



LAPORAN PENELITIAN DASAR

SUB TEMA PENELITIAN: Tanaman Perkebunan

TOPIK/ASPEK PENELITIAN: Kesuburan Tanah dan Media Tumbuh

SUB TOPIK PENELITIAN: Konservasi Tanah

JUDUL PENELITIAN:

**HISTORIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN DINAMIKA KARBON
STOK LAHAN GAMBUT PESISIR SELATAN, SUMATERA BARAT**

Tim pengusul:

Ketua: Dr. Ir. Aprisal, MP (NIDN: 0021046310)

Anggota: 1. Zuldadan Naspendra, SP., M.Si (NIDN: 0019078906)

2. Dr. Mimien Harianti, SP., MP (NIDN: 0010058103)

3. Ir. Junaidi, MP (NIDN: 0010065914)

Mahasiswa S2: Nurul Hijri (No.BP: 1920232005)

**Program Studi Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian
Universitas Andalas
Padang
November 2020**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN

Judul Penelitian : Historis Perubahan Penggunaan Lahan dan Dinamika Karbon Stok Lahan Gambut Pesisir Selatan, Sumatera Barat
Skim : Riset Dasar

Ketua Peneliti
a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Aprisal, M.Si
b. NIDN : 0021046310
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Prodi, Fak/PPs : Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian
e. Nomor HP : 0813-6342-0801
f. Alamat email : aprisalunand@yahoo.co.id


Anggota Peneliti (1)
a. Nama Lengkap : Zuldadan Naspendra, SP., M.Si
b. NIDN : 0019078906
c. Prodi, Fak/PPs : Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian

Anggota Peneliti (2)
a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Mimien Harianti, SP., MP
b. NIDN : 0010058103
c. Prodi, Fak/PPs : Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian

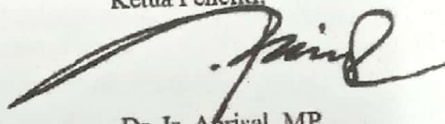
Anggota Peneliti/Pembimbing (3)
a. Nama Lengkap : Ir. Junaidi, MS
b. NIDN : 0010065914
c. Prodi, Fak/PPs : Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian

Anggota Mahasiswa (1)
a. Nama Lengkap : Nurul Hijri
b. No. BP : 1920232005
c. Prodi, Fak/PPs : Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 22.500.000,-

Menyetujui
Ketua Jurusan,

Dr. Gusmini, SP., MP
NIP. 197208052006042001

Padang, 16 November 2020
Ketua Peneliti,


Dr. Ir. Aprisal, MP
NIP. 196304211990021001

IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian : Historis Perubahan Penggunaan Lahan dan Dinamika Karbon Stok Lahan Gambut Pesisir Selatan, Sumatera Barat

2. Tim Peneliti :

No	Nama	Jabatan	Bidang keahlian	Fak/PPs	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1	Dr. Ir. Aprisal, MP	Ketua	Fisika Konservasi Tanah	Pertanian	12.00
2	Zuldadan Naspendra, SP., M.Si	Anggota 1	Genesis Tanah	Pertanian	12.00
3	Dr. Mimien Harianti, SP, MP	Anggota 2	Kesubura Tanah	Pertanian	8.00
4	Ir. Junaidi, MP	Anggota 2	Fisika Tanah	Pertanian	8.00
5	Nurul Hijri	Mahasiswa 1	Ilmu Tanah	Pertanian	12.00

3. Objek Penelitian

1) Perubahan penggunaan lahan gambut Pesisir Selatan periode tahun 1990, 2000, 2010, dan 2020 2) mempelajari dinamika karbon stok lahan gambut pada penggunaan lahan tertentu dan periode tahun 1990, 2010, 2020, dan 2020

4. Masa Pelaksanaan:

Mulai : Mei 2020

Berakhir: November 2020

5. Usulan Biaya ke Universitas Andalas: Rp 22.500.000,-

6. Lokasi Penelitian: Lapangan dan Laboratorium Fakultas Pertanian Unand

7. Produk temuan yang ditargetkan (produk, model, metode, teori, produk, atau kebijakan):

Diketahui 1) Perubahan penggunaan lahan gambut Pesisir Selatan periode tahun 1990, 2000, 2010, dan 2020 2) mempelajari dinamika karbon stok lahan gambut pada penggunaan lahan tertentu dan periode tahun 1990, 2010, 2020, dan 2020.

8. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu (uraikan tidak lebih dari 50 kata, tekankan pada gagasan fundamental dan orisinal yang akan mendukung pengembangan IPTEKS)

Penelitian ini membuka pengetahuan tentang perubahan penggunaan lahan gambut pesisir selatan dari tahun 1990 sampai sekarang ke arah penggunaan lain, baik pertanian maupun non pertanian, 2) menjawab dinamika karbon stok lahan gambut yang selama ini menjadi topik hangat di berbagai penelitian mulai tahun 1990-2020 dengan penggunaan lahan tertentu.

9. Kontribusi pada pencapaian pencapaian RIP dan roadmap sub tema penelitian Fakultas Pertanian (uraian sedikitnya 2 paragraf).

Penelitian pada tahap ini bertujuan untuk mengkaji 1) arah perubahan penggunaan lahan gambut Pesisir Selatan periode tahun 1990, 2000, 2010, dan 2020 2) mempelajari dinamika karbon stok lahan gambut pada penggunaan lahan tertentu dan periode tahun 1990, 2010, 2020, dan 2020. Topik penelitian ini merupakan isu sensitif yang hangat dibicarakan dan diperdebatkan baik antar peneliti maupun antar pemerintah dan aktivis lingkungan mengenai dampak positif dan negatif pemanfaatan lahan gambut untuk pengembangan kawasan perkebunan. Di satu sisi lahan gambut telah menjadi vital untuk mendukung sektor pertanian, tetapi di sisi lain ada persoalan lingkungan yang perlu diantisipasi agar pemanfaatan lahan gambut bisa sustainable dan tidak merusak lingkungan.

Berdasarkan RIP Fakultas Pertanian, penelitian yang diajukan saat ini sesuai dengan tema RIP Fakultas Pertanian, yaitu tema “Penguatan Ketahanan Pangan”, bahan baku Industri dan Obat berbasis tanaman. Adapun Sub tema penelitian ini dapat digolongkan pada “Tanaman Perkebunan” karena penelitian ini mengkaji penggunaan lahan gambut di Pesisir Selatan, di mana sebagian besar lahan gambut dimanfaatkan untuk pekebunan kelapa sawit. Topik/Aspek Penelitian ini menyoar pada “Kesuburan Tanah dan Media Tumbuh”. Lahan gambut dengan ketebalan <3 meter dan >3 meter akan dapat diketahui dimanfaatkan untuk apa. Lahan gambut dengan ketebalan > 3 m perlu tidak sesuai dengan Keppres No. 32/1990. Lahan tersebut perlu dikaji lagi agar dapat diarahkan sebagai kawasan konservasi. Dengan demikian penelitian ini termasuk pada subtopik “Konservasi Tanah”. Sementara lahan gambut yang dimanfaatkan untuk pengembangan pertanian dan perkebunan perlu dikelola dengan teknologi yang relevan agar menghasilkan produktivitas optimum dan ramah lingkungan.

11. Jurnal ilmiah atau prosiding seminar yang menjadi sasaran (tuliskan nama jurnal ilmiah atau seminar internasional bereputasi terindeks Scopus dan tahun rencana publikasi)

Jurnal Ilmiah yang menjadi sasaran: *Mires and Peat*

Tahun rencana publikasi: 2021

12. Rencana luaran draft HKI, draft buku, prototipe, rekayasa sosial atau luaran lainnya yang ditargetkan, tahun rencana perolehan atau penyelesaiannya.

