

Variasi Karakteristik Biofisik Lahan Gambut dengan Beberapa Penggunaan Lahan, di Semenanjung Kampar, Provinsi Riau

Variation of Biophysical Characteristics of Peatland under Different Land Cover Types in Kampar Peninsula, Riau Province

Suratman¹, Widiatmaka², Bambang Pramudya², Muhammad Yanuar J. Purwanto², Fahmuiddin Agus³

¹Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian
Sekolah Pascasarjana IPB University, Bogor

²IPB University, Bogor

³Balai Penelitian Tanah, Badan Litbang Pertanian

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 24 April 2019

Direview: 24 April 2019

Disetujui: 05 Juli 2019

Kata kunci:

Tutupan lahan
Hutan
Perkebunan
Perubahan karakteristik lahan

Keywords:

Land cover
Forest
Plantation
Changes of land characteristic

Direview oleh:

Sukarman, Maswar

Abstrak. Lahan gambut merupakan sumberdaya alam yang perlu dilindungi karena mempunyai pengaruh besar terhadap kelestarian sumberdaya alam yang telah menjadi permasalahan global. Lahan gambut juga mempunyai potensi ekonomis yang dalam pengelolaannya sering menimbulkan dampak perubahan terhadap berbagai karakteristik biofisik lahannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dinamika karakteristik biofisik lahan akibat adanya perubahan penggunaan lahan di Semenanjung Kampar, Riau. Dinamika karakteristik lahan dilakukan melalui kompilasi data sekunder dari tahun 1990, dilengkapi data primer yang diamati di lapangan sampai tahun 2018. Untuk mengetahui dinamika tipe tutupan lahan dilakukan interpretasi citra dari tahun 1984 sampai 2018, dan *ground check* di lapangan. Hasil kajian menunjukkan bahwa dari tahun 1990 sampai 2018 terjadi penyusutan luas lahan gambut sebesar 2.054 ha (6,94%) dari luas semula 29.590 ha. Perubahan tutupan lahan berpengaruh terhadap dinamika karakteristik biofisik lahannya. Dari 1984 hingga 2016 seluruh hutan di areal penelitian telah habis kecuali hutan yang bercampur dengan semak belukar termasuk rumput rawa tinggal 990 ha (3,59%). Perubahan terutama menjadi areal perkebunan, hutan tanaman industri (HTI), kebun campuran, semak belukar dan pemukiman. Perubahan areal hutan menjadi perkebunan dan HTI dimulai tahun 1991 seluas 357 ha (1,3%). Saat ini luasnya 17.390 ha (63,15%). Dari tahun 2013 hingga 2018 telah terjadi perubahan karakteristik biofisik lahan. Nilai pH rata-rata meningkat, tertinggi tahun 2016 pada lahan tanaman pangan dan perkebunan. Kadar C organik selama dua tahun terakhir terjadi penurunan, tertinggi pada semak belukar, rata-rata 4,29%, kemudian perkebunan, HTI, dan tanaman pangan, rata-rata 0,32 – 3,52%. Kadar serat cenderung menurun dan kadar abu cenderung naik pada areal perkebunan, HTI, dan tanaman pangan. Kejenuhan basa rata-rata meningkat pada areal tanaman pangan, perkebunan dan HTI. Subsidence selama 5 tahun terakhir antara 10 sampai 28 cm, terbesar pada tanaman karet dan terkecil pada areal HTI.

Abstract. Peatland is a natural resource that need to be protected because it influences the sustainability of natural resources that has becomes a global problem. However, peatland also has economic potential, which in its management often results in changes to various aspects of the biophysical land characteristics. This research aimed at evaluating the dynamics of biophysical land characteristics due to land use changes in the Kampar Peninsula, Riau. The dynamics of the land characteristics was evaluated using secondary data compilation from 1990 and supplemented with primary field data in 2018. Land cover type was interpreted using multi temporal images from 1984 to 2018, ground check, and review of field information. The results of the study show that from 1990 to 2018 there was 2,054 ha (6.94%) reduction of peatlands area from the original area of 29,589 ha. The land use changes have lead to biophysical land characteristics changes. From 1984 to 2016 all of the forest areas have disappeared except for only 990 ha (3.59%) forests mixed with shrubs and swamp grass. Major changes were to plantations, industrial forest plantations (HTI), mixed gardens, shrubs, and settlement. The encroachment of 357 ha (1.30%) plantation and HTI into forest areas began in 1991. Currently there are 17,390 ha (63.15%) of these land covers. From 2013 to 2018 there have been changes in soil characteristics. Soil pH increased, the highest in 2016 on food crops and plantation areas. Organic C content decreased 4.29% in shrubs; and 0.32 – 3.52% in plantations, HTI, and food crops; fiber content tended to decrease and ash content tended to increase in plantations, HTI, and food crop areas; base saturation increased in food crop, plantations and HTI areas. Subsidence in last 5 years was between 10 and 28 cm, the highest in rubber plantation and the smallest in HTI.

* Corresponding author: ratman_end@yahoo.co.id

Pendahuluan

Lahan gambut sebagai salah satu potensi sumberdaya alam perlu dilindungi kelestariannya. Namun demikian lahan gambut juga mempunyai potensi ekonomis yang dapat dikelola sebagai sumber penghidupan masyarakat. Dampak lain dari pengelolaan lahan gambut antara lain terjadinya perubahan karakteristik biofisik lahan.

Beberapa karakteristik tanah gambut sangat berbeda dengan tanah mineral. Gambut secara fisik lunak dan memiliki daya menahan beban (*bearing capacity*) rendah (Nugroho *et al.* 1997). Pengelolaan lahan gambut dengan pembuatan drainase dapat menyebabkan penurunan permukaan (*subsidence*) dan kering tak balik (*irreversible drying*). Secara alami gambut bersifat menyerap air (*hydromorfic*), kekeringan pada lahan gambut mengakibatkan terjadinya penurunan kemampuan daya menahan air (*hydrophobic*), beresiko terjadi degradasi, serta perubahan berbagai karakteristik lahan (Sabiham 1999; Salampak 1999; Andriesse 1988).

Bulk Density (BD) atau berat volume gambut dipengaruhi oleh tingkat pemadatan dan konsolidasi gambut sewaktu gambut didrainase. Menurut Sistem Klasifikasi *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff 2014), BD merupakan salah satu persyaratan klasifikasi tanah gambut (*Histosols*), yaitu tanah dengan ketebalan bahan organik >40cm dengan $BD > 0,10 \text{ g cm}^{-3}$, atau ketebalan >60cm dengan $BD < 0,10 \text{ g cm}^{-3}$.

Kadar abu dan kadar serat merupakan faktor yang dapat menggambarkan besarnya tingkat dekomposisi dan mineralisasi gambut. Komposisi serat dari gambut menggambarkan bahan kasar yang belum terombak akibat proses dekomposisi. Perubahan proses kimia dan fisik akibat pengelolaan lahan gambut, seperti halnya pemupukan, pemberian amelioran dan bahan kimia lainnya berakibat terjadinya perubahan kadar abu dan kadar serat. Dalam penelitian Bogacz (2027) dinyatakan bahwa BD gambut berkisar antara 0,10 hingga 0,40 g cm^{-3} . Perubahan pengelolaan dan penggunaan lahan juga dapat berpengaruh terhadap kapasitas tukar kation (KTK), kejenuhan basa (KB), dan kadar C-organik. Perubahan tersebut terkait dengan kandungan basa-basa terlarut atau disebut basa dapat tukar serta tingkat kemasaman tanah (pH) yang berperan dalam menentukan tingkat kesuburan tanah (Suratman *et al.* 2013).

Berdasarkan kadar seratnya, tingkat dekomposisi tanah gambut dapat dibedakan menjadi: (a) gambut fibrik yaitu gambut yang belum melapuk (mentah), bila diremas masih mengandung serat >75% (berdasarkan volume); (b) gambut hemik (setengah matang) serat 17- 74%; dan (c) gambut saprik adalah gambut yang sudah lapuk (matang), kadar serat <17% (Soil Survey Staff 2014).

