



Dapatkah kematangan gambut dijadikan *proxy* kandungan bahan organik dan bobot isi dalam penghitungan cadangan karbon gambut tropis secara cepat?



Foto: World Agroforestry/Sidiq Pambudi

Pendahuluan

Cadangan karbon (C_{stock}) pada gambut di Indonesia diestimasi dengan menjumlahkan hasil perkalian antara luas area (A), ketebalan (t), bobot isi (BD), kandungan karbon organik (C_{org}) gambut (Agus et al., 2011) sesuai persamaan umum berikut:

$$C_{stock} = \sum_i^n (A_i * t_i * BD * C_{org})$$

Pengukuran bobot isi gambut dan kandungan karbon organik memerlukan biaya (Warren et al., 2012), ketelitian dan ketepatan dalam pengambilan dan penanganan contoh (Agus et al., 2011) mulai dari lapangan sampai ke laboratorium. Lahan-lahan gambut di Indonesia umumnya berada pada areal yang sulit dijangkau (Rudiyanto et al., 2015), sehingga seringkali mengalami kendala dalam transportasi contoh gambut sampai ke laboratorium. Contoh gambut basah yang diambil di lapangan tidak jarang mengalami pengurangan kadar air selama proses pengangkutan dan menyebabkan bias dalam penghitungan bobot isi (Agus et al., 2011).

Pendekatan penghitungan cadangan karbon yang lebih sederhana telah dikaji dengan model empiris menggunakan ketebalan gambut (Dariah et al., 2012) dan bobot isi (Warren et al., 2012). Degradasi lahan gambut akibat kanalisasi, kebakaran dan konversi lahan yang berasosiasi dengan proses dekomposisi berpengaruh terhadap kandungan karbon organik

Temuan

- Tingkat kematangan gambut memungkinkan untuk digunakan sebagai *proxy* kandungan karbon organik gambut, tetapi belum cukup bukti sebagai *proxy* untuk bobot isi dalam penghitungan cadangan karbon
- Kandungan bahan organik gambut pada tingkat kematangan fibrik mencapai 48%
- Tidak ada batasan yang jelas antara bobot isi gambut antara tingkat fibrik dengan hemik dan antara hemik dengan saprik

dan bobot isi gambut. Perubahan kedua variabel tersebut mempengaruhi konstanta pada persamaan empiris yang dikembangkan dari ketebalan gambut. Pemisahan tingkat kematangan gambut sangat dianjurkan, meskipun masih ditemukan kelemahan karena perubahan bobot isi pada gambut terdegradasi (Dariah et al., 2012). Hal ini menunjukkan bahwa dalam menghitung cadangan karbon gambut, kandungan karbon organik dan bobot isi tetap menjadi variabel penting.

Mencari indikator kandungan karbon organik dan bobot isi gambut tanpa mengambil contoh dan menganalisis di laboratorium perlu dilakukan untuk

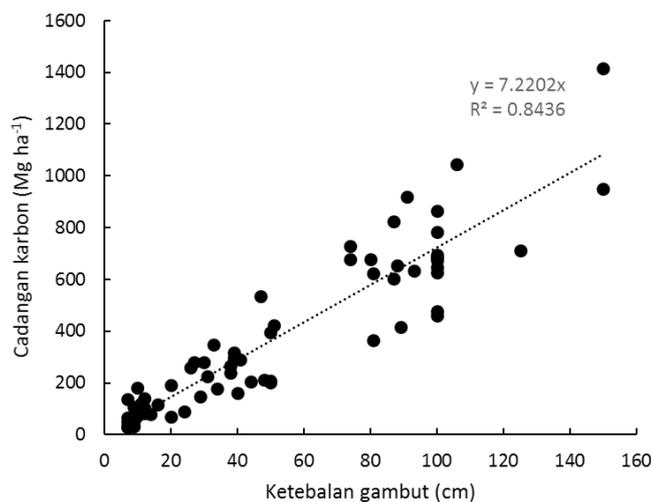
mengestimasi cadangan karbon gambut secara cepat tetapi mendekati akurat. Artikel ini membahas variasi konstanta dalam persamaan empiris untuk estimasi cadangan karbon gambut, hubungan antar variabel dalam estimasi cadangan karbon gambut, dan potensi kematangan gambut sebagai *proxy* kandungan karbon organik dan bobot isi gambut untuk menghitung cadangan karbon gambut secara cepat.

