



Artikel

SIMPANAN KARBON SEBAGAI INDIKATOR PEMULIHAN LAHAN GAMBUT SETELAH KEBAKARAN DI KALIMANTAN TENGAH

The carbon stock as indicator of peatland recovery after fire in Central Kalimantan

Muhammad Abdul Qirom^{1*}, Tri Wira Yuwati¹, Syaifuddin¹

¹ Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Banjarbaru

Jl. Ahmad Yani Km 28,7 Guntung Manggis, Landasan Ulin, Banjarbaru-Kalimantan Selatan 70721

Telepon (0511) 4707872

*Email: qirom_litbanglhk@gmail.com

ABSTRAK

Kebakaran hutan rawa gambut (HRG) menyebabkan hilangnya simpanan karbon yang sangat besar. Pemulihan HRG setelah terbakar membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang sangat mahal. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan gambaran simpanan karbon pada kondisi lahan dan intervensi manajemen yang berbeda dan dapat digunakan sebagai indikator pemulihan areal HRG terdegradasi akibat kebakaran. Lokasi penelitian terdiri dari 3 tipe lahan yakni areal bekas kebakaran tahun 1997 (ex 1997), areal hutan sekunder yang tidak terbakar, dan areal penanaman setelah kebakaran tahun 2015. Pengukuran dilakukan pada gudang karbon vegetasi yang terdiri dari tingkat semai, pancang, tiang, dan pohon. Simpanan karbon ditentukan dengan sampel plot sebanyak 5 plot di hutan sekunder dan 6 plot di areal lain. Penentuan karbon menggunakan persamaan alometrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya simpanan karbon dipengaruhi oleh perbedaan tipe lahan dan teknik silvikultur terutama oleh areal penanaman. Pada ex 1997 dan hutan sekunder, simpanan karbon tidak berbeda pada seluruh tingkat permudaan dan total tegakan. Simpanan karbon total di ex-1997 sebesar 258,95 Mg/Ha dan 254,36 Mg/Ha di hutan sekunder. Kondisi ini menunjukkan bahwa areal ex-1997 mempunyai kemampuan untuk pulih secara alami. Kecepatan pemulihan tersebut dapat didekati dengan penggunaan simpanan karbon sebagai indikator proses pemulihan lahan gambut setelah kebakaran. Indikator ini dapat digunakan pada lahan yang tidak mensyaratkan keragaman jenis sebagai faktor pemulihan lahan gambut seperti pada kawasan lindung atau konservasi.

Kata kunci: alami, alometrik, degradasi, indikator

ABSTRACT

Peat swamp forest fire is the main cause of carbon emissions in the tropics. Yet, forest recovery after fire takes a long period of time with a huge cost. The aim of this research was to determine the carbon stock on various peat land condition and management intervention, and to seek the use of carbon stock as indicator of forest recovery in degraded peat swamp after fire. The data was collected from three locations representing three sites: after 1997 fire (ex 1997), unburnt secondary forest and area that was severely burnt in 2005 but already re-planted. Measurement was carried out on the vegetation carbon stock namely seedlings, saplings, poles and trees. The carbon stock was determined using 5 sampling plots on secondary forest and 6 plots on other sites. Carbon counting used allometric equation. The result showed that the carbon stock was affected by the various land type and silviculture technique of the sites especially at the rehabilitation site. The carbon stock of ex-1997 and secondary forest was not significantly different on all stages of vegetation including the total number. The carbon stock on ex-1997 and secondary forest was 258,95 Mg/Ha and 254,36 Mg/Ha, respectively. The condition showed that ex-1997 site had the ability to naturally recover. The results of this study suggest that the recovery of degraded peatland after fire can be approached using carbon stock estimation as a robust indicator. The indicator can be used on sites with no species diversity requirements as recovery factor such as protected or conservation areas.

Keywords: natural, allometric, degradation, indicator

PENDAHULUAN

Hutan rawa gambut (HRG) sebagai salah satu bioma sumber keanekaragaman jenis hayati yang sangat besar (Lampela, Jauhiainen, Sarkkola & Vasander, 2017) dan penyimpan karbon terbesar di dunia (Cattau *et al.*, 2016). Untuk pohon saja, keanekaragaman hayati tersebut mencapai lebih dari 100 jenis di HRG Asia Tenggara (Posa, Wijedasa & Corlett, 2011) dengan simpanan karbon mencapai 57,4 Gt (Page, Rieley & Banks, 2011).

Namun demikian, sebagian besar HRG di Indonesia saat ini berada dalam kondisi terdegradasi berat sehingga menyebabkan beberapa jenis hayati terancam punah. Hal ini disebabkan oleh degradasi dan deforestasi pada ekosistem HRG (Lampela *et al.*, 2017). Salah satu penyebab degradasi lahan gambut yakni kebakaran lahan gambut yang berulang (Hoscilo, Page, Tansey & Rieley, 2011). Data dari Badan Restorasi Gambut (BRG) tahun 2016 menunjukkan luas lahan gambut terdegradasi akibat kebakaran tahun 2015 mencapai 875 ribu Ha dan 2,8 juta Ha kubah gambut berkanal yang tersebar pada tujuh provinsi (Badan Restorasi Gambut (BRG), 2016). Kondisi ini menyebabkan areal lahan gambut tersebut sangat mudah terbakar.

Kebakaran lahan gambut menyebabkan turunnya keanekaragaman vegetasi, terhambatnya regenerasi alami (Blackham, Webb & Corlett, 2014), hilangnya keanekaragaman hayati (Lampela *et al.*, 2017; Wijedasa *et al.*, 2020) dan emisi karbon yang besar dari kebakaran lahan gambut (Wijedasa *et al.*, 2020). Kebakaran lahan gambut di Indonesia menyebabkan emisi CO₂ berkisar antara 0,81-2,57 Gt dengan emisi terbesar di Kalimantan Tengah yang mencapai 0,19-0,23 Gt karbon pada areal seluas 0,79 Mha (Page *et al.*, 2002).