Kadar abu menunjukkan nilai kadar zat anorganik sisa hasil pembakaran bahan organik. Makin tinggi kadar abu, makin tinggi mineral yang terkandung pada gambut, sehingga kadar abu dapat dijadikan gambaran kesuburan tanah di lahan gambut. Kadar abu gambut oligotrofik sekitar 2,0%, mesotrofik sekitar 2,0% - 7,5% dan eutrofik >7,5%. Gambut dengan kadar abu cukup tinggi (>5%) mengindikasikan adanya sisipan bahan mineral dari limpasan air sungai/banjir, digolongkan sebagai gambut topogen (mesotrofik dan eutrofik), kadar abu rendah mengindikasikan kandungan mineral rendah dan lebih miskin hara, digolongkan sebagai gambut ombrogen atau oligotrofik (Driessen dan Sudjadi 1984). Makin dalam ketebalan gambut umumnya makin rendah kadar abunya (Widjaja Adhi, 1986). Berdasarkan ketebalannya, gambut dibedakan menjadi 5 kelas, yaitu: 50-<100 cm (dangkal), 100-<200 cm (sedang), 200-<300 cm (dalam), 300-<500 cm (sangat dalam), dan >500 cm (sangat dalam sekali). Penelitian yang dilakukan Setiawan (1991) menunjukkan adanya keterkaitan antara kadar abu dan kadar bahan organik dengan tingkat dekomposisi gambut.

Kadar C-organik tanah gambut merupakan salah satu komponen utama yang dipersyaratkan dalam klasifikasi tanah gambut. Menurut klasifikasi *Soil Taxonomy*, persyaratan tanah gambut apabila kandungan liat 0-60% maka C-organik antara 12-18% secara proporsional, apabila liat >60% maka C-organik harus >18% (Soil Survey Staff 2003). Kadar C-organik mencerminkan besarnya kandungan bahan organik bawah permukaan (*below-ground*), nilainya 10-15 kali lebih besar dari biomassa di atas permukaan (*above-ground*). Manajemen lahan dapat menyebabkan perubahan keseimbangan karbon karena berkurangnya suplai bahan dari atas dan kehilangan karbon melalui proses dekomposisi (Agus *et al.* 2008). Pada proses dekomposisi gambut akan terurai mengemisikan senyawa gas rumah kaca (GRK) (Agus dan Subiksa 2008). GRK utama yang keluar dari proses dekomposisi adalah CO_2 , sehingga dalam proses dekomposisi tersebut gambut akan kehilangan Carbon. Dalam proses dekomposisi, lahan gambut mengeluarkan CO_2 sebagai salah satu bahan emisi penting yang dihasilkan oleh lahan gambut (Suratman *et al.* 2013).

Gambut dalam kondisi alami dapat mengalami pertumbuhan dengan penambahan ketebalan gambut antara 0,5-1,0 cm per tahun. Apabila gambut didrainase, maka laju subsidensi sekitar 1,5-3,0 cm per tahun. Oleh karena itu gambut yang kondisinya sudah tidak alami lagi tidak bisa didefinisikan sebagai sumberdaya yang bisa diperbaharui (Andriesse 1988).

Berdasarkan kesuburannya, lahan gambut merupakan lahan marginal yang secara inheren bereaksi masam, serta miskin hara maupun mineral yang dibutuhkan tanaman.

Selain itu gambut pedalaman umumnya bereaksi masam sampai sangat masam, KTK sangat tinggi, dan KB sangat rendah (Ditjen PHPA 2005; Halim 1987). Data kandungan kation dapat tukar (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) atau daya hantar listrik (DHL) digunakan untuk membedakan gambut topogen air tawar dan air payau/asin. Kadar $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ menunjukkan adanya pengaruh air payau, jika $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ atau Ca^{2+} ada indikasi pengaruh air asin, jika $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ ada indikasi pengaruh air tawar (Widjaja Adhi 1988). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi variasi perubahan karakteristik lahan gambut karena adanya perubahan penggunaan lahan.

Bahan dan Metode

Pengamatan data primer secara lengkap dilakukan mulai November 2017 sampai dengan November 2018, tetapi pengamatan beberapa data karakteristik lahan gambut sudah dilakukan sejak tahun 2011 dan lebih detil di lokasi pengamatan percobaan (Demfarm) dilakukan tahun 2013 (DNPI dan ICCTF 2011; Hidayat *et al.* 2011; Wahyunto *et al.* 2013). Lokasi penelitian merupakan satu kesatuan hidrologi gambut (KHG) berbentuk kubah (*dome*) seluas 27.535 ha, berada di semenanjung Kampar, Kabupaten Kampar dan Pelalawan, Provinsi Riau, dengan koordinat $0^{\circ}16,2' - 0^{\circ}28,2'$ LS dan $101^{\circ}28,2' - 101^{\circ}48,0'$ BT. Keunikan lokasi penelitian adalah terjadinya dinamika perubahan penggunaan lahan yang sangat cepat akibat adanya akses jalan alternatif trans Sumatera yang membelah areal *dome* gambut, di tengah lokasi penelitian. Perubahan alihfungsi yang sangat cepat dapat mengakibatkan degradasi lahan yang memicu terjadi deplesi yang lebih cepat.

Data dan peta yang digunakan dalam penelitian ini antara lain data digital citra landsat, Peta RBI, Peta Geologi, Peta Agroklimat, *DEM (digital elevation models)* serta peralatan survei lapangan: bor gambut *Eijkelpamp*, Buku *Munsell Soil Color Chart*, Kompas, GPS, dan perangkat pengolahan peta (Oldeman *et al.* 1978; Supriatna dan Sutandi 1994).

Penelitian dilakukan dengan tahapan kegiatan sbb: (i) Pengumpulan bahan, data dan peralatan, (ii) Survei/verifikasi lapangan, *ground check* tipe penggunaan lahan, termasuk pengambilan contoh tanah untuk analisis di laboratorium dan (iii) Pengolahan data dan penyusunan peta spasial biofisik lahan dan tipe penggunaan lahan. Selanjutnya dilakukan analisis spasial dari karakteristik biofisik lahan, tipe penggunaan lahan, dan dinamikanya

Pengumpulan Bahan

Pada tahap persiapan dilakukan kompilasi data spasial dan tabular mulai tahun 1984 sampai 2018. Data kadar

abu, kadar serat, kadar C-organik, pH, kejenuhan basa, BD, dan subsidensi gambut berasal dari hasil penelitian langsung di lapangan yang dilaksanakan pada akhir tahun 2017 dan akhir tahun 2018 yang dilengkapi dengan data penelitian tahun sebelumnya (DNPI dan ICCTF 2011; Hidayat *et al.* 2011; Wahyunto *et al.* 2013). Selain pengumpulan data-data tersebut, pada tahap ini juga dilakukan persiapan survei dan verifikasi lapang, sehingga perlu disiapkan peta kerja. Peta kerja terdiri atas peta tematik yang terdiri atas draf peta satuan lahan dan penggunaan lahan yang dituangkan ke dalam peta dasar baku mengikuti regulasi *One Map Policy* (Nurwadjadi 2015). Informasi yang ada di dalam draf peta satuan lahan antara lain berasal dari kompilasi peta RBI, geologi, dan agroklimat. Sedangkan draf peta penggunaan lahan berasal dari hasil interpretasi citra dan DEM. Citra yang digunakan berasal dari berbagai jenis dan resolusi yang diinterpretasi satuan lahan maupun penggunaannya sebagai peta kerja awal. Interpretasi citra dilakukan secara *on screen analysis*, yaitu dengan menginterpretasi citra multi temporal dari tahun 1984 sampai 2017 langsung di layar komputer. Hasil interpretasi setiap tahun dibandingkan untuk memperoleh data perubahan penggunaan lahannya. Setelah persiapan draf peta kerja selesai, selanjutnya dipersiapkan peralatan survei lapang untuk melakukan tahap survei dan verifikasi.