Dihasilkan artikel yang dipublikasikan ke jurnal internasional “*Mires and Peat* ” bereputasi terindeks Scopus.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR LAMPIRAN

I.	PENDAHULUAN.....	1
	1.1 Latar Belakang.....	1
	1.2 Tujuan Penelitian.....	2
II.	ROADMAP PENELITIAN	3
III.	TINJAUAN PUSTAKA.....	4
	3.1 Lahan gambut Indonesia.....	4
	3.2 Karakteristik Gambut.....	4
IV.	METODE PENELITIAN.....	5
	4.1 Waktu dan tempat.....	5
	4.2 Prosedur Penelitian	6
V.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	7
	5.1 Distribusi lahan gambut tingkat pemetaan semi detail.....	8
	5.2 Kelas penggunaan lahan gambut.....	9
	5.3 Karbon stok lahan gambut pada berbagai penggunaan lahan dan ketebalan gambut.....	10
	5.4 Karakteristik lahan gambut Pesisir Selatan	
	5.4.1 Kadar C-total dan ahan Mineral.....	12
	5.4.2 Bulk Density dan Kadar Air.....	12
	5.3.4 Hubungan C-Total dengan Bulk Density dan Kadar Air.....	13

DAFTAR PUSTAKA

RINGKASAN

Selama tiga dekade terakhir, lahan gambut secara luas dikembangkan untuk perkebunan kelapa sawit dan menjadikan Indonesia sebagai salah satu produsen terbesar minyak sawit dunia. Akan tetapi hal tersebut berimplikasi kepada perubahan penggunaan lahan skala besar dari hutan rawa gambut ke bentuk lain baik pertanian maupun non pertanian. Alih lahan hutan ke bentuk penggunaan lain diperdebatkan dapat mengganggu sekuestrasi karbon tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karbon stok pada berbagai penggunaan lahan dan ketebalan gambut serta hubungannya dengan karakteristik tanah gambut. Penelitian dilaksanakan di lahan gambut Kabupaten Pesisir Selatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total luas lahan gambut pesisir selatan adalah 78.998,74 ha di mana terdapat tambahan satuan lahan gambut dengan luas 1.518,89 ha yang membentang dari Seberang Tarok Nagari Lakitan Timur, Padang Laban sampai ke Sungai Liku. Sekitar 51% lahan gambut pesisir selatan memiliki ketebalan 0-300 cm dengan luas 40.335.99 ha. Sekitar 11.9% dari total luas lahan gambut memiliki ketebalan >600 cm, dimana 6.2% terdapat pada penggunaan lahan hutan. Rata-rata karbon stok gambut pesisir selatan mencapai 3 ribu ton.ha⁻¹. Penggunaan lahan gambut terluas adalah perkebunan sawit (68.42%) dengan cadangan karbon 119 juta ton. Dinamika C-total (karbon tanah) menunjukkan kadar karbon meningkat berdasarkan kedalaman tanah. Semakin tinggi kadar air maka kadar karbon juga semakin tinggi, sedangkan semakin tinggi BD maka kadar karbon semakin rendah.

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki lahan gambut tropis terluas di dunia yaitu sekitar 21 juta ha, tersebar terutama di Sumatera, Kalimantan dan Papua (Wahyunto et al., 2003, 2004, 2007). Sumatera Barat yang memiliki luas wilayah kurang lebih 4.2 juta ha, terdapat 209.234 ha adalah lahan gambut dengan berbagai macam penggunaan lahan. Dari total luasan tersebut, penyebarannya terdapat di sepanjang dataran pantai Barat, dan yang terluas terdapat di Kabupaten Pesisir Selatan yaitu, 95 ribu ha (45.1 %), Pasaman 82 ribu ha (39.2 %). Kemudian diikuti dengan luas yang lebih sempit di Kabupaten Agam 17 ribu ha (8.2 %), Padang Pariaman 11 ribu ha (5.5 %), dan Kota Padang sekitar 4 ribu ha (2.0 %) (Wahyunto et al., 2004).

Pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian dan perkebunan berkembang pesat sejak tahun 1970an, seiring dengan perencanaan pemerintah membuka lahan rawa pasang surut seluas 5,25 juta ha untuk mendukung program transmigrasi dan peningkatan produksi padi

nasional. Selain itu pemanfaatan lahan gambut juga secara luas dimanfaatkan untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit dan hutan tanaman industri. Selama tiga dekade terakhir, lahan gambut secara luas dikembangkan untuk perkebunan kelapa sawit dan menjadikan Indonesia sebagai salah satu produsen terbesar minyak sawit dunia. Akan tetapi hal tersebut berimplikasi kepada perubahan penggunaan lahan skala besar dari hutan rawa gambut ke bentuk lain baik pertanian, dan non pertanian. Pengelolaan lahan gambut berkelanjutan perlu dilakukan agar dapat secara berkelanjutan. Sampai saat ini informasi berapa luas lahan gambut yang telah dimanfaatkan untuk penggunaan pertanian maupun non pertanian masih belum tersedia sehingga diperlukan data perubahan penggunaan lahan gambut.

Perubahan penggunaan lahan dan pengembangan lahan gambut ke bentuk lain berlangsung bertahap. Banyak penelitian menyatakan bahwa gambut yang telah dikonversi ke penggunaan pertanian atau penggunaan lain menyebabkan penurunan jumlah karbon stok yang diakibatkan oleh interaksi beberapa faktor di antaranya, percepatan laju dekomposisi gambut akibat penurunan muka air gambut, subsidensi, emisi karbon dari gambut yang dikeringkan untuk pertanian. Akan tetapi seberapa besar jumlah karbon stok di gambut pesisir selatan dan apakah perubahan gambut tersebut menyebabkan menurunnya atau tidak jumlah karbon lahan gambut masih baelum dapat dibuktikan. Oleh sebab itu penelitian tentang dinamika karbon stok gambut perlu dikaji lebih dalam untuk mendapatkan informasi yang lebih tepat.