Kebakaran tersebut menyebabkan perubahan sifat fisik tanah (Sinclair *et al.*, 2020). Berkaitan dengan hal tersebut, intensitas kebakaran lahan gambut menyebabkan perubahan kandungan karbon dan *bulk density* (Volkova *et al.*, 2021). Studi Hermanto & Wawan (2017) menunjukkan kebakaran lahan gambut menyebabkan penurunan jumlah mikroorganisme, dan kenaikan pH tanah dan sifat fisik tanah yang lain (permeabilitas, kadar air, dan kerapatan partikel tanah). Perubahan tersebut berpengaruh terhadap waktu pemulihan alami pada areal bekas kebakaran (Qirom, 2017). Hasil penelitian Qirom, Halwany, Rahmanadi & Tampubolon (2019) di Taman Nasional Sebangau menunjukkan bahwa kebakaran mempunyai dampak yang hampir sama. Kondisi ini ditunjukkan oleh proses pemulihan alami setelah terbakar dengan kondisi (komposisi jenis, sifat fisik tanah, dan makro fauna tanah) yang mirip sampai dengan jarak > 10 Km

dari pinggir sungai. Kondisi ini juga didukung oleh hasil studi dari Blackham *et al*, (2014) bahwa pemulihan alami tersebut dapat tercapai dengan kecepatan yang sangat lambat dan tidak tersebar merata dengan kondisi keanekaragaman jenis yang rendah. Kondisi ini mempengaruhi besarnya biomasa atau simpanan karbon pada areal bekas kebakaran. Studi Dharmawan (2013) menunjukkan simpanan karbon tersebut sangat bervariasi antara frekuensi dan selang waktu kejadian kebakaran.

Fakta tersebut menunjukkan simpanan karbon dapat menjadi indikator pemulihan lahan gambut setelah terbakar. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kemampuan regenerasi alami hutan rawa gambut setelah mengalami kebakaran dilihat dari parameter komposisi jenis dan potensi simpanan karbon. Penelitian ini difokuskan pada areal rawa gambut di Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Tumbang Nusa, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah yang mengalami kebakaran pada tahun 1997, areal yang terbakar berulang dengan kejadian terakhir pada tahun 2015, dan hutan sekunder yang belum pernah terbakar. Lokasi yang terbakar pada tahun 1997 tersebut merupakan areal regenerasi alami dan tidak ada usaha penanaman (revegetasi) kembali setelah kebakaran, namun lokasi ini dijaga dari kebakaran. Hasil dari pengukuran parameter tersebut dibandingkan dengan hutan sekunder yang belum pernah terbakar pada bentang lahan yang sama. Asumsi penelitian ini bahwa komposisi jenis dan potensi simpanan karbon di hutan sekunder adalah kondisi yang akan dicapai dari proses pemulihan hutan rawa gambut bekas kebakaran (Page *et al*, 2002). Hasil penelitian diharapkan dapat memberi gambaran simpanan karbon pada kondisi lahan dan intervensi manajemen yang berbeda sebagai indikator pemulihan areal HRG terdegradasi akibat kebakaran.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Tumbang Nusa. KHDTK ini terletak pada titik koordinat 02°18'37"-02°22'34" LS dan 114°02'48"-114°06'46" BT dengan ketinggian tempat 0-5 m dpl dan elevasi antara 0-18 %. Berdasarkan peta kedalaman gambut wetland, kedalaman gambut di lokasi ini terdiri dari 3 kelas kedalaman yakni 2-4 m; 4-8 m; dan > 8 m. Ketinggian muka air sangat tergantung pada musim. Pada musim kemarau, tinggi muka air > 40 cm di bawah permukaan tanah dan mencapai > 25 cm di atas permukaan tanah pada musim penghujan. Jenis tanah termasuk ordo histosol dengan pH tanah 3,5. Lokasi penelitian termasuk tipe A

berdasarkan klasifikasi iklim Schmidt & Ferguson. Data cuaca tahun 1998-2008 adalah suhu rata-rata 27°C, suhu minimum 23°C dan suhu maksimum 33°C (Santosa, Ariani & Susianto, 2016). Rata-rata curah hujan tahun 1998-2012 adalah 3.383 mm/tahun; curah hujan tahun 2011, 6.848 mm; dan tahun 2012, 6.678 mm. Bulan kering terjadi antara bulan Juli hingga September (tahun 1997-2012).

KHDTK Tumbang Nusa mengalami kejadian kebakaran besar tahun 1997 dengan luas kebakaran lebih dari 90% dan kebakaran terakhir 2015 dengan luasan terbakar mencapai lebih dari 50% dari seluruh areal (Santosa *et al.*, 2016). Namun demikian, sebagian lokasi tidak mengalami kebakaran dan sebagai hutan sekunder bekas tebangan. Penelitian ini dilakukan pada tiga tipe kondisi lahan yakni areal bekas kebakaran tahun 1997, areal bekas tebangan yang tidak mengalami kebakaran dan areal penanaman pada lokasi bekas kebakaran tahun 2015.

