulma di area penelitian di dominasi jenis rumput teki (*Fimbristylis acuminata*).

Metode pengukuran aliran CO₂

Pengukuran aliran CO₂ dari implikasi teknologi sekat kanal dilakukan dengan menggunakan 3 metode, yaitu : metode penurunan gambut (subsiden), metode empirik, dan metode CO₂/H₂O gas analyzer. Rincian dari masing-masing metode adalah sebagai berikut :

1. Metode penurunan tanah gambut (subsiden)

Pengukuran CO₂ menggunakan metode subsiden dihitung berdasarkan data subsiden gambut, bobot isi (*bulk density*) serta kandungan C-organik. Pengukuran subsiden dilakukan dengan memasang pipa pengamatan yang mewakili/representatif bentang lahan gambut (Gambar 2). Pipa dipasang pada daerah dengan vegetasi yang sama dan topografi relatif datar (tanpa ada gundukan maupun cekungan). Hal ini untuk mengatasi beberapa faktor “*micro-relief form*” yang dapat mengganggu akurasi pengukuran (Krohn *et al.*, 2017).

Pipa pengamatan diletakkan di dalam dan luar sekat kanal. Ketinggian tanah awal gambut ditandai pada pipa pengamatan dan selanjutnya diukur penurunan tanah gambut. Data subsiden di ukur pada Maret (awal percobaan) sampai bulan Oktober 2018 (7 bulan setelah pemasangan sekat kanal). Pengukuran total organik karbon dilakukan dengan metode pengabuan untuk karbon analisis (Farmer, 1950), sementara bobot isi dihitung berdasarkan perbandingan antara berat tanah kering dengan volume tanah (Blake, 1965). Sampel tanah untuk C-organik dan bobot isi dilakukan dengan menggunakan bor gambut. Menurut Grønlund *et al.* (2008); Khasanah & van Noordwijk (2019) rumus untuk menghitung emisi CO₂ akibat subsiden yaitu :

$$C = St \times BDt \times Ct \times 3,67 \quad (1)$$

Huruf C adalah emisi CO₂ tahunan (ton CO₂-eq/ha/tahun), S_t adalah permukaan gambut yang hilang dalam setahun (cm/tahun), BD_t adalah bobot isi gambut

(g/cm³), C_i adalah kandungan C-organik (%), dan 3,67 merupakan faktor konversi dari C menjadi CO₂.



Gambar 2. Metode pengukuran subsidensi gambut

2. Metode empirik

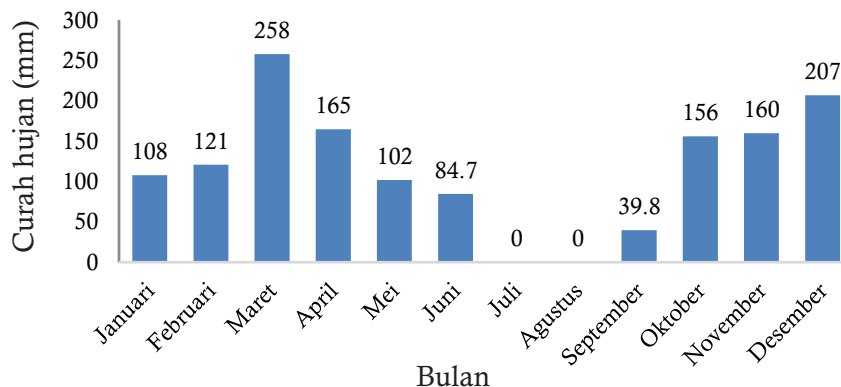
Prinsip pengukuran metode empirik yang digunakan dalam kegiatan ini berdasarkan hubungan linier antara tinggi muka air dengan aliran karbon yang dikeluarkan. Hubungan tersebut salah satunya ditunjukkan oleh penelitian Wakhid *et al.* (2017), pada penelitian

tersebut tipe gambut adalah saprik dan daerahnya telah di drainase untuk dijadikan perkebunan. Oleh karena itu, persamaan tersebut dapat digunakan untuk menghitung estimasi aliran CO₂ dalam penelitian ini. Menurut Wakhid *et al.* (2017) persamaan tersebut adalah :

$$\text{Emisi CO}_2 \left(\frac{\text{g CO}_2}{\text{m}^2 \text{ hari}} \right) = (0,07 - (6,31 \times \text{tinggi muka air (-m)})) \times 3,67 \quad (2)$$