Persamaan linier dalam estimasi cadangan karbon gambut

Analisis dilakukan terhadap 25 titik pengamatan yang terdiri dari 63 contoh gambut, yang dipisahkan berdasarkan tingkat kematangannya saat pengambilan contoh di lapangan. Pengamatan dilakukan di hutan gambut terdegradasi pasca pemanfaatan hasil hutan kayu di kawasan penyangga Suaka Marga Satwa Lamandau, Kalimantan Tengah tahun 2008. Ketebalan gambut di lokasi pengamatan berkisar antara 40 – 450 cm.

Hasil analisis menunjukkan bahwa cadangan karbon (C_{stock}) gambut berbanding lurus dengan ketebalan (t) dan menghasilkan persamaan linier (Gambar 1).

Nilai konstanta dalam persamaan di atas memungkinkan bervariasi tergantung pada kandungan karbon organik dan bobot isi gambut di lokasi pengukuran. Pada gambut yang didominasi tingkat



Gambar 1. Hubungan antara ketebalan gambut dan cadangan karbon tanah gambut

Tabel 1. Korelasi antara cadangan karbon gambut dengan variabel-variabel dalam persamaan untuk menghitung cadangan karbon

	Ketebalan (cm)	Kerapatan jenis (g cm ⁻³)	Kadar abu (%)	Kandungan karbon (%)	Cadangan karbon (Mg ha ⁻¹)
Ketebalan (cm)	1				
Kerapatan jenis (g cm ⁻³)	-0.28	1			
Kadar abu (%)	-0.32	0.71	1		
Kandungan karbon (%)	0.28	-0.71	-0.95	1	
Cadangan karbon (Mg ha ⁻¹)	0.92	-0.09	-0.25	0.20	1

kematangan lanjut (saprik), kandungan karbon organik umumnya lebih rendah, tetapi bobot isinya lebih tinggi. Sementara, pada gambut yang didominasi tingkat kematangan awal (fibrik) kandungan karbon organik lebih tinggi tetapi bobot isinya lebih rendah. Penelitian yang dilakukan oleh (Dariah et al., 2012) pada 248 titik pengamatan di Sumatra dan Kalimantan tanpa membedakan tingkat kematangan gambut menghasilkan persamaan:

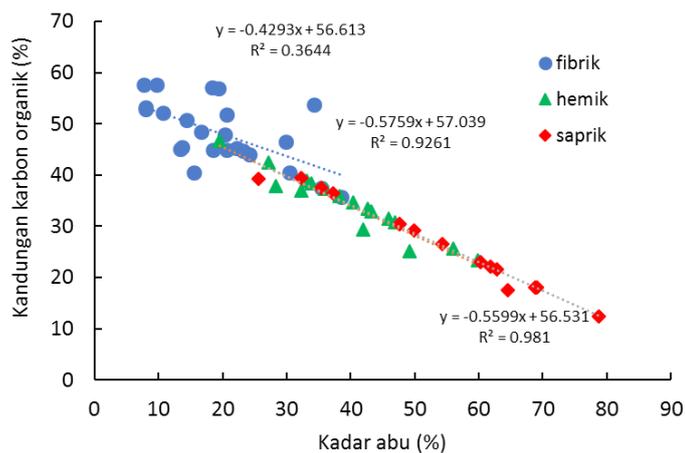
$$C_{stock} = 5.534 t$$

Nilai konstanta pada persamaan tersebut lebih kecil bila dibandingkan dengan penelitian ini. Tingkat degradasi lahan gambut di kawasan Suaka Marga Satwa Lamandau relatif rendah, karena masih didominasi gambut dengan tingkat kematangan fibrik. Hal ini diduga berpengaruh terhadap konstanta dalam persamaan regresi.