Metode penelitian

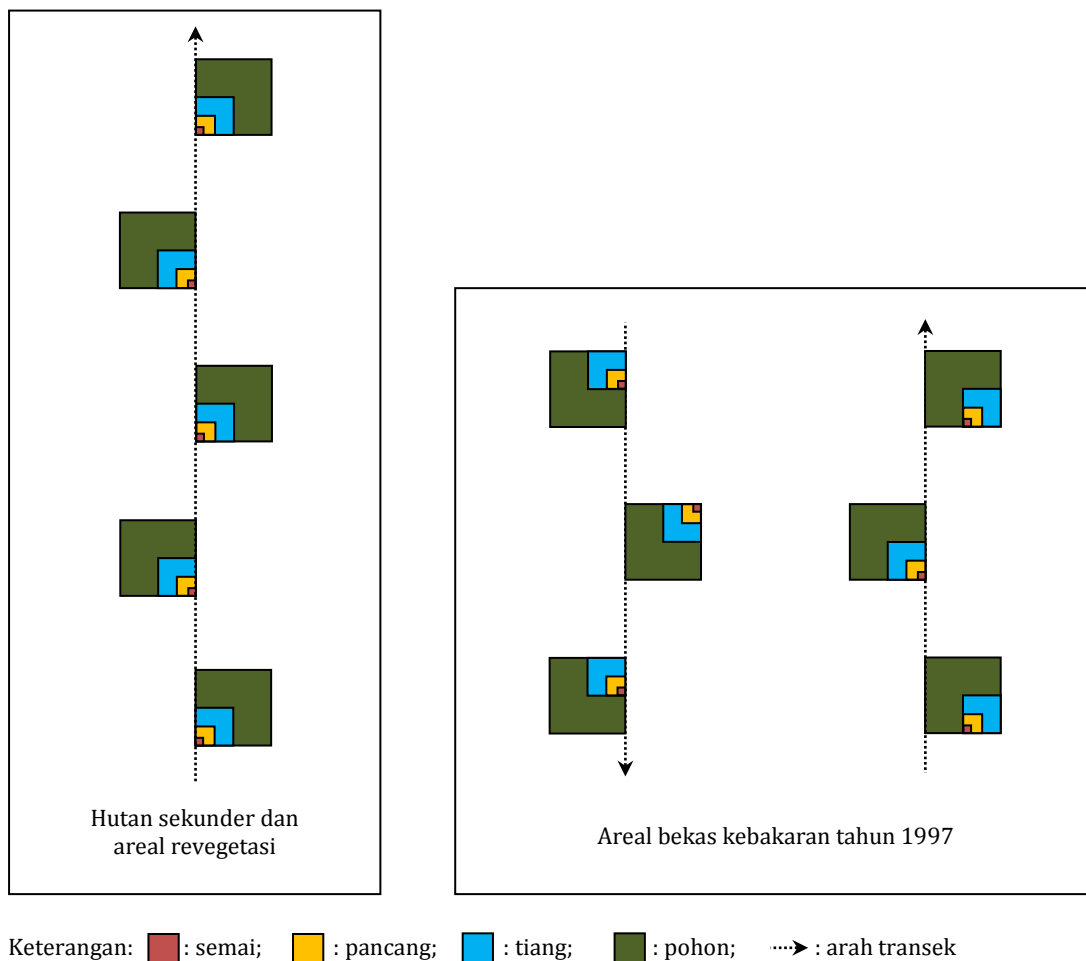
Penentuan lokasi survey

Penentuan lokasi survey berdasarkan hasil analisis citra dari tahun 1997 sampai dengan tahun 2019. Penggunaan citra satelit diperlukan untuk menentukan lokasi yang hanya terbakar pada tahun 1997 dan telah mengalami regenerasi alami selama periode tersebut. Selain itu, analisis ini juga menentukan areal yang belum pernah terbakar selama periode tahun 1997. Hal ini dilakukan karena penelitian ini membandingkan kondisi areal bekas kebakaran tahun 1997 dengan areal hutan sekunder yang belum pernah terbakar. Areal hutan sekunder tersebut merupakan areal bekas penebangan dengan menggunakan sistem tebang pilih dari konsesi HPH PT. Arjuna Wiwaha pada tahun 1995. Selain itu, pengukuran simpanan karbon dilakukan pada areal penanaman. Penanaman menggunakan jenis *Shorea blangeran* seluas 2 Ha dan *Combretocarpus rotundatus* seluas 2 Ha. Areal penanaman ini adalah bekas kebakaran terakhir tahun 2015 dan penanaman dilakukan pada Desember 2015 dengan jarak tanam 3 m x 3 m atau 1.100 tanaman/ha.

Inventarisasi simpanan karbon

Keragaman jenis tumbuhan dibagi menjadi 4 tingkat permudaan yakni semai, pancang, tiang dan pohon. Masing-masing tingkat permudaan tersebut dengan kriteria dan ukuran plot pengamatan sebagai: 1) semai: tumbuhan berkayu dengan diameter < 2 cm dan tinggi ≤ 1,5 m dengan ukuran plot 4 m²; 2) pancang: tumbuhan berkayu dengan

diameter 2—10 cm dengan ukuran plot 25 m²; 3) tiang: tumbuhan berkayu dengan diameter 10—20 cm dengan ukuran plot 100 m²; dan 4) pohon: tumbuhan berkayu dengan diameter > 20 cm dengan ukuran plot 400 m² (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2011). Plot pengukuran tersebut juga digunakan dalam menentukan permudaan alami pada hutan gambut terdegradasi di Kalimantan Tengah (Blackham *et al.*, 2014).



Gambar 2. Ukuran dan jarak antar plot pengukuran.

Pada lokasi hutan sekunder dan areal penanaman (revegetasi), jalur transek dibuat sepanjang 600 m, sedangkan pada areal bekas kebakaran tahun 1997 sebanyak 2 buah dengan panjang transek 300 m. Perbedaan panjang transek ini menyesuaikan dengan luas dan panjang masing-masing lokasi penelitian (Gambar 2). Jarak antar plot pengukuran 100 m. Pengukuran dilakukan dengan jarak 100 meter dari batas areal hutan sekunder, bekas kebakaran dan tanaman revegetasi.

Pengolahan data

Penentuan simpanan karbon tersebut ditentukan berdasarkan rumus Manuri *et al.*, (2014) yang disusun di HRG Sumatera dan Kalimantan sebagai berikut:

- Kelompok dipterocarpaceae: $\ln B = -2,155 + 2.562 \ln(D)$ (1)

- Kelompok non-dipterocarpaceae: $\ln B = -1,888 + 2.437 \ln(D)$ (2)

dengan B: biomassa (kg/pohon), D: diameter setinggi dada (cm)

Penentuan besarnya simpanan karbon menggunakan faktor konversi sebesar 46 % (Hairiah, Ekadinata, Sari & Rahayu., 2011).