Untuk monitoring ketinggian muka air, pipa dipasang di dalam dan luar sekat kanal. Variasi ketinggian muka air pada penelitian ini tergantung pada curah hujan. Efektivitas sekat kanal dalam menahan air di dalam saluran akan terlihat saat musim kemarau

sehingga pengamatan hanya dilakukan pada awal bulan Oktober 2018. Pada daerah tersebut tidak ada hari hujan selama ± 3 bulan, yaitu periode Juli sampai September 2018. Data curah hujan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Curah hujan di Sungai Rengit tahun 2018

3. Penggunaan CO₂/H₂O gas analyzer

Pada metode ini, fluktuasi CO₂ dibaca oleh *Infra Red Gas Analyzer* (IRGA) dari sungkup tertutup (*chamber*) menggunakan alat CO₂/H₂O gas analyzer merk LI-850 (Gambar 4). Konsentrasi gas CO₂ akan dibaca setiap detik selama pengukuran. Grafik hubungan antara waktu (detik) dan konsentrasi gas CO₂ (μmol/mol) terekam pada komputer. Pengukuran dilakukan pada saat musim hujan (Maret-Mei 2018) dan saat musim kemarau (Juli 2018) agar pola hubungan antara tinggi muka air dan emisi CO₂ dapat terlihat. Pengamatan emisi CO₂ dilakukan selama 5 menit (1.500 detik). Menurut Madsen *et al.* (2009) aliran CO₂ diukur dengan persamaan sebagai berikut :

$$f = \frac{Ph}{RT} \times \frac{dC}{dt} \quad (3)$$

Dimana :

f = aliran CO₂ (μmol/m²/s)

P = rata-rata tekanan udara berdasarkan pembacaan dari monitor IRGA (Pa)

h = efektivitas tinggi tabung (0,25 m)

R = konstanta gas (8,314 Pa m³ K⁻¹ mol⁻¹)

T = Suhu udara dalam tabung (K)

dC/dt = konsentrasi aliran CO₂ (μmol/mol)

Konsentrasi aliran CO₂ (μmol/m²/s) dijadikan kurva linier untuk dibuat kalkulasi selama sebulan dan kemudian dikonversi ke dalam aliran CO₂ tahunan (gram CO₂-eq/ha/tahun) (Wakhid *et al.*, 2017).



Gambar 4. Pengukuran konsentrasi CO₂/H₂O dengan menggunakan CO₂ gas analyzer merk LI-850

Hasil dan Pembahasan

1. Reduksi emisi CO₂ menggunakan metode penurunan gambut (subsiden) dan metode empirik

Berdasarkan hasil analisis di Laboratorium, bobot isi gambut di daerah pemasangan sekat kanal adalah 0,35 gram/cm³ sedangkan C-organiknya adalah 41,41 %. Bobot isi gambut dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah jenis gambut. Berdasarkan tingkat kematangannya, gambut di lokasi penelitian merupakan jenis saprik, yaitu gambut dengan tingkat pelapukan yang telah

matang, kurang dari 1/3 volumenya telah berupa serat (United States Departement of Agriculture, 1999). Gambut yang telah mengalami pelapukan tingkat lanjut akan mempunyai ukuran partikel lebih kecil sehingga akan mudah masuk ke celah-celah akar tanaman yang mengakibatkan tanah menjadi padat (Clymo, 1991; Johnson *et al.*, 1990).