Survei dan Verifikasi

Pada tahap survei dan verifikasi dilakukan pengkajian sifat-sifat morfologi, kimia, fisika, dan kondisi lingkungan mengikuti standar baku survei tanah gambut dan pemetaan semi detil (BSN 2013; BSN 2018). Pengamatan sifat morfologi tanah gambut dilakukan dengan menggunakan bor khusus gambut, dan diidentifikasi sifat-sifat setiap lapisannya. Sifat kimia dan fisika selain pengamatan di lapangan juga dilengkapi dengan hasil analisis laboratorium dari contoh tanah yang diambil saat melakukan pengamatan sifat morfologi. Sifat morfologi yang diamati di lapangan berupa perubahan warna tanah, identifikasi tingkat kematangan gambut dengan peremasan untuk mengetahui kadar serat secara kualitatif; sifat kimia berupa pH dan ada tidaknya kandungan pirit; sifat fisika berupa tingkat kepadatan gambut untuk memperkirakan pengambilan perwakilan BD tanah yang akan dianalisis di laboratorium; dan kondisi lingkungan berupa genangan, tutupan lahan, aliran air permukaan, dan tingkat kemiringan lahan. Pengamatan ini mengikuti prosedur survei dan pengamatan tanah (Hikmatullah *et al.* 2014; Sukarman *et al.* 2017) dengan pendekatan toposekuen berpedoman pada kriteria *landform* menurut Marsoedi *et al.* 1997 dan Ritung *et al.* (2017) serta dilakukan *ground check* sebaran dan jenis penggunaan lahannya.

Pengamatan dilakukan di 17 titik pengamatan untuk

mewakili masing-masing kondisi tutupan lahan/ tipe penggunaan lahannya dan variasi karakteristik biofisik tanah gambut. Pengamatan juga berpedoman pada posisi jauh dekatnya terhadap saluran drainase yang ditentukan berdasarkan draf peta satuan lahan hasil analisis awal. Penentuan posisi tipe penggunaan lahannya berdasarkan pada draf peta penggunaan lahan dengan melakukan verifikasi *ground check* di lapangan. Pada areal perkebunan kelapa sawit ditentukan lima posisi pengamatan. Masing-masing pengamatan berjarak 50 m, 100 m, 150 m, 200 m dan 250 m dari parit utama di pinggir kebun yang merupakan penyekat antara jalan utama dan kebun. Pada perkebunan karet dan jabon atau HTI ditentukan di dua titik pengamatan, masing-masing berarak 50 m dan 100 m dari parit utama. Pada lahan tanaman pangan, semak belukar dan hutan semak belukar yang merupakan hutan sekunder, masing-masing dilakukan pengamatan di dua titik yang mewakili variasi kedalaman gambut yang berbeda. Pada tutupan lahan rumput rawa bekas kelapa sawit dan rumput rawa semak belukar masing-masing terdapat satu pengamatan. Posisi tersebut diharapkan sudah dapat mewakili seluruh variasi tipe penggunaan lahan dan karakteristik biofisik lahan yang ada di areal penelitian.

Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data dilakukan penilaian dan penggabungan berbagai data karakteristik biofisik lahan yang selanjutnya dikorelasikan dengan kondisi tipe penggunaan lahannya. Korelasi dilakukan pada berbagai tipe penggunaan lahan maupun hubungannya terhadap perubahan dari waktu ke waktu. Dari hasil korelasi ini diperoleh hubungan dinamika antara karakteristik biofisik lahan dengan tipe penggunaan lahannya.

Analisis penggunaan lahan dilakukan secara *on screen* terhadap citra multi temporal, dituangkan ke dalam peta dasar yang sama dengan peta yang dipergunakan untuk analisis biofisik lahan. Batas satuan penggunaan lahan hasil interpretasi adalah seluas batas lahan gambut yang dianalisis berdasarkan karakteristik biofisik lahannya. Dengan cara *overlay* (tumpang tepat) kedua tema peta tersebut, maka diperoleh luas lahan gambut yang sama dengan luas penggunaan lahannya. Selanjutnya dengan melakukan *overlay* dari tahun ke tahun, maka akan dapat diketahui perubahan penggunaan lahannya dari waktu ke waktu.

Dinamika perubahan luas lahan gambut dievaluasi dengan cara melakukan *overlay* antara data hasil penelitian pemetaan tanah tahun 1990 (Sudihardjo *et al.* 1990) dengan data sekunder hasil penelitian pemetaan tahun 2017 (BBSDLP 2016a; BBSDLP 2016b). Masing-masing data sekunder yang berupa data spasial tersebut dicek dengan cara reinterpretasi citra pada tahun yang sama.

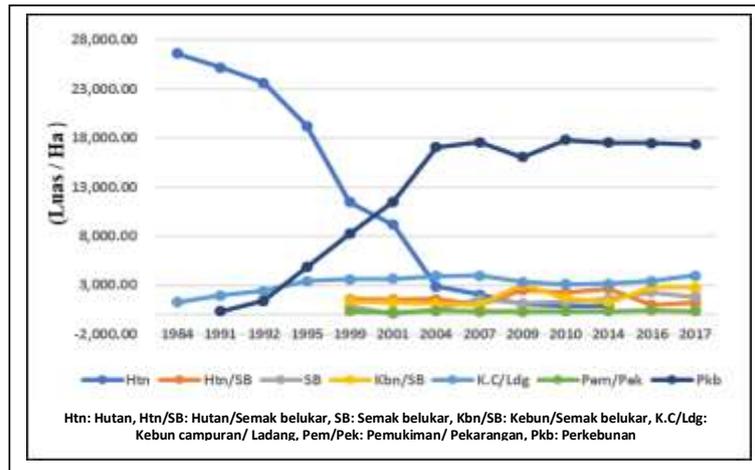
Dari perbandingan dua data sekunder ini juga dapat diketahui perubahan jenis dan sebaran tanah yang ada di areal penelitian. Penelitian tahun 1990 dilakukan pada skala tinjau (1:250.000), secara spasial dituangkan dalam peta satuan lahan dan tanah dengan klasifikasi unit lahan mengikuti Burmann dan Balsem (1990) sedangkan penelitian pada tahun 2017 dilakukan pada skala semi detail (1:50.000), secara spasial dituangkan dalam peta tanah semi detail dengan satuan peta mengikuti Hikmatullah *et al.* (2014). Berdasarkan perbedaan tingkat pemetaannya, maka perbandingan data ini bukan untuk menyatakan kedetilan tanah tetapi hanya memberikan informasi jenis tanah dan penyebarannya secara umum, sehingga satuan tanah yang dinyatakan pada setiap satuan peta (SP) bersifat *multi soil* bukan *single soil*. Setiap satuan peta terdiri atas dua sampai tiga jenis tanah yang dinyatakan secara proporsional berdasarkan urutan yang disebut dalam satuan peta. Tanah yang disebut pertama proporsinya lebih besar dari tanah kedua, tanah yang disebut kedua proporsinya lebih besar dari tanah ketiga.

Data karakteristik biofisik lahan yang terdiri atas kadar serat, kadar abu, kadar C-organik, pH, kejenuhan basa, dan BD diperoleh dari hasil analisis laboratorium. Untuk mengetahui perubahan dari waktu ke waktu pada penggunaan lahan tertentu, maka digunakan data karakteristik biofisik lahan pada tempat yang sama, pada suatu penggunaan lahan tertentu, dengan waktu yang berbeda. Data karakteristik biofisik lahan ini menggunakan data sekunder hasil penelitian dari tahun 2013 sampai dengan 2016, dilanjutkan data primer yang diamati tahun 2017 dan 2018. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Tanah Bogor dengan mengikuti prosedur analisis menurut Eviati dan Sulaeman (2012) dan Kurnia *et al.* (2006). Data subsidensi diperoleh dengan pengamatan langsung di lapangan menggunakan *subsidence stick* khusus yang ditanam dilokasi pengamatan. Pengamatan dilakukan dengan cara mengukur penurunan permukaan lahan gambut dari tanda batas yang sudah ditentukan pada *stick* pengukuran ke permukaan gambut.