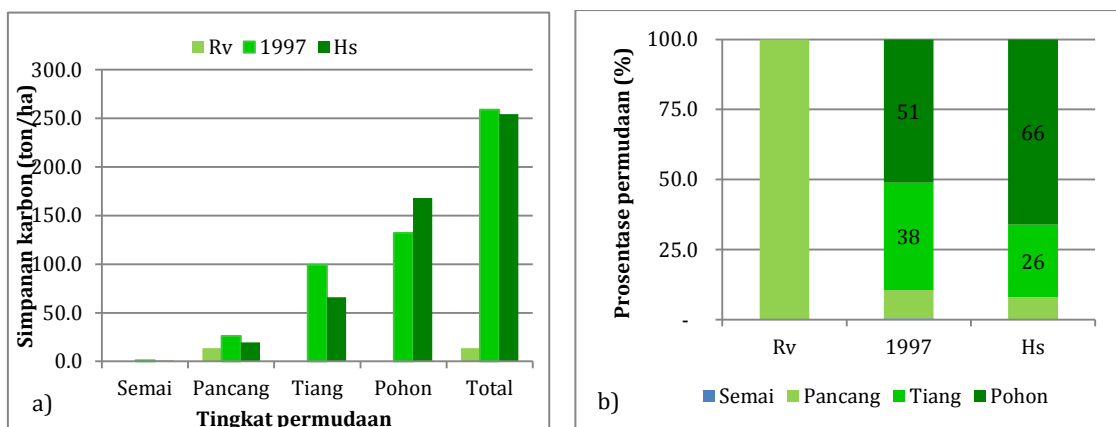
Analisis data

Data dianalisis menggunakan analisis keragaman (ANOVA) dengan perbedaan tipe dan intervensi manajemen sebagai faktor/perlakuan. Anova tersebut dilakukan terhadap luas bidang dasar dan simpanan karbon pada masing-masing tingkat permudaan dan totalnya. Hasil analisis ini akan menentukan penggunaan uji lanjut terutama terhadap parameter/tingkat yang mempunyai pengaruh nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Kemampuan pemulihan setelah terbakar dapat didekati dengan pengukuran potensi simpanan karbon terutama terhadap vegetasi penyusun tegakannya.



Keterangan: Rv: areal tanaman revegetasi; 1997: areal bekas kebakaran tahun 1997, Hs: hutan sekunder

Gambar 3. a) Potensi simpanan karbon; b) prosentase simpanan karbon pada beberapa tingkat permudaan dan tipe hutan yang berbeda.

Potensi simpanan karbon tersebut berbeda-beda antar tipe hutan. Secara keseluruhan, areal bekas kebakaran tahun 1997 mempunyai potensi simpanan karbon lebih besar dibandingkan dengan hutan sekunder (Gambar 3a) terutama pada tingkat semai, pancang, dan tiang. Pada tingkat pohon, potensi simpanan karbon di hutan sekunder lebih besar dibandingkan dengan areal bekas kebakaran tahun 1997. Pada tanaman revegetasi, simpanan karbon hanya tersimpan pada tingkat pancang. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanaman yang ditanam mempunyai pertumbuhan yang seragam. Berdasarkan tingkat permudaan penyusun tegakan masing-masing tipe hutan, tingkat permudaan memberikan sumbangan simpanan karbon yang berbeda pada masing-masing tipe hutan (Gambar 3b). Tingkat permudaan pohon memberikan sumbangan terbesar pada areal bekas kebakaran tahun 1997 dan hutan sekunder sedangkan tingkat permudaan semai memberikan sumbangan terkecil untuk kedua tipe hutan. Tingkat pohon memberikan sumbangan lebih dari 50% dari karbon total di hutan sekunder dan areal bekas kebakaran tahun 1997 (Gambar 3b). Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa proporsi simpanan karbon tidak dipengaruhi oleh tipe hutan. Kondisi ini ditunjukkan oleh nilai P_{value} kurang dari 0,05 pada keseluruhan tingkat permudaan.

Tabel 2. Luas bidang dasar dan simpanan karbon pada setiap tingkat permudaan di beberapa tipe hutan.

Tingkat	Tipe hutan	Luas bidang dasar-LBDS (m ²)				Simpanan karbon (ton/ha)			
		Rerata	sd	F _{hit}	P _{value}	Rerata	Sd	F _{hit}	P _{value}
Semai	Hutan sekunder	0,47a	0,12	2,14	0,177	0,66a	0,21	2,02	0,189
	Kebakaran 1997	0,77a	0,45			1,27a	0,93		
Pancang	Hutan sekunder	5,24a	2,76	1,43	0,273	19,63a	11,38	1,41	0,278
	Kebakaran 1997	5,98a	3,56			26,05a	16,96		
	Revegetasi	3,3a	1,89			13,54a	8,73		
Tiang	Hutan sekunder	10,57a	5,31	2,10	0,182	66,06a	35,04	2,68	0,136
	Kebakaran 1997	15,26a	5,34			99,36a	32,42		
Pohon	Hutan sekunder	17,88a	6,72	0,09	0,776	168,0a	80,22	0,63	0,446
	Kebakaran 1997	16,49a	8,73			132,27a	68,85		
Total	Hutan sekunder	34,16b	5,22	50,11*	0,000*	254,36b	47,13	32,5*	0,00*
	Kebakaran 1997	38,52b	10,68			258,95b	97,56		
	Revegetasi	3,29a	1,89			13,54a			

Keterangan: sd: standar deviasi; F_{hit} = F hitung; * = beda nyata.