Selama 7 (tujuh) bulan setelah pemasangan sekat kanal, terjadi perbedaan ketinggian subsiden gambut sebesar 7 cm antara di luar dan dalam sekat kanal. Ketinggian subsiden didalam sekat kanal adalah 11 cm sedangkan

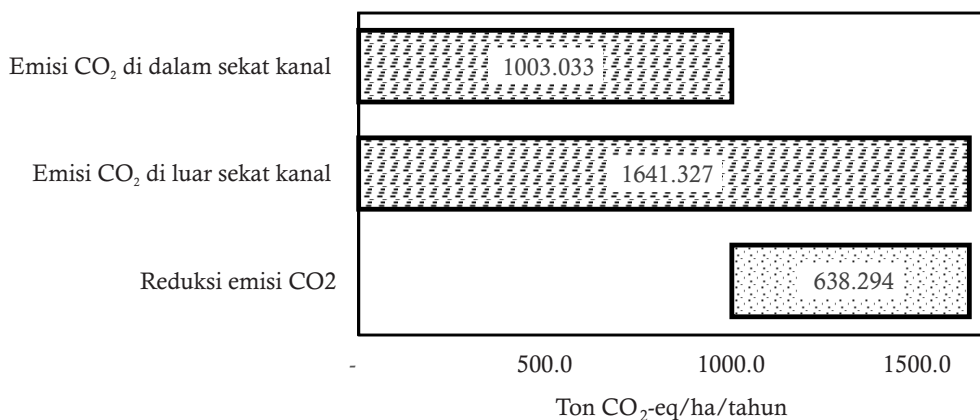
di luar adalah 18 cm (Gambar 5). Berdasarkan hasil subsiden tersebut maka emisi CO₂ di dalam sekat kanal adalah 83,6 ton CO₂-eq/ha/bulan sedangkan di luar adalah 136,78 ton CO₂-eq/ha/bulan sehingga reduksi emisi CO₂ yang dihasilkan adalah 53,2 ton CO₂ ha⁻¹ bulan⁻¹ atau setara 638,29 ton CO₂-eq/ha/tahun (Gambar 6).

Subsiden yang dihasilkan pada penelitian ini sangat besar baik di dalam maupun luar kanal jika dibandingkan dengan beberapa penelitian yang ada sehingga menyebabkan perhitungan emisi aliran CO₂ juga besar. Hasil

subsiden penelitian Wakhid *et al.* (2017) menunjukkan subsiden pada gambut untuk tanaman karet berkisar 5,64 - 5,96 cm/tahun. Demikian juga penelitian Hooijer *et al.* (2012) yang menunjukkan subsiden 5,4 cm/tahun pada tanaman kelapa sawit. Sementara itu, emisi karbon yang dihasilkan pada penelitian ini juga lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian Hooijer *et al.* (2012) yang menghasilkan 119 dan ton CO₂-eq/ha/tahun dan penelitian dari Khasanah & van Noordwijk (2019) sebesar 63 ton CO₂-eq/ha/tahun.



Gambar 5. Perbedaan ketinggian subsiden gambut di dalam (A) dan luar kanal bloking (B)



Gambar 6. Grafik perbedaan emisi CO₂-eq/ha di dalam dan luar sekat kanal berdasarkan metode subsiden

Besarnya subsiden yang dihasilkan kemungkinan terjadi karena fluktuasi air di daerah penelitian sangat tinggi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tinggi muka air berkorelasi terhadap dekomposisi subsiden gambut (Nusantara *et al.*, 2018; Wakhid *et al.*, 2017; Wösten *et al.*, 2008). Data fluktuasi air di daerah penelitian ini terlihat pada hasil penelitian Saputra *et al.* (2018) dimana lokasinya sama dengan kegiatan ini. Data tersebut menunjukkan kedalaman air dapat mencapai > 100 cm dari permukaan gambut saat tidak ada hujan dalam rentang waktu satu bulan di daerah tersebut. Penelitian Saputra *et al.* (2018) tidak melakukan olah lahan dalam penanaman yang artinya gambut di area tersebut tidak terganggu, tetapi subsiden yang dihasilkan mencapai 20 cm sampai 3 tahun setelah tanam. Hal yang sama mungkin terjadi juga dalam penelitian ini. Pada bulan Juli sampai September 2018 merupakan periode dimana hujan pada daerah ini berkisar antara 0-40 mm/bulan (Gambar 1). Semakin rendah permukaan air tanah gambut, emisi CO₂ akan semakin tinggi (Cao *et al.*, 2017; Tiemeyer *et al.*, 2016). Selain itu, pembuatan saluran drainase pada lahan gambut berpotensi meningkatkan oksigen sekitar 1,4 – 1,9 lebih tinggi dibandingkan pada saat keadaan tergenang/anaerob (Silins & Rothwell, 1999). Kondisi ini mengubah kondisi mikroba anaerob (seperti bakteri, fungi, dan jamur) menjadi mikroba aerob. Menurut Landry &