Variasi konstanta dari persamaan linear antara cadangan karbon gambut dengan ketebalannya menunjukkan bahwa ketebalan saja belum cukup untuk mengestimasi cadangan karbon gambut, terutama pada lahan-lahan gambut yang telah terdegradasi dan mengalami perubahan tingkat kematangan akibat proses dekomposisi. Perbedaan kadar abu (bahan mineral) dalam tanah gambut juga dapat berpengaruh terhadap cadangan karbon organik dalam tanah gambut. Oleh karena itu, penting untuk memasukan variabel bobot isi, karena kandungan abu dalam tanah gambut sangat menentukan nilai bobot isinya.

Hubungan antar variabel dalam penghitungan cadangan karbon gambut

Analisis korelasi antar variabel dalam penghitungan cadangan karbon, yaitu ketebalan gambut, bobot isi dan kandungan karbon organik menunjukkan bahwa cadangan karbon berkorelasi positif dengan ketebalan gambut pada nilai koefisien korelasi 0.92. Korelasi antara cadangan karbon dengan kandungan karbon organik relatif lebih rendah yaitu sebesar 0.20, bahkan sangat rendah korelasinya dengan bobot isi yaitu -0.09 (Tabel 1).



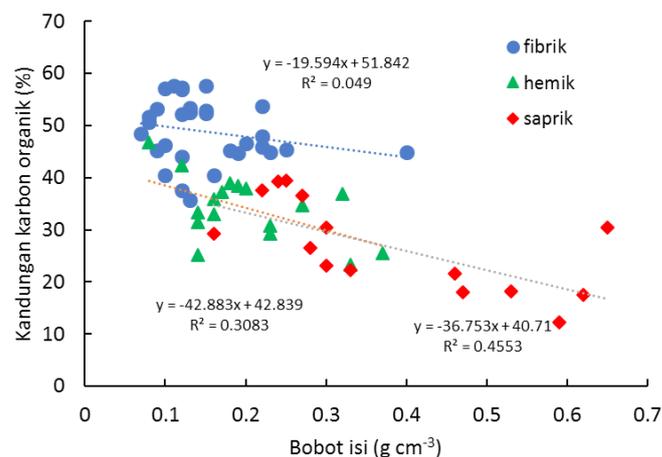
Gambar 2. Hubungan antara kadar abu dengan kandungan karbon organik pada tiga tingkat kematangan gambut

Kandungan karbon organik berkorelasi negatif sebesar 0.95 dengan kadar abu (Gambar 2). Hal ini terjadi karena padatan tanah tersusun dari bahan organik dan abu. Sebanyak 58% dari kandungan bahan organik adalah kandungan karbon organik. Dalam proses analisis dengan metode *loss of ignition* (LOI), bahan organik akan hilang dan menyisakan abu yang berupa bahan inorganik (Agus et al., 2011). Semakin banyak kandungan bahan organik, maka bahan inorganik tersisa yang berbentuk abu semakin sedikit. Kandungan bahan organik yang lebih tinggi umumnya ditemukan pada gambut dengan tingkat kematangan awal (fibrik).

Kematangan gambut dalam identifikasi contoh di lapangan secara visual ditunjukkan oleh banyaknya serat yang tertinggal ketika contoh gambut diperas dengan tangan, terutama pada gambut fibrik yang tingkat dekomposisinya masih rendah. Banyaknya serat yang tersisa ini digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan gambut. Gambut dikategorikan fibrik jika kandungan serat > 67%, hemik 33 – 67% dan saprik < 33% dari total volume contoh (Agus et al., 2011).