Luas bidang dasar (LBDS) dan simpanan karbon tidak dipengaruhi oleh tipe hutan pada keseluruhan tingkat permudaan. Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis keragaman dengan P_{value} kurang dari 0,05 (Tabel 2). Kondisi berbeda pada simpanan karbon total yang menunjukkan bahwa tipe hutan mempengaruhi besarnya simpanan karbonnya. Hasil uji beda menunjukkan simpanan karbon total pada hutan sekunder sama dengan simpanan di areal bekas kebakaran tahun 1997. Kedua tipe hutan ini berbeda dengan

simpanan karbon pada tanaman revegetasi. Hal ini menunjukkan bahwa potensi simpanan karbon total sangat dipengaruhi lama waktu tidak terbakar.

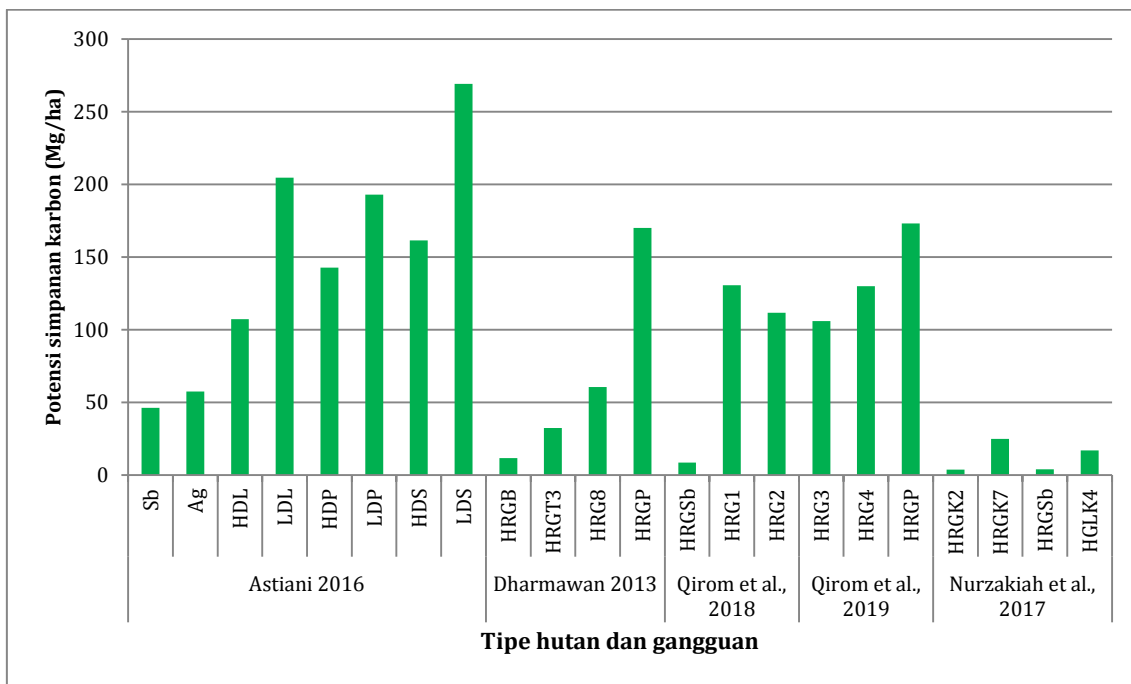
Pembahasan

Pemulihan alami setelah kebakaran

Areal bekas kebakaran tahun 1997 mempunyai kemampuan untuk pulih menuju ke tipe hutan sekunder. Kondisi ini ditunjukkan oleh besarnya simpanan karbon total yang sama antara kedua lokasi tersebut. Kemampuan pemulihan tersebut terkait dengan lamanya waktu lahan tersebut tidak terbakar (Qirom, 2017). Menurut Vijayakumar *et al.* (2016), waktu terakhir terbakar sebagai variabel yang penting untuk menjelaskan perubahan/pemulihan simpanan karbon. Kondisi ini menunjukkan bahwa simpanan karbon berkaitan erat dengan kecepatan pertambahan simpanan karbon dan waktu tidak terjadi kebakaran (Dharmawan, 2013; Qirom, 2017). Faktor lain yang mempengaruhi kecepatan pemulihan yakni intensitas dan tingkat keparahan kebakaran/gangguan. Kondisi ini terjadi juga pada tipe hutan lain (Gambar 4). Besarnya potensi simpanan karbon tersebut berkaitan erat dengan penutupan hutan (Qirom, Windawati, Kissinger & Fithria, 2021), tipe hutan, dan tingkat gangguan (Astiani, 2016; Nurzakiah *et al.*, 2017; Qirom *et al.*, 2018, 2019). Tingkat gangguan tersebut dapat berupa intensitas kebakaran dan adanya kebakaran berulang (Hoscilo *et al.*, 2011; Qirom *et al.*, 2021).

Kebakaran berulang menyebabkan penurunan kecepatan pemulihan alami (Dharmawan, 2013; Hoscilo *et al.*, 2008; Qirom, 2017; Qirom *et al.*, 2013). Kebakaran berulang menyebabkan penurunan kemampuan pemulihan lahan gambut karena permudaan menjadi seragam, semak belukar menjadi dominan, dan permudaan sisa sangat sedikit (Hoscilo *et al.*, 2008). Hasil penelitian Qirom (2017) menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk pulih tersebut berkaitan erat dengan intensitas kebakaran yang terjadi. Waktu pemulihan akan lebih lama jika areal HRG terbakar berulang dan mencapai lebih dari 100 tahun pada kebakaran dengan intensitas lebih dari 3 kali kejadian kebakaran. Menurut Rudel (2009) rata-rata pertambahan biomasa/simpanan karbon akan meningkat dengan cepat jika jenis-jenis invasif telah mempunyai kemampuan mengambil nutrisi tempat tumbuh secara optimal. Kondisi ini menunjukkan jenis-jenis penyusun tegakan sudah mampu beradaptasi dengan lingkungannya. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Simbolon, (2004) bahwa pertumbuhan jenis pada hutan rawa gambut sangat terkait dengan kondisi edafik dan lingkungan yang ekstrim akibat unsur hara yang rendah sehingga jenis-jenis penyusun tegakan hutan rawa gambut mempunyai pertumbuhan yang

rendah dan tersusun oleh sedikit jenis. Menurut Vijayakumar *et al.*, (2016) kecepatan pemulihan tersebut juga dipengaruhi oleh tingkat kerusakan kebakaran (kehilangan gambut), tegakan tinggal setelah kebakaran, kondisi edafis dan iklim regional. Berdasarkan hasil penelitian Dharmawan, (2013), kemampuan hutan rawa gambut bekas terbakar untuk dapat pulih mencapai 25 tahun sampai dengan 47 tahun. Kondisi ini menunjukkan bahwa kecepatan pemulihan hutan rawa gambut sangat terkait dengan tempat tumbuhnya