Rocheffort (2012) bahwa dekomposisi bahan organik dalam keadaan aerob dapat menjadi 50 kali lebih cepat dibandingkan keadaan anaerob. Pada akhirnya, gambut akan mengalami pemadatan dan ketinggian subsiden akan turun mencapai konstan. Hooijer *et al.* (2012) menyebutkan bahwa 18 tahun setelah drainase menunjukkan indikasi penurunan subsiden karena telah terjadi pemadatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sekat kanal mampu menahan air pada lahan gambut selama musim kering. Tinggi muka air di dalam kanal pada bulan awal Oktober 2018 adalah 66 cm dari permukaan lahan di dalam kanal, sedangkan di luar adalah 81 cm. Artinya, sekat kanal mampu menahan air ± 15 cm pada musim kering (Gambar 7). Reduksi emisi CO₂ melalui perbedaan ketinggian muka air berdasarkan metode empirik adalah 34,73 ton CO₂-eq/ha/hari atau 12.506 ton CO₂-eq/ha/tahun.

Jika diakumulasikan dalam setahun, perhitungan pengurangan emisi CO₂ menggunakan metode empirik menghasilkan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan metode subsiden. Tingginya perhitungan ini terjadi karena penggunaan data ketinggian muka air pada metode empirik hanya dilakukan pada satu waktu, yaitu musim kering. Faktanya, ketinggian muka air dalam sebulan selalu dinamik karena dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya dari vegetasi (Carlson *et al.*,



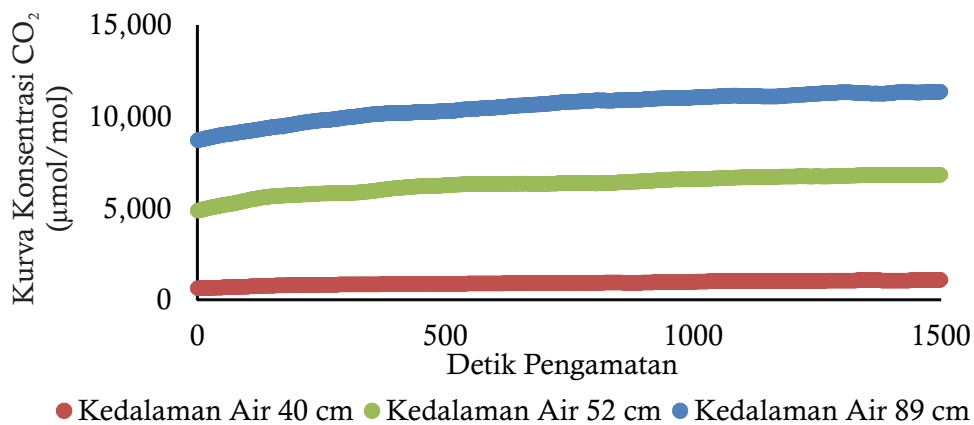
Gambar 7. Perbedaan ketinggian muka air didalam (A) dan diluar bloking kanal (B) saat periode musim kering

2015; Järveoja *et al.*, 2016). Karena tujuan dari penelitian ini adalah melihat efektivitas sekat kanal dalam mereduksi emisi CO₂, dimana kondisi tersebut terjadi saat gambut dalam keadaan kering, maka pengamatan ketinggian muka air dilakukan pada bulan kering. Untuk menghasilkan data emisi karbon secara akurat dengan menggunakan metode empirik, maka diperlukan data harian ketinggian muka air secara periodik.