Koefisien regresi antara kadar abu dengan kandungan karbon organik pada tingkat kematangan fibrik lebih kecil bila dibandingkan dengan hemik dan saprik. Meskipun demikian, terlihat ada pemisahan yang jelas antara fibrik dengan hemik dan saprik dalam hal kadar abu dan kandungan karbon organik. Sementara, antara hemik dan saprik tidak ada pemisahan yang jelas. Ketelitian dalam mengidentifikasi tingkat kematangan gambut hemik dan saprik di lapangan berdasarkan persentase serat kemungkinan mempengaruhi ketidakjelasan pemisahan hubungan antara kandungan karbon organik dan kadar abu.

Bobot isi gambut berkorelasi positif pada koefisien korelasi 0.71 dengan kadar abu, tetapi berkorelasi negatif pada koefisien korelasi 0.71 dengan kandungan karbon



Gambar 3. Hubungan antara kerapatan jenis dan kadar abu pada contoh gambut berdasarkan tingkat kematangannya

organik. Bobot isi yang lebih kecil ditemukan pada contoh gambut yang memiliki kandungan karbon organik lebih besar yang umumnya memiliki tingkat kematangan fibrik. Semakin besar bobot isi, kandungan karbon organiknya semakin kecil, seperti terjadi pada contoh gambut tingkat kematangan hemik dan saprik (Gambar 3).

Pada contoh gambut dengan tingkat kematangan fibrik, koefisien regresi antara bobot isi dan kandungan karbon organik sangat rendah. Beberapa data menunjukkan hal yang tidak umum, yaitu gambut tingkat kematangan fibrik memiliki bobot isi lebih besar bila dibandingkan dengan tingkat kematangan hemik. Sebaliknya, gambut saprik memiliki bobot isi lebih kecil dari fibrik. Hal ini menunjukkan tidak ada konsistensi antara bobot isi dengan tingkat kematangan gambut, karena bobot isi dipengaruhi oleh berbagai faktor selain kematangan gambut. Perubahan bobot isi memungkinkan terjadi akibat proses konsolidasi gambut karena gangguan fisik (Dariah et al., 2012). Kadar abu juga berpengaruh terhadap bobot isi gambut. Gambut dengan tingkat kematangan fibrik memungkinkan mempunyai bobot isi lebih besar dari saprik jika kadar abu dalam gambut fibrik relatif lebih tinggi. Kondisi seperti ini sering dijumpai pada gambut dangkal yang tercampur dengan substrat tanah mineral.

Potensi kematangan gambut menjadi *proxy* kandungan karbon organik dan bobot isi

Koefisien regresi antara kadar abu dengan kandungan karbon organik dan kandungan karbon organik dengan bobot isi pada tingkat kematangan fibrik, hemik dan saprik menunjukkan bahwa tingkat kematangan gambut memungkinkan menjadi *proxy* untuk kandungan karbon organik, tetapi tidak untuk bobot isi. Rata-rata kandungan karbon organik berdasarkan tingkat kematangan gambut secara berturut-turut adalah $48 \pm 6.3\%$, $34 \pm 6.2\%$ dan $27 \pm 8.7\%$ untuk fibrik, hemik dan saprik.



Pengukuran ketebalan gambut di Kesatuan Hidrologis Gambut (KHG) Sugihan - Sungai Lumpur, Pedamaran Timur, Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan. Foto: World Agroforestry/Sidiq Pambudi

Rendahnya koefisien regresi antara kandungan karbon organik dengan bobot isi pada ketiga tingkat kematangan gambut menunjukkan bahwa belum cukup bukti kematangan gambut menjadi *proxy* bobot isi, sehingga perlu kajian lebih lanjut untuk mencari *proxy* bobot isi gambut.