Keterangan: sb; semak belukar, ag: agroforestry, HDL, LDL: hutan dataran rendah dengan tingkat degradasi tinggi, rendah, HDP, LDP: hutan gambut dengan tingkat degradasi tinggi, rendah, HDS, LDS: hutan rawa dengan tingkat degradasi tinggi, rendah (Astiani, 2016), HRGB, HRGT3, HRG8, HRGP: hutan rawa gambut dengan kebakaran berulang, setelah kebakaran 3 tahun, setelah kebakaran 8 tahun, primer (Dharmawan, 2013) HRGSb: hutan rawa gambut dengan penutupan semak belukar, HRG1, HRG2: hutan rawa gambut setelah kebakaran 1997 dengan kedalaman 3 - 3,5 m. kedalaman 4 - 5m (Qirom *et al.*, 2018), HRG3, HRG4: hutan rawa gambut setelah kebakaran 1997 dengan jarak < 1,5 km, jarak < 4 km, HRGP: hutan rawa gambut primer dengan jarak dari sungai > 10 km (Qirom *et al.*, 2019), HRGK2,HRGK7:hutan rawa gambut tanaman karet umur 2 - 4 tahun, 7 - 8 tahun, HRGSb: hutan rawa gambut semak belukar, HGLK4: hutan gambut lebak dengan tanaman karet 4 - 6 tahun (Nurzakiah *et al.*, 2017).

Gambar 4. Potensi simpanan karbon pada beberapa tipe penggunaan lahan dan kejadian kebakaran.

Implikasi terhadap pemulihan rawa gambut

Kebakaran hutan rawa gambut sangat sulit dipadamkan dan menyebabkan dampak yang sangat parah terhadap kondisi edafik (Lampela *et al.*, 2016) dan permudaan di atasnya (Blackham *et al.*, 2014; Lampela *et al.*, 2017). Menurut Lin *et al.*, (2020) kebakaran rawa gambut hanya dapat dipadamkan dengan turunnya hujan yang sangat lebat. Studi ini

menyebutkan bahwa intensitas curah hujan yang rendah tidak dapat menurunkan kebakaran lahan gambut. Kebakaran HRG hanya dapat padam dengan minimum intensitas curah hujan sebesar 4 mm/jam karena intensitas tersebut dapat mencapai gambut sampai kedalaman 13 mm. Pada saat kebakaran, kenaikan curah hujan tersebut dapat menurunkan besarnya emisi CO₂ akibat kebakaran lahan gambut.

Lampela *et al.*, (2016) menyatakan bahwa perubahan kondisi edafik tersebut akan berpengaruh terhadap pemulihan setelah kebakaran. Hal ini karena mikrotopografi HRG mempunyai tipe *hammock* (gundukan) didominasi pohon-pohon besar dan *hollow* (cekungan) didominasi oleh tingkat semai dan pancang (Lampela *et al.*, 2016). Kebakaran akan menyebabkan hilangnya *hammock* dan memperdalam *hollow* yang ada sehingga permudaan akan hilang/berkurang dan kemampuan pemulihan alaminya akan berkurang. Hal ini juga didukung oleh hasil penelitian Blackham *et al.*, (2013, 2014). Pemulihan HRG terdegradasi akan membutuhkan waktu yang lama, terfragmentasi/tidak menyeluruh, dan keragaman jenis yang rendah (Blackham *et al.*, 2014). Hal ini disebabkan oleh sebagian sebaran benih berupa jenis-jenis semak dan liana serta sedikit jenis pohon (Blackham *et al.*, 2013).

Kondisi ini mendorong upaya penanaman pada areal-areal bekas kebakaran. Hasil penelitian Lampela *et al.*, (2017) merekomendasikan jenis asli HRG untuk kegiatan pada areal HRG terdegradasi berat seperti jenis *Shorea balangeran*/balangeran. Namun demikian, upaya penanaman tersebut tidak dapat dilakukan pada seluruh areal HRG terdegradasi. Hal ini karena HRG terdegradasi sangat luas dan biaya penanaman sangat mahal. Biaya tersebut mencapai lebih dari \$11.000/Ha dari analisis biaya proyek Kalimantan Forests and Climate Partnership (KFCP), terdiri dari biaya penanaman dan transportasi bibit, persiapan lahan, penanaman dan biaya monitoring, tenaga kerja, dan manajemen selama 1 tahun (Graham, Turjaman, Page, 2013). Kondisi ini mendorong adanya penentuan prioritas lahan untuk kegiatan penanaman setelah kebakaran lahan. Penentuan prioritas tersebut akan meningkatkan efektifitas penanaman dan penentuan serta intervensi kebijakan yang sesuai dalam pengurangan dampak dan peningkatan luas areal restorasi di lahan gambut terdegradasi (Dohong, Azis, and Dargusch, 2017).