2. Pola dan laju emisi CO₂ berdasarkan ketinggian muka air

Berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan alat CO₂/H₂O *gas analyzer* merk LI-850 terlihat bahwa semakin rendah ketinggian muka air dari permukaan tanah, maka semakin rendah juga emisi CO₂ (Gambar 8 dan Tabel 1). Beberapa data penelitian juga menunjukkan hasil yang sama

mengenai hubungan antara emisi CO₂ dengan ketinggian muka air. Hirano *et al.* (2014); Itoh *et al.* (2012); Sundari *et al.* (2012); Ohashi *et al.* (2007) menyatakan penurunan muka air gambut dapat meningkatkan respirasi pada tanah melalui aktivitas fauna tanah. Aktivitas fauna tanah berperan penting dalam mineralisasi karbon pada lahan gambut (Brummer *et al.*, 2009). Hal inilah yang menyebabkan peningkatan laju emisi CO₂ seiring dengan menurunnya ketinggian muka air tanah. Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa laju emisi CO₂ dari ketinggian muka air 89 cm dapat meningkat lebih dari 5 kali lipat dibandingkan pada ketinggian muka air 40 cm. Sampai saat ini, penelitian mengenai pola dan emisi CO₂ masih terus berlanjut pada berbagai ketinggian muka air untuk mendapatkan persamaan empirik sesuai spesifik lokasi.



Gambar 8. Grafik hubungan antara konsentrasi CO₂ (µmol/mol) dan waktu (detik) pada berbagai ketinggian muka air dari permukaan tanah.

Tabel 1. Laju emisi CO₂ di gambut pada beberapa ketinggian muka air dari permukaan tanah

Tinggi muka air (cm)	Emisi aliran CO ₂ (ton/ha/tahun)
40	2,07
52	8,83
89	13,47

Emisi aliran CO₂ yang dihasilkan pada penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan data penelitian yang telah dilakukan. Pada tanaman kelapa sawit, Dariah *et al.* (2013) menghasilkan 38 ton CO₂-eq/ha/tahun pada kedalaman air tanah 52 cm sedangkan Melling *et al.* (2013) menghasilkan 25 ton CO₂-eq/ha/tahun. Hirano *et al.* (2014) menyebutkan pada kedalaman air 80 cm, emisi aliran CO₂ yang dihasilkan sebesar 36,44 ton CO₂-eq/ha/tahun. Kecilnya hasil pengukuran emisi aliran CO₂ dari penelitian ini kemungkinan karena belum adanya faktor koreksi lingkungan yang mempengaruhi pengukuran seperti temperatur tanah dan respirasi akar. Ali *et al.* (2006) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan aliran CO₂ dari 2,59 ± 0,22 μmol/m²/detik menjadi 5,58 ± 1,38 μmol/m²/detik akibat perubahan suhu 26,3°C ke 27,25 °C. Dariah *et al.* (2013) menyebutkan bahwa aliran CO₂ berkurang seiring dengan kepadatan akar tanaman kelapa sawit. Hasil pengukuran karbon menggunakan CO₂/H₂O *gas analyzer* dengan Licor LI-850 jauh lebih kecil dan lebih akurat dibandingkan dengan metode subsiden dan empirik yang dianggap *overestimate*. Kedepannya perlu dilakukan pengukuran menggunakan CO₂/H₂O *gas analyzer* dengan mempertimbangkan faktor suhu dan respirasi tanaman.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa menjaga tinggi muka air itu penting untuk mencegah peningkatan emisi CO₂. Implementasi dari teknologi sekat kanal berbasis komposit karet alam terbukti mampu menjaga tinggi muka air saat musim kemarau dan menurunkan subsiden pada lahan gambut. Menjaga ketinggian muka air juga penting fungsinya dalam meningkatkan produktivitas tanaman pertanian dan perkebunan serta menjaga kebakaran lahan di gambut. Diharapkan pengaturan tata kelola air menggunakan teknologi sekat kanal berbasis komposit karet alam dapat digunakan sebagai acuan pada lahan gambut lainnya.