Hasil dan Pembahasan

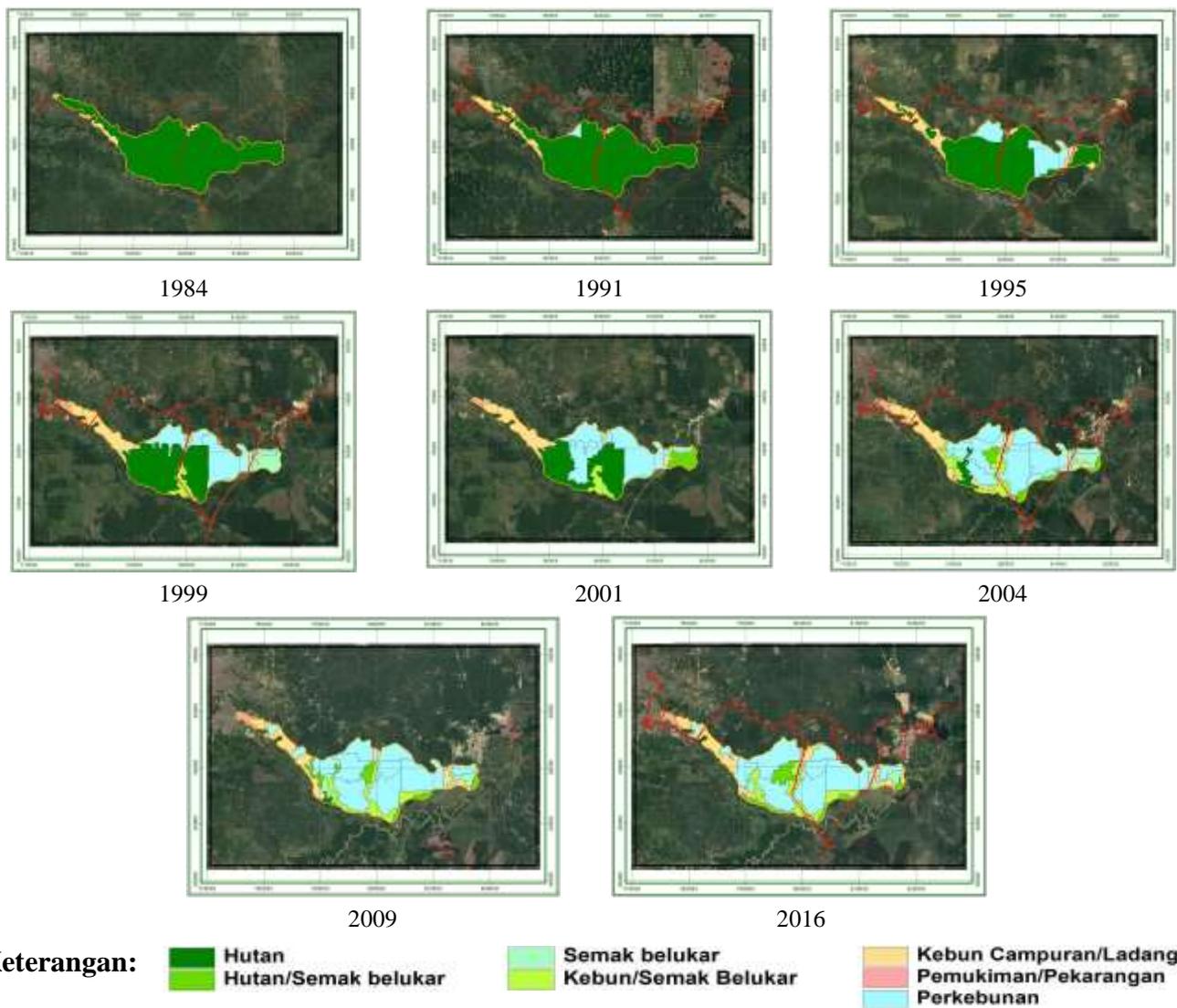
Dinamika Tipe Tutupan Lahan

Penyusutan lahan gambut akibat penggunaan lahan yang dibarengi dengan manajemen lahan menimbulkan perubahan karakteristik biofisik lahan. Penyusutan luas lahan gambut dapat terjadi antara lain akibat adanya perubahan hilang atau berkurangnya lapisan gambut yang menyebabkan perubahan klasifikasi dari tanah gambut menjadi tanah mineral. Perubahan ini terjadi pada satuan lahan dengan komposisi yang dominan tanah dangkal sampai sedang yang berada di bagian barat areal survei.



Gambar 1. Luas penggunaan lahan dari tahun 1984 – 2017

Figure 1. Landuse area from 1984 to 2017



Gambar 2. Dinamika penggunaan lahan di areal penelitian

Figure 2. Dynamics of land use in the research area

Tabel 1. Perubahan luas tutupan lahan tahun 1984 sampai dengan 2017

Table 1. The dynamics of land cover area from 1984 to 2017

PENGGUNAAN LAHAN	TAHUN												
	1984	1991	1992	1995	1999	2001	2004	2007	2009	2010	2014	2016	2017
	LUAS (ha / %)												
Hutan	26.622	25.203	23.651	19.226	11.498	9.161	2.890	2.044	1,086	927	925		
	96,68	91,53	85,89	69,82	41,76	33,27	10,50	7,42	3,95	3,36	3,36		
Hutan/ Semak belukar					1,582	1.568	1.607	953	2.501	2.255	2.653	990	1.217
					5,75	5,70	5,84	3,46	9,08	8,19	9,63	3,59	4,42
Semak belukar					860	101	495	1593	1.156	1.318	1.601	2.301	1.853
					3,12	0,37	1,80	5,79	4,20	4,79	5,82	8,36	6,73
Kebun/ Semak belukar					1.364	1.268	1.141	1.028	3.075	1.755	1.295	2.864	2.777
					4,95	4,61	4,14	3,73	11,17	6,37	4,70	10,40	10,08
Kebun campuran/ Ladang	1.285	1.975	2.453	3.436	3.629	3.655	3.939	3.986	3.335	3.114	3.173	3.452	3.976
	4,67	7,17	8,91	12,48	13,18	13,27	14,31	14,48	12,11	11,31	11,52	12,54	14,44
Pemukiman/ Pekarangan					349	254	426	341	314	349	346	442	355
					1,27	0,92	1,55	1,24	1,14	1,27	1,26	1,61	1,29
Perkebunan		357	1.431	4.873	8.250	11.528	17.065	17.590	16.067	17.818	17.543	17.487	17.357
		1,30	5,20	17,70	29,96	41,87	61,87	63,88	58,35	64,71	63,71	63,51	63,04

Areal ini secara intensif dikelola sebagai lahan usaha pertanian tanaman pangan (Gambar 2). Menurut Istomo (2006) lahan gambut yang mengalami suksesi umumnya akan berubah menjadi hutan sekunder, semak belukar dan rumput rawa. Pada tahun 1984 seluruh areal penelitian berupa hutan lebat alami, merupakan hutan primer yang ditumbuhi banyak kayu hutan. Hal ini dapat dibuktikan dengan kenampakan citra dan ditemukannya banyaknya pangkal (tunggul) pohon yang berdiameter lebih dari satu meter di areal penelitian. Areal penelitian merupakan satu kesatuan hidrologi gambut (KHG) yang berbentuk kubah (*dome*) (Ditjen PPKL 2018). Luas awal lahan tersebut 29.590 ha, perhitungan terakhir luasnya 27.535 ha).