Prioritas areal restorasi/penanaman dapat didasarkan pada intensitas dan tingkat keparahan kebakaran. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa pada areal kebakaran dengan satu kali kejadian kebakaran 1997 mempunyai kemampuan pemulihan yang sangat baik berdasarkan simpanan karbon yang tidak berbeda dengan hutan sekunder yang belum pernah terbakar. Kondisi ini sesuai dengan penelitian Hoscilo *et al.*, (2008) yang menyatakan bahwa areal HRG dengan kebakaran 1 kali sangat potensial

dan mempunyai kemungkinan untuk dapat pulih secara alami. Dohong *et al.*, (2017) menyatakan bahwa kebakaran berulang merupakan faktor langsung penyebab terjadinya degradasi lahan sehingga upaya pencegahan kebakaran berulang ini harus dilakukan. Pencegahan tersebut akan efektif jika pelaksanaannya dilakukan secara integratif (Carmenta *et al.*, 2020). Pencegahan tersebut harus dapat merubah perilaku dan merupakan kombinasi antara pemberian insentif dan pencegahan. Menurut Carmenta *et al.*, (2020) insentif tersebut berupa pemberian penghargaan terhadap kinerja lingkungan dan pencegahan tersebut berupa pemberian sanksi yang tegas. Hal ini mampu mengurangi intensitas dan luas kebakaran pada areal HRG di Sumatera.

KESIMPULAN

Besarnya simpanan karbon pada areal bekas kebakaran tahun 1997 tidak berbeda dengan simpanan karbon di hutan sekunder. Potensi simpanan karbon tersebut sebesar 258,95 Mg/ha dan 254,36 Mg/Ha di hutan sekunder. Simpanan karbon dapat digunakan sebagai indikator proses pemulihan hutan rawa gambut setelah kebakaran.

SARAN

Penggunaan simpanan karbon sebagai indikator pemulihan ini dapat dilakukan pada tipe hutan produksi sedangkan pada hutan lindung/konservasi harus ditambah dengan indikator lain seperti keragaman jenis, dan perubahan kondisi edafik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai dari sumber Dana DIPA tahun 2019 Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang bekerjasama dengan Badan Restorasi Gambut Tahun 2019. Penulis mengucapkan terimakasih kepada manajer dan staf KHDTK Tumbang Nusa atas fasilitas selama pelaksanaan kegiatan di lapangan. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Supriyadi dan Arif Susianto (Teknisi Litkayasa BP2LHK Banjarbaru), dan mahasiswa magang Universitas Palangkaraya yang telah membantu dalam pengambilan data di lapangan.

PERNYATAAN KONTRIBUSI

Muhammad Abdul Qirom sebagai kontributor utama dalam tulisan ini. Penulis tersebut berkontribusi dalam menyampaikan ide, perancangan metode penelitian, dan

penulisan naskah. Tri Wira Yuwati dan Syaifuddin sebagai kontributor anggota yang berkontribusi dalam pengambilan data lapangan dan penulisan naskah.

DAFTAR PUSTAKA

- Astiani, D. (2016). Tropical peatland tree-species diversity altered by forest degradation. *Biodiversitas, Journal of Biological Diversity*, 17(1), 102–109. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d170115>.
- Badan Restorasi Gambut (BRG). (2016). *Mengawali Restorasi Gambut Indonesia*.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). *Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon – Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting)* (No. 7724; 2011).
- Blackham, G. V., Andri Thomas, Webb, E. L., & Corlett, R. T. (2013). Seed rain into a degraded tropical peatland in Central Kalimantan, Indonesia. *Biological Conservation*, 167, 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.08.015>.
- Blackham, G. V., Webb, E. L., & Corlett, R. T. (2014). Natural regeneration in a degraded tropical peatland, Central Kalimantan, Indonesia: Implications for forest restoration. *Forest Ecology and Management*, 324, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.041>.
- Carmenta, R., Zabala, A., Trihadmojo, B., Gaveau, D., Salim, M. A., & Phelps, J. (2020). Evaluating bundles of interventions to prevent peat-fires in Indonesia. *Global Environmental Change, September 2019*, 102154. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102154>.
- Cattau, M. E., Harrison, M. E., Shinyo, I., Tungau, S., Uriarte, M., & Defries, R. (2016). Sources of anthropogenic fire ignitions on the peat-swamp landscape in Kalimantan, Indonesia. *Global Environmental Change*, 39, 205–219. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.005>.
- Dharmawan, I. W. S. (2013). Persamaan alometrik dan cadangan karbon vegetasi pada hutan gambut primer dan bekas terbakar. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 10(2), 175–191.
- Dohong, A., Aziz, A. A., & Dargusch, P. (2017). A review of the drivers of tropical peatland degradation in South-East Asia. *Land Use Policy*, 69(May), 349–360. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.09.035>.
- Graham, L. L. B. B., Turjaman, M., & Page, S. E. (2013). *Shorea balangeran* and *Dyera polyphylla* (syn. *Dyera lowii*) as tropical peat swamp forest restoration transplant species: Effects of mycorrhizae and level of disturbance. *Wetlands Ecology and Management*, 21(5), 307–321. <https://doi.org/10.1007/s11273-013-9302-x>.

- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R., & Rahayu, S. (2011). *Pengukuran cadangan karbon dari tingkat lahan ke bentang lahan (Kedua)*. World Agroforestry Centre ICRAF.
- Hermanto, & Wawan. (2017). Sifat-Sifat Tanah pada Berbagai Tingkat Kebakaran Lahan Gambut di Desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Soil Properties at Various Levels of Peatland Fires in Rimbo Panjang Village of the Tambang districts. *Jom Faperta*, 4(2), 1–13.
- Hoscilo, A., Page, S. E., Tansey, K. J., & Rieley, J. O. (2011). Effect of repeated fires on land-cover change on peatland in southern Central Kalimantan, Indonesia, from 1973 to 2005. *International Journal of Wildland Fire*, 20(4), 578–588. <https://doi.org/10.1071/WF10029>.
- Hoscilo, A., Page, S., & Tansey, K. (2008). Development of post-fire vegetation in the tropical ecosystem of Central Kalimantan, Indonesia. *Restoration of Tropical Peatlands, Editors by: Henk Wosten, Jack Rieley and Susan Page. Restorpeat and International Peat Society, 2008*, 148–153.
- Lampela, M., Jauhiainen, J., Kämäri, I., Koskinen, M., Tanhuanpää, T., Valkeapää, A., & Vasander, H. (2016). Ground surface microtopography and vegetation patterns in a tropical peat swamp forest. *Catena*, 139, 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.12.016>.
- Lampela, M., Jauhiainen, J., Sarkkola, S., & Vasander, H. (2017). Promising native tree species for reforestation of degraded tropical peatlands. *Forest Ecology and Management*, 394, 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.12.004>.
- Lin, S., Cheung, Y. K., Xiao, Y., & Huang, X. (2020). Can rain suppress smoldering peat fire? *Science of the Total Environment*, 727, 138468. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138468>.
- Manuri, S., Brack, C., Nugroho, N. P., Hergoualc'h, K., Novita, N., Dotzauer, H., Verchot, L., Putra, C. A. S., & Widayarsi, E. (2014). Tree biomass equations for tropical peat swamp forest ecosystems in Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 334, 241–253. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.031>.
- Nurzakiah, S., Wakhid, N., & Nursyamsi, D. (2017). Stratifikasi simpanan karbon di atas permukaan tanah pada lahan gambut pasang surut dan lebak. *Berita Biologi*, 16(3), 289–296.
- Page, S. E., Rieley, J. O., & Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17(2), 798–818. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x>.
- Page, S. E., Siegert, F., Rieley, J. O., Boehm, H. V., Jaya, A., & Limin, S. (2002). *The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997*. 1999(1), 61–65. <https://doi.org/10.1038/nature01141.1>.
- Posa, M. R. C., Wijedasa, L. S., & Corlett, R. T. (2011). Biodiversity and Conservation of Tropical Peat Swamp Forests. *BioScience*, 61(1), 49–57. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.1.10>.

- Qirom, M. A. (2017). Kemampuan Pemulihan Areal Bekas Terbakar pada Hutan Rawa Gambut di Kalimantan Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Basah Tahun 2016*, 1073–1078.
- Qirom, M. A., Halwany, W., Rahmanadi, D., & Tampubolon, A. P. (2019). Studi Biofisik pada Lanskap Hutan Rawa Gambut di Taman Nasional Sebangau: Kasus di Resort Mangkok. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(3), 188–200. <https://doi.org/10.18343/jipi.24.3.188>.
- Qirom, M. A., Windawati, T. A., Kissinger, & Fithria, A. (2021). Potensi Simpanan Karbon pada beberapa Tutupan Lahan di Hutan Kerangas Liang Anggang, Kalimantan Selatan. *Jurnal Galam*, 1(2), 61–78. <https://doi.org/10.20886/GLM.2021.2.1.61-78>.
- Qirom, M. A., Yuwati, T. W., & Santosa, P. B. (2013). The Changes of Natural Regeneration and Surface Carbon Stock after Peat Swamp Forest Fires. In M. Osaki, H. Takahashi, T. Honma, T. Hirano, Ardiano, H. Hayasaka, T. Kohyama, S. Tanaka, K. Hirose, H. Segah, S. Shiodera, E. Momota, B. Setiadi, K. Widen, A. Usup, S. Gumiri, A. Hidayat, N. Masripatin, J. S. Rahajoe, ... B. Dulbert (Eds.), *Proceeding of International Symposium on Wild Fire and Carbon Management in Peat-Forest in Indonesia* (Issue September, pp. 129–134). Hokkaido University, Palangka Raya University.
- Qirom, M. A., Yuwati, T. W., Santosa, P. B., Halwany, W., & Rachmadi, D. (2018). Potensi Simpanan Karbon pada beberapa Tipologi Hutan Rawa Gambut di Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmu*, 12(2), 196–2011. <https://doi.org/10.1111/gcb.13051>.
- Rudel, T. K. (2009). Succession Theory : Reassessing a Neglected Meta-narrative about Environment and Development Succession Theory : Intellectual Currents in the Late 20th Century Assessing Succession Theory. *Human Ecology Review*, 16(1), 84–92.
- Santosa, P. B., Susianto, A., & Ariani, R. (2016). *Pengelolaan KHDTK Tumbang Nusa*.
- Simbolon, H. (2004). Proses awal pemulihan hutan gambut Kelampangan-Kalimantan Tengah pasca kebaran hutan Desember 1997 dan September 2002. *Berita Biologi*, 7(September 2002), 145–154.
- Sinclair, A. L., Graham, L. L. B., Putra, E. I., Saharjo, B. H., Applegate, G., Grover, S. P., & Cochrane, M. A. (2020). Effects of distance from canal and degradation history on peat bulk density in a degraded tropical peatland. *Science of The Total Environment*, 699, 134199. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134199>.
- Vijayakumar, D. B. P., Raulier, F., Bernier, P., Paré, D., Gauthier, S., Bergeron, Y., & Pothier, D. (2016). Cover density recovery after fire disturbance controls landscape aboveground biomass carbon in the boreal forest of eastern Canada. *Forest Ecology and Management*, 360, 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.10.035>.
- Volkova, L., Krisnawati, H., Adinugroho, W. C., Imanuddin, R., Qirom, M. A., Santosa, P. B., Halwany, W., & Weston, C. J. (2021). Identifying and addressing knowledge gaps for improving greenhouse gas emissions estimates from tropical peat forest fires. *Science of the Total Environment*, 763(xxxx), 142933. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142933>.

Wijedasa, L. S., Vernimmen, R., Page, S. E., Mulyadi, D., Bahri, S., Randi, A., Evans, T. A., Priatna, D., Jensen, R. M., & Hooijer, A. (2020). Distance to forest , mammal and bird dispersal drive natural regeneration on degraded tropical peatland. *Forest Ecology and Management*, 461(August 2019), 117868. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117868>.