Kesimpulan

Teknologi sekat kanal berbasis komposit karet alam mampu menurunkan subsiden gambut menjaga ketinggian muka air tanah serta mereduksi emisi CO₂ pada saat musim kemarau. Emisi CO₂ yang dapat direduksi melalui penggunaan teknologi ini dapat mencapai 12.506 CO₂-eq/ha/tahun saat musim kemarau. Sementara itu selama 7 bulan pemasangan, subsiden yang dapat direduksi dengan adanya sekat kanal adalah 7 cm atau setara dalam mengurangi emisi CO₂ sekitar 638,29 ton CO₂/ha/bulan. Berdasarkan perhitungan menggunakan alat CO₂/H₂O *gas analyzer*, dengan mempertahankan kedalaman air 40 cm dari permukaan lahan, reduksi emisi dapat mencapai 2 ton CO₂-eq/ha/tahun.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada *Indonesia Climate Change Trust Fund (ICCTF)* – Bappenas yang telah memberikan dana untuk kegiatan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada Dr. Dadi R. Maspanger, Adi Cifriadi, M.Si., Norma A. Kinasih, S.T.P., Dr. Heru Suryaningtyas, Dr. Karyudi, Sarino, Sahid Ali Akbar, Arifin, Suhaimi (Kepala Desa Sungei Rengit), Bambang Setio, Suwono (Ketua Kelompok Tani), dan Subagyo (Kepala Dusun Setia Harapan) atas bantuan dan partisipasinya dalam kegiatan ini.

Daftar Pustaka

- Ali, M., Taylor, D., & Inubushi, K. (2006). Effects of environmental variations on CO₂ efflux from a tropical peatland in eastern sumatra. *Wetlands*, 26(2), 612-618. doi:10.1672/0277-5212(2006)26[612:EOEVOC] 2.0.CO;2.
- Bader, C., Müller, M., Szidat, S., Schulin, R., & Leifeld, J. (2018). Response of peat decomposition to corn straw addition in managed organic soils. *Geoderma*, 309, 75-83. doi:10.1016/j.geoderma.2017.09.001.