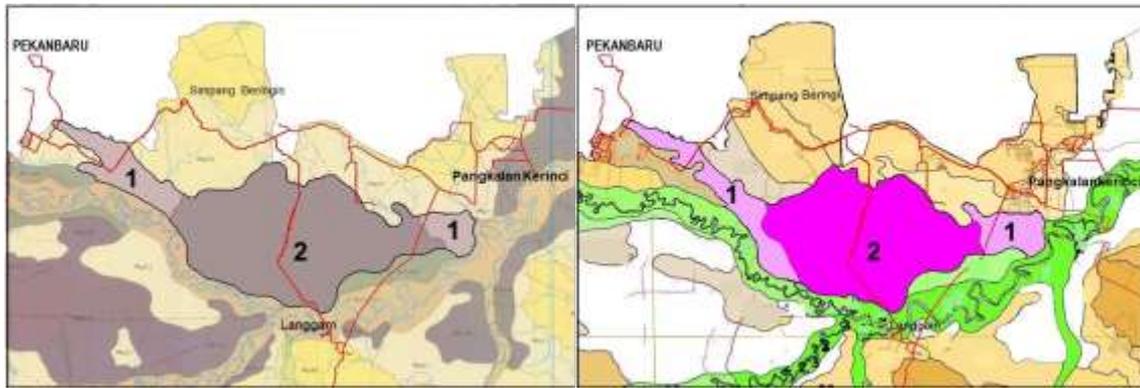
Akibat alih fungsi lahan gambut di areal penelitian terjadi sangat cepat, sehingga tahun 2016 sudah tidak ada lagi hutan di areal ini. Kecepatan rata-rata hilangnya hutan gambut dari tahun 1984 sampai 2016 adalah 3,12% dari luas total lahan gambut yang ada di areal penelitian atau sekitar 832 ha per tahun. Alihfungsi yang paling cepat menjadi areal perkebunan dan HTI, terutama mulai tahun 1999 rata-rata penambahannya 5,56% atau 506 ha per tahun. Tahun 1991 perkebunan mulai sedikit merambah pada bagian utara dari areal lahan gambut, dipercepat setelah masuknya areal HTI di dalam areal kubah gambut yang disusul oleh beberapa areal perkebunan kelapa sawit. Tahun 1995 telah merambah bagian barat dan timur dari dome gambut. Selanjutnya tahun 2001 dua areal perkebunan telah masuk di tengah dome gambut bagian

barat dan timur. Akhirnya pada tahun 2009 hampir seluruh tengah dome gambut telah berubah menjadi areal perkebunan dan HTI. Pada tahun 2016 sudah tidak ada lagi hutan yang tersisa di areal gambut tersebut, yang ada adalah sebagian kecil hutan sekunder bercampur semak belukar dan rumput rawa. Perubahan tipe penggunaan lahan dan luasannya dari tahun 1984 sampai dengan 2018 selengkapnya disajikan pada Tabel 1, serta Gambar 1 dan Gambar 2.

Dinamika Karakteristik Biofisik Lahan

Sebaran Klasifikasi Tanah

Tanah gambut mempunyai karakteristik yang sangat berbeda dengan tanah mineral, cenderung mempunyai dinamika perubahan yang lebih besar dibanding tanah mineral. Perbedaan karakteristik pada tanah gambut karena adanya perbedaan dari proses, bahan pembentuk, serta lokasi terbentuknya. Secara alami tanah gambut di wilayah tropika, seperti areal penelitian ini terbentuk pada kondisi anaerob (karena *water logging*), dekomposisi berjalan lambat, sehingga terjadi pengendapan bahan organik yang membentuk Organosol (Soepraptoharjo 1976; Pusat Penelitian Tanah 1983; Subardja *et al.* 2016) atau Histosols (Soil Survey Staff 2014; FAO 1990). Selanjutnya tanah gambut yang terbentuk tersebut dapat digolongkan berdasarkan pada ketebalan, tingkat dekomposisi/ kadar serat, kadar abu, dan tingkat kesuburannya. Berdasarkan berbagai karakteristik tersebut



Gambar 3. Satuan Peta di areal penelitian lahan gambut, tahun 1990 (kiri) dan 2017 (kanan)

Figure 3. Mapping unit in the peatland research area, in 1990 (left) and 2017 (right)

Tabel 2. Tanah gambut yang berada di areal penelitian tahun 1990

Table 2. Peat soil in the research area in 1990

NO. SP	LANDFORM	KLASIFIKASI TANAH	
		Nasional (Subardja <i>et al.</i> 2016)	Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 2014)
1	Dome (kubah) gambut oligotropik air tawar, ketebalan $\leq 3,0$ m	Organosol Saprik	Typic Haplosaprists
		Organosol Hemik	Typic Haplohemists
		Organosol Fibrik	Typic Haplofibrists
2	Dome (kubah) gambut oligotropik air tawar, ketebalan $> 3,0$ m	Organosol Saprik	Typic Haplosaprists
		Organosol Hemik	Typic Haplohemists
		Organosol Fibrik	Typic Haplofibrists

Sumber : Puslittanak 1991; Sudihardjo *et al.* 1990

Tabel 3. Tanah gambut yang berada di areal penelitian tahun 2017

Table 3. Peat soil in the research area in 2017

NO SP	LANDFORM	KLASIFIKASI TANAH	
		Nasional (Subardja <i>et al.</i> 2016)	Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 2014)
1	Gambut topogen air tawar, ketebalan $\leq 3,0$ m	Organosol Saprik	Typic Haplosaprists
		Organosol Hemik	Typic Haplohemists
2	Gambut topogen air tawar, ketebalan $> 3,0$ m	Organosol Saprik	Typic Haplosaprists
		Organosol Hemik	Typic Haplohemists

Sumber : BBSDLP 2016a; BBSDLP 2016b; BBSDLP 2017; hasil kajian lapangan tahun 2016 dan 2017

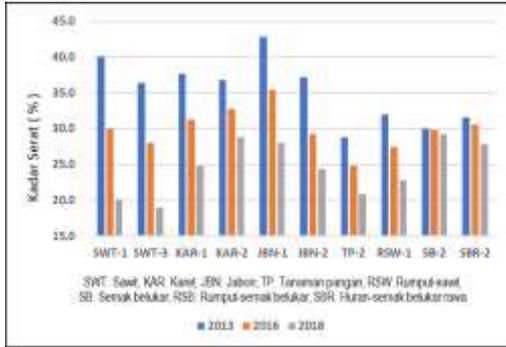
menurut sistem Klasifikasi *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff 2014) dan Klasifikasi Tanah Nasional (Subardja *et al.* 2016) dari data-data sekunder tahun 1990 (Puslittanak 1991; Sudihardjo *et al.* 1990), hasil kajian tahun 2013 (ICCTF 2013), dan hasil kajian lapangan yang didukung oleh hasil analisis laboratorium, tanah gambut di areal penelitian dapat diklasifikasikan sebagai Organosol Fibrik, Organosol Hemik dan Organosol Saprik (Gambar 3, Tabel 2 dan Tabel 3). Karakteristik umum dari Organosol Fibrik (Typic Haplofibrists) adalah tingkat kematangan fibrik (mentah), sedang - sangat dalam. Organosol Hemik (Typic Haplohemists): hemik (setengah matang), dalam - sangat dalam. Organosol Saprik (Typic Haplosaprists): saprik (matang), kedalaman dalam - sangat dalam. Substratum

tanah mineral bertekstur agak halus, drainase sangat terhambat, sangat masam, KTK sangat tinggi, KB sangat rendah, warna hitam (10YR2/1) sampai coklat sangat tua (7.5YR2.5/2-2.5/3). Jika dibandingkan penyebaran tanah tahun 1990 dengan 2017, telah terjadi penyempitan areal lahan gambut yang berkedalaman > 3 meter.