Korelasi antara bobot isi dengan cadangan karbon gambut sangat rendah, yang menunjukkan bahwa pengaruh bobot isi terhadap cadangan karbon gambut relatif kecil. Berdasarkan hal tersebut, maka penggunaan nilai baku untuk bobot isi memungkinkan dilakukan dalam mengestimasi cadangan karbon gambut secara cepat. Dalam penelitian ini, rata-rata bobot isi pada tingkat kematangan fibrik, hemik dan saprik secara berurutan adalah $0.15 \pm 0.07 \text{ g cm}^{-3}$, $0.20 \pm 0.08 \text{ g cm}^{-3}$, $0.38 \pm 0.16 \text{ g cm}^{-3}$. Bobot isi pada tingkat kematangan fibrik dan hemik dalam penelitian ini berada dalam rentang bobot isi menurut Agus et al. (2011), yaitu antara $0.03 - 0.3 \text{ g cm}^{-3}$. Bobot isi tingkat kematangan saprik hampir sama dengan bobot

isi pada lahan gambut yang sudah digunakan sebagai lahan pertanian selama beberapa tahun, yaitu antara $0.3 - 0.4 \text{ g cm}^{-3}$ (Agus et al., 2011).

Kesimpulan

Ketebalan gambut merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap cadangan karbon gambut. Namun, ketebalan gambut saja belum cukup untuk mengestimasi cadangan karbon gambut. Kandungan karbon organik dan bobot isi diperlukan untuk mengurangi bias. Tingkat kematangan gambut memungkinkan menjadi *proxy* untuk kandungan karbon organik dalam penghitungan cadangan karbon gambut secara cepat, tetapi diperlukan ketelitian dalam mengidentifikasi secara visual. Kematangan gambut belum cukup bukti menjadi *proxy* bobot isi karena tidak ada perbedaan yang jelas antar tingkat kematangan gambut.

Daftar Pustaka

- Agus F, Hairiah K, Mulyani A. 2011. *Measuring Carbon Stock in Peat Soils: practical guidelines*. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program, Indonesian Centre for Agricultural Land Resources Research and Development.
- Dariah A, Susanti E, Mulyani A, Agus F. 2012. Faktor penduga simpanan karbon pada tanah gambut. In: Husen, ed. *Sustainable Peatland Management*. Bogor, Indonesia: Indonesian Agency for Research and Development, Ministry of Agriculture, p. 213–222.
- Rudiyanto, Setiawan BI, Arief C, Saptomo SK. 2015. Estimating distribution of carbon stock in tropical peatland using a combination of an Empirical Peat Depth Model and GIS. *Procedia Environmental Sciences* 24:152–157. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.03.020>
- Warren MW, Kauffman JB, Murdiyarso D, Anshari G, Hergoualc K, Kurnianto S. 2012. A cost-efficient method to assess carbon stocks in tropical peat soil. *Biogeosciences* 9:4477–4485. <https://doi.org/10.5194/bg-9-4477-2012>

Penulis

Subekti Rahayu dan Ai Dariah

Sitasi

Rahayu S, Dariah A. 2019. *Dapatkah kematangan gambut dijadikan proxy kandungan bahan organik dan bobot isi dalam penghitungan cadangan karbon gambut tropis secara cepat?* Brief no. 103. Bogor, Indonesia: World Agroforestry (ICRAF) Southeast Asia Regional Program.



For further information please contact:
Subekti Rahayu (s.rahayu@cgiar.org)

World Agroforestry (ICRAF)
Southeast Asia Regional Program
Jl. CIFOR, Situ Gede, Sindang Barang, Bogor 16115
[PO Box 161, Bogor 16001] Indonesia
Tel: +(62) 251 8625415 | Fax: +(62) 251 8625416
Email: icraf-indonesia@cgiar.org
www.worldagroforestry.org/region/southeast-asia
blog.worldagroforestry.org

Layout: Riky Mulya Hilmansyah