- Blain, D., Boer, R., Eggleston, S., Gonzalez, S., Hiraishi, T., Irving, W., . . . Towprayoon, S. (2011). *013 supplement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands*. Geneva, Switzerland: IPCC.
- Blake, G. R. (1965). *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling, agronomy monograph*. In C. A. Black (Ed.), *Bulk density*. Madison, USA: American Society of Agronomy.
- Boer, R., Sulistyowati, Las, I., Zed, F., Marispatin, N., Kartakusuma, D. A., & Mulyanto, H. S. (2010). *Summary for policy makers : Indonesia second national communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Brummer, C., Papen, H., Wassmann, R., & Brüggemann, N. (2009). Fluxes of CH₄ and CO₂ from soil and termite mounds in south Sudanian savanna of Burkina Faso (West Africa). *Global Biogeochemical Cycles*, 23(1), 2-13.
- Cao, R., Xi, X., Yang, Y., Wei, X., Wu, X., & Sun, S. (2017). The effect of water table decline on soil CO₂ emission of Zoige peatland on eastern Tibetan Plateau: A four-year in situ experimental drainage. *Applied Soil Ecology*, 120, 55-61. doi:10.1016/j.apsoil.2017.07.036.
- Carlson, K. M., Goodman, L. K., & May-Tobin, C. C. (2015). Modeling relationships between water table depth and peat soil carbon loss in Southeast Asian plantations. *Environmental Research Letters*, 10(7), 1-12. doi:10.1088/1748-9326/10/7/074006.
- Cifriadi, A. (2010). Material komposit dalam teknologi barang jadi. *Warta Perkaretan*, 29(1), 64-71.
- Clymo, R. S. (1991). *Quaternary landscapes : Peat Growth*. Minnesota, USA: University of Minnesota Press.
- Couwenberg, J. (2011). Greenhouse gas emissions from managed peat soils: is the IPCC reporting guidance realistic? *Mires and Peat*, 8(2), 1-10.
- Dariah, A., Marwanto, S., & Agus, F. (2014). Root- and peat-based CO₂ emissions from oil palm plantations. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19(6). doi:10.1007/s11027-013-9515-6.
- Evans, C. D., Williamson, J. M., Kacaribu, F., Irawan, D., Suardiwerianto, Y., Hidayat, M. F., & Page, S. E. (2019). Rates and spatial variability of peat subsidence in Acacia plantation and forest landscapes in Sumatra, Indonesia. *Geoderma*, 338 (4 1 0 – 4 2 1) . doi:10.1016/j.geoderma.2018.12.028.
- Farmer, V. C. (1950). The spectrographic analysis of plant ash in the carbon arc. *Spectrochimica Acta*, 4(3), 224-228. doi:10.1016/0371-1951(50)80005-X.
- Grønlund, A., Hauge, A., Hovde, A., & Rasse, D. P. (2008). Carbon loss estimates from cultivated peat soils in Norway: a comparison of three methods. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 81(2), 157-167. doi:10.1007/s10705-008-9171-5.
- Hao, W., Ling-Fei, Y., Li-Tong, C., Chao, W., & Jin-Sheng, H. (2014). Responses of soil respiration to reduced water table and nitrogen addition in an alpine wetland on the Qinghai-Xizang Plateau. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 38(6), 619-625. doi:10.3724/SP.J.1258.2014.00057.
- Hirano, T., Kusin, K., Limin, S., & Osaki, M. (2014). Carbon dioxide emissions through oxidative peat decomposition on a burnt tropical peatland. *Global Change Biology*, 20(2), 555-565. doi:10.1111/gcb.12296.
- Hooijer, A., Page, S., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., Wösten, H., & Jauhiainen, J. (2010). Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences*, 7(5), 1505-1514. doi:10.5194/bg-7-1505-2010.