Kadar Serat

Kadar serat merupakan salah satu faktor yang dapat mengindikasikan tingkat dekomposisi bahan organik tanah gambut (Soil Survey Staff 2014). Manajemen pemanfaatan lahan dapat menyebabkan perubahan kondisi asli hutan menjadi berbagai tipe penggunaan lahan dan dapat menyebabkan perubahan kadar serat yang berbeda-beda

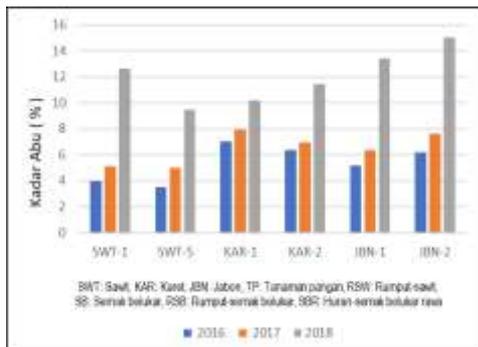
dari masing-masing tipe penggunaan lahan (Gambar 4). Pada lahan yang dikelola secara intensif, yakni pada kebun kelapa sawit, karet, dan jabon, terjadi dinamika perubahan kadar serat yang lebih besar. Pada lahan tanaman pangan fluktuasi tidak terlalu besar, sedangkan pada semak belukar dan hutan rawa jauh lebih stabil. Perubahan semakin besar terjadi dari tahun 2013 ke tahun 2018. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan lahan dengan pembuatan saluran drainase berpengaruh memperbesar tingkat dekomposisi bahan organik pada tanah gambut.



Gambar 4. Kadar serat di beberapa tipe penggunaan lahan
 Figure 4. Fiber content of several several land use types

Kadar Abu

Kadar abu menunjukkan adanya indikasi pengkayaan bahan mineral di lahan gambut yang dapat mengindikasikan adanya keterkaitan dengan tingkat kesuburan gambut (Bogacz 2017; Suratman *et al.* 2013). Pengkayaan bahan mineral juga dapat mendorong terjadinya tingkat dekomposisi bahan organik atau kematangan gambut. Semakin lama terjadi peningkatan kadar abu walupun tidak terlalu besar. Hal ini menunjukkan ada pengkayaan mineral dari tahun ke tahun. Peningkatan yang tinggi terjadi pada lahan yang dikelola sebagai kebun, HTI, dan ladang. Sedangkan lahan yang tidak dikelola kondisinya lebih stabil atau lebih rendah. Namun demikian kadang-kadang pada tipe penggunaan



Gambar 5. Kadar abu di beberapa tipe penggunaan lahan
 Figure 5. Ash content of several several land use types

tertentu nilainya besar (Gambar 5). Hal ini dapat terjadi pada lahan dengan pengelolaan yang menyebabkan terjadinya penambahan tanah mineral.

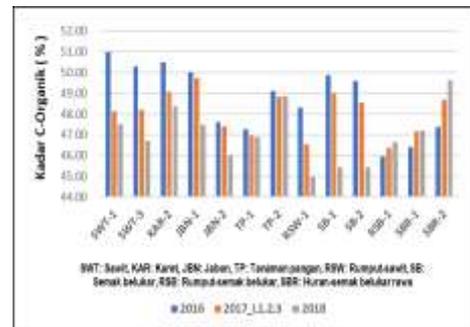
Kadar C-organik

Kadar C-organik menggambarkan kadar C (karbon) hasil rombakan bahan organik penyusun tanah gambut. Nilainya tergantung dari intensitas dekomposisi tanah gambut. Dalam proses dekomposisi terjadi emisi GRK yang utama adalah hilangnya CO₂, sehingga dalam proses dekomposisi tersebut gambut kehilangan Carbon (Agus dan Subiksa 2008). Teknik pengelolaan dalam setiap tipe penggunaan lahan dapat berpengaruh terhadap kadar maupun fluktuasi C-organik. Selama dua tahun dari 2016 sampai 2018 secara umum terjadi penurunan kandungan C organik. Hal ini dapat terjadi karena Carbon terombak dan hilang dalam proses dekomposisi. Kehilangan Carbon yang terbesar terjadi pada semak belukar, kemudian perkebunan, HTI dan terakhir tanaman pangan atau ladang (Gambar 6). Lokasi yang lebih dekat dengan kanal rata-rata mempunyai kadar C organik yang lebih tinggi.

Pengelolaan lahan secara mekanik memberikan pengaruh yang baik terhadap dekomposisi karena dapat memperbaiki aerasi tanah gambut. Penambahan unsur hara melalui pemupukan dalam pengelolaan lahan secara kimiawi dapat memperbaiki kompleks jerapan yang mengaktifkan asam-asam humat dalam penguraian bahan organik, sehingga proses dekomposisi semakin cepat.

Kejenuhan Basa (KB)

Kejenuhan basa (KB) tanah gambut menggambarkan

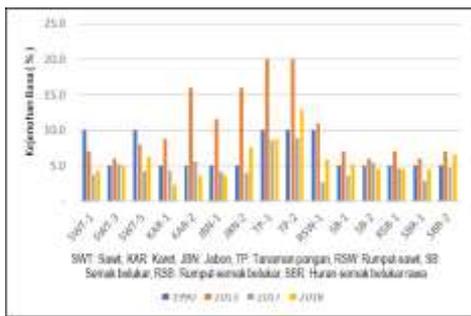


Gambar 6. Kadar C-organik di beberapa tipe penggunaan lahan

Figure 6. C-Organic content of several land use types

besarnya kadar unsur dan senyawa tanah gambut. Pengelolaan lahan berpengaruh terhadap dinamika unsur yang terkandung pada tanah gambut. Pengelolaan lahan pada areal perkebunan, HTI, atau tanaman pangan/ladang, mengakibatkan terjadinya peningkatan KB tanah. Semakin intensif pengelolaan lahan dengan pemupukan,

pengapuran, penambahan amelioran, dan pengolahan menunjukkan terjadinya peningkatan KB. Hal ini terbukti dari hasil penelitian bahwa tahun 2013 pada lahan tanaman pangan mempunyai nilai tertinggi (Gambar 7). Kondisi ini terjadi karena pada tahun 2013 banyak perlakuan terkait dengan mulainya Proyek ICCTF di beberapa bagian lahan dilakukan percobaan pemupukan dan pemberian amelioran yang lebih intensif. KB merupakan salah satu variable kesuburan tanah gambut sifatnya sangat labil yang sangat dipengaruhi manajemen lahan. Perlakuan manajemen lahan seperti halnya perlakuan pemupukan dan penambahan bahan organik merupakan salah satu cara penambahan unsur basa-basa yang antara lain berupa kation-kation terhadap tanah gambut. Dengan penambahan



Gambar 7. Kejenuhan basa di beberapa tipe penggunaan lahan

Figure 7. Base saturation of several land use

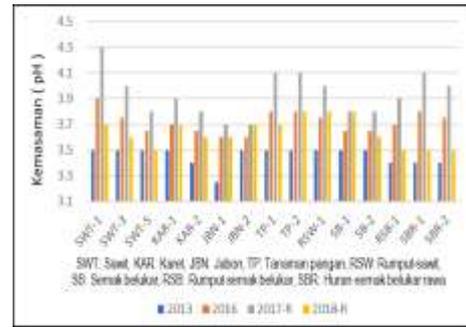
unsur dari pemupukan berarti menambah unsur basa-basa yang tersedia untuk tanaman yang berarti menambah kadar basa-basa tanah.

Hadirnya unsur tertentu misalnya Fe dan Al yang mempunyai kation polivalen akan menciptakan tapak jerapan bagi ion fosfat sehingga bisa mengurangi kehilangan hara misalnya P dan K melalui pencucian (Rachim 1995). Dengan demikian ketersediaan unsur hara pada lahan yang dikelola secara intensif menyebabkan KB lebih besar.

pH Tanah Gambut

Dari tahun 2013 sampai 2018 telah terjadi peningkatan pH, tertinggi pada tahun 2017 (Gambar 8). Tahun-tahun yang menunjukkan intensitas pengelolaan meningkat, maka pH tanah gambut cenderung meningkat, yakni terjadi pada tahun 2017. Perubahan pengelolaan dengan perlakuan pemupukan dan penambahan amelioran yang menghadirkan unsur-unsur kation untuk menambah kesuburan tanah dapat meningkatkan KB dan pH tanah gambut (Suratman *et al.* 2013). Peningkatan pH juga terjadi pada tahun tertentu. Hal ini berkaitan dengan musim atau kondisi secara umum. Antara penggunaan lahan yang intensif dengan alami mempunyai pola yang

hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan pH tidak terlalu memberikan ciri khas terhadap penggunaan lahannya, tetapi lebih bersifat kondisional berdasarkan kondisi hidrologi dan lingkungannya.