- Hooijer, A., Page, S., Jauhiainen, J., Lee, W. A., Lu, X. X., Idris, A., & Anshari, G. (2012). Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. *Biogeosciences*, 9(3), 1053-1071. doi:10.5194/bg-9-1053-2012.
- Itoh, M., Kosugi, Y., Takanashi, S., Kanemitsu, S., Osaka, K., Hayashi, Y., & Rahim Nik, A. (2012). Effects of soil water status on the spatial variation of carbon dioxide, methane and nitrous oxide fluxes in tropical rain-forest soils in Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*, 28(06), 557-570. doi:10.1017/S0266467412000569.
- Järveoja, J., Peichl, M., Maddison, M., Soosaar, K., Vellak, K., Karofeld, E., & Mander, Ü. (2016). Impact of water table level on annual carbon and greenhouse gas balances of a restored peat extraction area. *Biogeosciences*, 13(9), 2637-2651. doi:10.5194/bg-13-2637-2016.
- Johnson, L. C., Damman, A. W. H., & Malmer, N. (1990). Sphagnum macrostructure as an indicator of decay and compaction in peat cores from an ombrotrophic South Swedish peat-bog. *The Journal of Ecology*, 78(3), 633-647. doi:10.2307/2260889.
- Khasanah, N., & van Noordwijk, M. (2019). Subsidence and carbon dioxide emissions in a smallholder peatland mosaic in Sumatra, Indonesia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24(1), 147-163. doi:10.1007/s11027-018-9803-2.
- Krohn, J., Lozanovska, I., Kuzyakov, Y., Parvin, S., & Dorodnikov, M. (2017). CH₄ and CO₂ production below two contrasting peatland micro-relief forms: An inhibitor and δ¹³C study. *Science of The Total Environment*, 586, 142-151. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.01.192.
- Landry, J., & Rochefort, L. (2012). *The drainage of peatlands : impacts and rewetting techniques*. Québec, Canada: Université Laval.
- Madsen, R., Xu, L., Claassen, B., & McDermitt, D. (2009). Surface monitoring method for carbon capture and storage projects. *Energy Procedia*, 1(1), 2161-2168. doi:10.1016/j.egypro.2009.01.281.
- Maspanger, D. R., Cifriadi, A., & Kinasih, N. A. (2018). Disain dan pemasangan canal blocking. In N. A. Kinasih, A. P. Bradikta, & A. Ramadhan (Eds.), *Penurunan emisi CO₂ di lahan gambut dengan pengaturan tata kelola air menggunakan water level-canal blocking berbasis komposit karet alam*. Bogor, Indonesia: Pusat Penelitian Karet.
- Melling, L., Tan, C. S. Y., Goh, K. J., & Hatano, R. (2013). Soil microbial and root respirations from three ecosystems in tropical peatland of sarawak, Malaysia. *Journal Of Oil Palm Research*, 25(1), 44-57.
- Nusantara, R. W., Hazriani, R., & Suryadi, U. E. (2017, 8 Agustus). *Water-table Depth and Peat Subsidence Due to Land-use Change of Peatlands*. Tulisan disajikan pada 1st UPI International Geography Seminar Bandung.
- Ohashi, M., Kume, T., Yamane, S., & Suzuki, M. (2007). Hot spots of soil respiration in an Asian tropical rainforest: soil respiration in an asian tropical rainforest. *Geophysical Research Letters*, 34(8), 1-4. doi:10.1029/2007GL029587.
- Page, S. E., Rieley, J. O., & Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool: tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17(2), 798-818. doi:10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x.
- Saputra, J., Stevanus, C. T., Ardika, R., & Wijaya, T. (2018). Pengujian beberapa alternatif teknik penanaman tanaman karet di lahan gambut. *Jurnal Penelitian Karet*, 36(2), 117-126. doi:10.22302/ppk.jpk.v36i2.595.
- Silins, U., & Rothwell, R. L. (1999). Spatial patterns of aerobic limit depth and oxygen diffusion rate at two peatlands drained for forestry in Alberta. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(1), 53-61. doi:10.1139/x98-179.

- Sundari, S., Hirano, T., Yamada, H., Kusin, K., & Limin, S. (2012). Effect of groundwater level on soil respiration in tropical peat swamp forests. *Journal of Agricultural Meteorology*, 68(2), 121–134. doi:10.2480/agrmet.68.2.6.
- Tiemeyer, B., Albiac Borraz, E., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., & Zeitz, J. (2016). High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Global Change Biology*, 22(12), 4134–4149. doi:10.1111/gcb.13303.
- United States Department of Agriculture. (1999). *Soil Taxonomy a basic system of soil classification making and interpreting soil surveys (2nd ed.)*. Washington DC, USA: U.S. Government Printing Office.
- Wahyunto. (2015). *Lahan gambut di Indonesia : istilah, definisi, klasifikasi, luasan, penyebaran, dan pemuthakhiran data spasial gambut*. Diakses dari <http://www.cifor.org/ipn-toolbox/wp-content/uploads/pdf/A1.pdf>.
- Wakhid, N., Hirano, T., Okimoto, Y., Nurzakiah, S., & Nursyamsi, D. (2017). Soil carbon dioxide emissions from a rubber plantation on tropical peat. *Science of The Total Environment*, 581–582, 857–865. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.01.035.
- Wösten, J. H. M., Clymans, E., Page, S. E., Rieley, J. O., & Limin, S. H. (2008). Peat–water interrelationships in a tropical peatland ecosystem in Southeast Asia. *C A T E N A*, 73(2), 212–224. doi:10.1016/j.catena.2007.07.010.