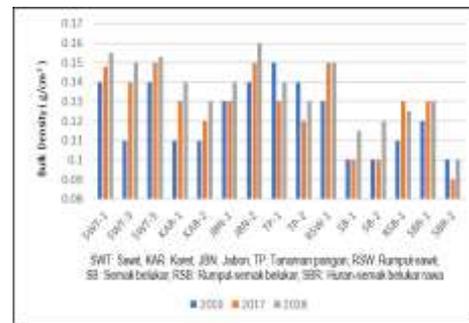
Gambar 8. pH gambut di beberapa tipe penggunaan lahan

Figure 8. Peat pH of several land use

BD (Bulk Density)

BD atau berat volume tanah gambut dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi gambut dan kadar mineral yang terkandung dalam gambut. Tanah gambut mempunyai persyarataa BD yang lebih rendah dari pada tanah mineral (Soil Survey Staff, 2014). BD yang rendah bagi tanah gambut berakibat daya menyangga beban atau daya tumpu (*bearing capacity*) gambut menjadi rendah yang dapat menyebabkan tanaman menjadi roboh dan peralatan alsintan sulit beroperasi di lahan gambut.

Secara umum BD sampai dengan tahun 2018 cenderung makin meningkat. Fluktuasi cenderung meningkat pada lahan dengan pengelolaan intensif yakni di areal perkebunan dan lahan pertanian. Sedangkan pada lahan yang lebih alami BD cenderung rendah yakni di lahan semak belukar dan semak belukar rawa (Gambar 9).



Gambar 9. BD gambut di beberapa tipe penggunaan lahan

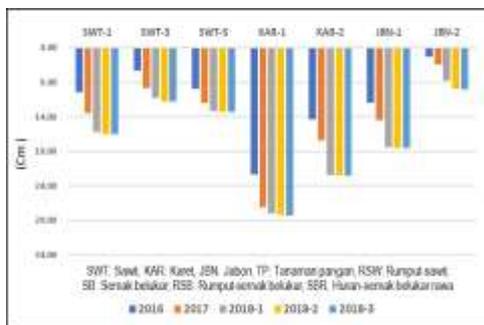
Figure 9. Peat BD of several land use

Hal ini menunjukkan bahwa manajemen yang berpengaruh terhadap dekomposisi bahan organik menyebabkan perubahan BD. Fluktuasi yang tinggi terjadi

pada areal kebun kelapa sawit, hal ini disebabkan karena adanya penambahan bahan organik pada waktu melakukan pengelolaan kebun, misalnya dengan penambahan tandan buah kosong (tankos) dan pemupukan organik. Selain itu pembuatan saluran drainase pada lahan gambut memicu terjadinya penyusutan, pemampatan, dan subsidensi yang menambah besarnya nilai BD (Andriessse 1988).

Subsidensi

Pengamatan subsidensi mulai dilakukan dari bulan Agustus 2013 sampai Oktober 2018 hanya pada lahan perkebunan kelapa sawit, karet, dan Jabon/Akasia. Pembuatan saluran drainase yang dilakukan pada saat pembukaan dan manajemen kebun memberikan dampak terjadinya subsidensi. Maswar dan Agus (2014) melaporkan bahwa rata-rata kecepatan penurunan permukaan tanah (*subsidence rate*) selama satu tahun di lokasi Kabupaten Pelalawan sebesar 3,3 cm th⁻¹.



Gambar 10. Laju subsidensi beberapa tipe penggunaan lahan

Figure 10. Subsidence rate of several land use

Penelitian yang dilakukan Schipper dan McLeod (2002) rata-rata tingkat *subsidence* pada lahan gambut yang didrainase adalah sebesar 3,4 cm th⁻¹. Penelitian yang dilakukan Dawson *et al.* (2004) rata-rata subsidensi jangka panjang berkisar antara 1 – 8 cm th⁻¹, di Belanda 2,0 m dalam 1000 tahun. Hasil pengamatan menunjukkan subsidensi terendah terjadi pada Jabon sebesar 10,00 cm dan tertinggi pada kebun karet sebesar 28,25 cm dengan rata-rata antara 2 sampai 5,65 cm th⁻¹ (Gambar 10). Hal ini terjadi karena menurut informasi pemilik lahan mengatakan bahwa pada lahan jabon waktu pembukaan lahan dilakukan dengan alat berat, sedangkan di lahan karet secara manual. Pada tanaman karet pemeliharaan saluran drainase juga kurang intensif, sehingga kemungkinan terjadi overdrainage juga lebih besar dibandingkan dengan lahan yang lainnya. Semakin lama tingkat subsidensi semakin kecil sesuai dengan kondisi lahan, tipe penggunaan lahan, dan pola manajemennya. Beberapa penelitian yang dilakukan oleh Dawson *et al.*

(2004) menunjukkan bahwa laju subsidensi dalam jangka panjang semakin kecil.

Kesimpulan

Selama 28 tahun (1990 – 2018), luas lahan gambut di areal penelitian Semenanjung Kampar, Riau, telah menyusut 2.054 ha (6,94%) dari luas semula 29.590 ha karena alih fungsi lahan yang menyebabkan antara lain hilangnya lapisan gambut dangkal menjadi tanah mineral. Seiring terjadinya penyusutan tersebut terjadi perubahan karakteristik biofisik lahan. Pada tahun 2016 hutan yang ada di areal penelitian telah habis karena berubah menjadi areal perkebunan dan HTI seluas 17.487 ha (63,51%) dan hutan bercampur semak belukar, kebun campuran, ladang, kebun bercampur semak belukar, pekarangan dan pemukiman.

Antara tahun 2013 – 2018 telah terjadi perubahan karakteristik biofisik lahan. Perubahan tersebut sangat ditentukan oleh periode dan tipe penggunaan lahannya. Nilai pH rata-rata meningkat pada lahan tanaman pangan dan perkebunan; kadar C-organik pada umumnya menurun, kadar serat cenderung menurun, dan kadar abu meningkat; kejenuhan basa yang menggambarkan tingkat kesuburan rata-rata meningkat pada lahan yang dikelola secara intensif yaitu tanaman pangan, perkebunan, dan HTI. Subsidensi selama lima tahun pada lahan budidaya berkisar antara 10 sampai 28 cm, terbesar pada tanaman karet dan terkecil pada areal HTI.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian melalui proyek penelitian pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Maswar (Balai Penelitian Tanah) dan Tim yang berperan aktif memberikan saran dan masukan dalam penelitian ini. Suratman berkontribusi dalam merencanakan, melaksanakan penelitian, mengolah data, menulis serta mengedit makalah. Widiatmaka, Bambang Pramudya, Yanuar Purwanto dan Fahmuddin Agus berkontribusi dalam memberikan arah penelitian, dan saran-saran dalam analisis dan presentasi data, serta interpretasi hasil penelitian.

Daftar Pustaka

Agus F, Subiksa IGM. 2008. Lahan gambut: potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Balai Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

- Agus F, Hairiah K, Mulyani A. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon Tanah Gambut. Petunjuk Praktis. World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Andriess JP. 1988. Nature and management of tropical peat soil. *FAO Soils Bulletin* 5:5. Roma.
- BBSDLP. 2016a. Atlas Peta Tanah Semi Detil Skala 1:50.000 Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- , 2016b. Atlas Peta Tanah Semi Detil Skala 1:50.000 Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- , 2017. Atlas Peta Lahan Gambut di Indonesia. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Bogacs A. 2017. The effect of long-term peatlands drainage on the properties of soils in microrelief in the Długe Mokradło Bog (Central Sudetes – SW Poland). *Polish Journal of Soil Science* 50(2): 237-247.
- BSN. 2013. Pemetaan lahan gambut skala 1 : 50.000 berbasis citra penginderaan jauh. SNI 7925:2013. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- , 2018. Survei dan pemetaan tanah semi detail skala 1 : 50.000. SNI 8473:2018. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Buurman P, Balsem T. 1990. Land Unit Classification for the Reconnaissance Soil Survey of Sumatra. TR No.3, Version 2, LREP Project, Centre for Soil and Agroclimate Research, Bogor.
- Dawson JJC, Billett MF, Hope D, Palmer SM, Deacon CM. 2004. Sources and sinks of aquatic carbon linked to a peatland stream continuum. *Biogeochemistry* 70: 71-92.
- [Ditjen PHKA] Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam. 2005. Kebijakan pengelolaan lahan gambut di tingkat nasional. Lokakarya manfaat lahan gambut secara bijaksana untuk manfaat berkelanjutan. Direktorat Konservasi Kawasan, Ditjen PHKA, Departemen Kehutanan.
- [Ditjen PPKL] Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan. 2018. Peta Kawasan Hidrologi Gambut Indonesia. Direktorat Pengendalian Kerusakan Gambut. Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- [DNPI dan ICCTF] Dewan Nasional Perubahan Iklim dan Indonesia Climate Change Centre. 2011. Peatland mapping exercise in Pelalawan and Katingan Districts. Peatland and peatland mapping cluster of ICCTF. Research Finding.
- Driessen PM, Sudjadi M. 1984. Soils and specific problems of tidal swamps. Workshop on Research Priorities in Tidal Swamp Rice. P143-160. IRRRI, Los Banos, Philippines.
- Eviati, Sulaeman. 2012. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Edisi 2. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 1990. Soil Map of the World. Legend rev. FAO/UNESCO, Rome, Italy.
- Halim A. 1987. Pengaruh pencampuran tanah mineral dan basa dengan tanah gambut pedalaman Kalimantan Tengah dalam budidaya tanaman kedelai. Disertasi Program Pascasarjana, IPB.
- Hidayat A, Hikmatullah, Sukarman, Wahyunto. 2011. Survei dan identifikasi sumberdaya lahan lokasi demplot di Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Riau, dan Jambi. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian..
- Hikmatullah, Suparto, Chendy T, Sukarman, Suratman, Nugroho K. 2014. Petunjuk Teknis Survei dan Pemetaan Tanah Tingkat Semi Detail Skala 1 : 50.000. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.. Bogor. 34p.
- [ICCTF] Indonesian Climate Change Trust Fund dan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2013a. Atlas Lahan Gambut Terdegradasi Pulau Sumatera. Indonesia Climate Change Fund Trust, Bappenas dan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Istomo. 2006. Kandungan fosfor dan kalsium pada tanah dan biomassa hutan rawa gambut. Studi kasus di wilayah HPH PT. Diamond Raya Timber, Bagan siapi-api, Provinsi Riau. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 12:3 (2006).
- Kurnia U, Agus F, Adimihardja A, Dariah A. 2006. Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Maswar, Agus F. 2014. Cadangan karbon dan laju subsidence pada beberapa jenis penggunaan lahan dan lokasi lahan gambut tropika. Prosiding Semiar Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hal: 333 – 344.
- Marsoedi DS, Widagdo, Dai J, Suharta N, Darul SWP, Hardjowigeno S, Hof J, Jordans ER. 1997. Pedoman Klasifikasi Landform. Laporan Teknis No. 5. Versi 3. LREP II Project, CSAR, Bogor.
- Nugroho K, Gianinazzi G, Widjaja Adhi IPG. 1997. Soil hydraulic properties of Indonesia peat. In: J.O. Riely and S.E. Page (eds) *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peat and Peatland*. Samara Publ. Ltd. Cardigan. UK, pp 147-156.
- Nurwadjadi. 2015. One Map Policy dan kebijakan pengembangan IG serta implikasinya terhadap pemetaan sumberdaya lahan. Paparan Seminar, Bogor 29-30 Juli 2015. Badan Informasi Geospasial.
- Oldeman LR, Las I, Darwis M. 1978. The Agro-Climatic Map of Sumatra, scale 1:3,000,000. *Contr. Centr. Res. Inst for Agric.* No. 60, 20p. Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah. 1983. Jenis dan macam tanah di Indonesia untuk keperluan survei dan pemetaan tanah daerah transmigrasi. Lampiran TOR Tipe-A. Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi (P3MT), Badan Litbang Pertanian, Bogor.

- [Puslittanak] Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1991. Peta Satuan Lahan dan Tanah, Lembar Pekanbaru, Sumatera. Edisi I. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. – Land Resource Evaluation and Planning Project (LREP).
- Rachim. 1995. Penggunaan kation-kation polivalen dalam kaitannya dengan ketersediaan fosfat untuk meningkatkan produktivitas jagung pada tanah gambut. Disertasi Program Pascasarjana, IPB.
- Ritung, S., Suparto, E. Suryani, K. Nugroho, Tafakresnanto, C. 2017. Petunjuk Teknis Pedoman Klasifikasi Landform untuk Pemetaan Tanah di Indonesia. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 49p.
- Sabiham S. 1999. Studies on Peat in the Coastal Plains of Sumatra and Borneo. *Physiography and Geomorphology of the Coastal Plain*. South Asean Studies, Kyoto Univ. 26 (3): 308-335.
- Salampak. 1999. Peningkatan produktivitas gambut tanah gambut yang disawahkan dengan pemberian bahan amelioran tanah mineral berkadar besi tinggi. Disertasi S3 Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Schipper LA and McLeod M. 2002. Subsidence rates and carbon loss in peat soils following conversion to pasture in the Waikato Region, New Zealand. *Soil Use and Management*, Volume 18, Number 2, pp. 91-93.
- Setiawan HK. 1991. akibat pemampatan atas sifat-sifat hidrologi gambut sehubungan dengan tingkat perombakan. Dalam: Tesis Sarjana. FP. UGM. Yogyakarta.
- Soepraptohardjo M, Driessen PM. 1976. The lowland peat of Indonesia, a challenge for the nature. Peat and Podsollic Soils and their potential for agriculture in Indonesia. Proc. ATA 106 Midterm Seminar. Bulletin 3. Soil Research Institute Bogor. pp11-19.
- Soil Survey Staff. 2003. Key of Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Services, Washington D.C
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. Eleventh Edition. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Services.
- Subardja D, Ritung S, Anda M, Sukarman, Suryani E, Subandiono RE. 2016. Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor. Edisi 2016.
- Sudihardjo AM, Sosiawan H, Kaslan B, Mudjiono, Deri HJ, Dai J, Hidayat A. 1990. Buku Keterangan Peta Satuan Lahan dan Tanah Lembar Pekanbaru (0816) Sumatera. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sukarman, Ritung S, Anda M, Suryani E. 2017. Pedoman Pengamatan Tanah di Lapangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. IAARD Press. Jakarta. 136p.
- Supriatna, Sutandi. 1994. Peta Geologi Indonesia Skala 1:250.000
- Suratman, Hariyadi, Sukarman. 2013. Optimalisasi pengelolaan lahan gambut menggunakan amelioran tanah mineral dan tanaman penutup lahan pada perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Tengah. Tesis Mahasiswa. IPB.
- Wahyunto, Subandiono RE, Kuntjoro D, Martha WW. 2013. Lahan Gambut Indonesia. Pemetaan Lahan Gambut Skala 1:50.000 di Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. ICCTF – Bappenas – Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Widjaja-Adhi IPG. 1986. Pengelolaan lahan rawa pasang surut dan lebak. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 1:1-9.
- . 1988. Physical and chemical characteristics of peat soils of Indonesia. *Indon. Agric. Res. Dev. J.* 10(3): 59-64.