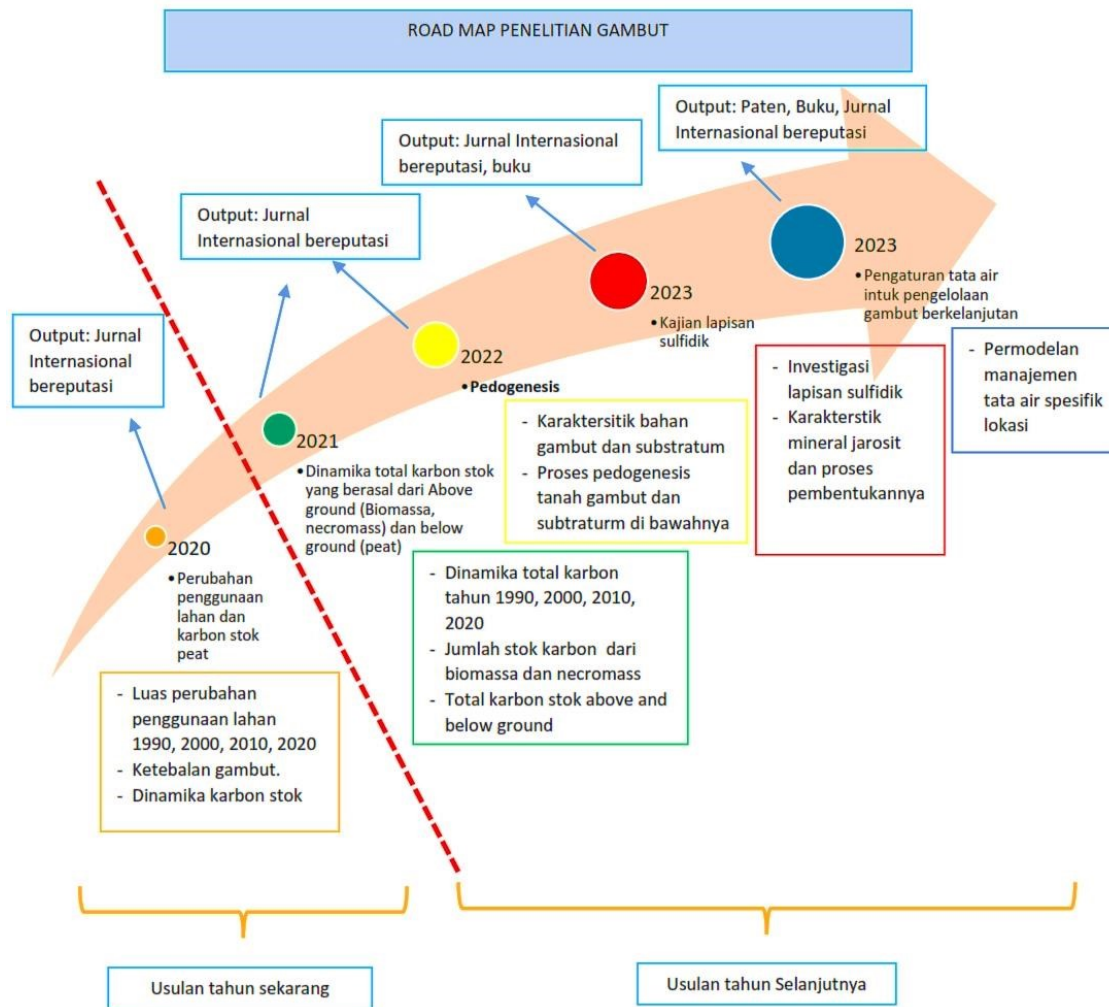
1.2. Tujuan

Berdasarkan latar belakang di atas, akan dilakukan penelitian dengan tujuan untuk

1. Untuk menganalisis konversi lahan gambut menjadi penggunaan lain dalam pada periode 1990, 2000, 2010, dan 2020
2. Menganalisis ketebalan gambut pada berbagai penggunaan lahan dalam pada periode 1990, 2000, 2020, dan 2020
3. Memprediksi perubahan karbon stok lahan gambut (underground carbon) pada berbagai ketebalan dan penggunaan lahan pada periode 1990, 2000, 2020, dan 2020.

BAB II ROADMAP PENELITIAN

Penelitian “Historis perubahan penggunaan lahan dan dinamika karbon stok lahan gambut Pesisir Selatan, Sumatera Barat” merupakan salah satu bagian penelitian yang disusun untuk menunjang rangkaian penelitian dalam kurun waktu 5 tahun (Gambar 1).



Gambar 1. Roadmap penelitian jangka menengah lahan gambut.

Penelitian yang diajukan saat ini sesuai dengan tema RIP Fakultas Pertanian, yaitu tema “Penguatan Ketahanan Pangan”, bahan baku Industri dan Obat berbasis tanaman. Adapun Sub tema penelitian ini dapat digolongkan pada “Tanaman Perkebunan” karena penelitian ini mengkaji penggunaan lahan gambut di Pesisir Selatan, di mana sebagian besar lahan gambut dimanfaatkan untuk pekebunan kelapa sawit. Topik/Aspek Penelitian ini menasar pada “Kesuburan Tanah dan Media Tumbuh”. Lahan gambut dengan ketebalan <3 meter dan >3 meter akan dapat diketahui dimanfaatkan untuk apa. Lahan gambut dengan ketebalan > 3 m perlu tidak sesuai dengan Keppres No. 32/1990. Lahan tersebut perlu dikaji lagi agar dapat diarahkan sebagai kawasan konservasi. Dengan demikian penelitian ini termasuk pada

subtopik “Konservasi Tanah”. Sementara lahan gambut yang dimanfaatkan untuk pengembangan pertanian dan perkebunan perlu dikelola dengan teknologi yang relevan agar menghasilkan produktivitas optimum dan ramah lingkungan.

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Lahan Gambut Indonesia

Berdasarkan interpretasi citra satelit, Indonesia memiliki lahan gambut tropis terluas di dunia yaitu sekitar 21 juta ha, tersebar terutama di Sumatera, Kalimantan dan Papua (Wahyunto et al., 2004., 2009). Walaupun secara fisik terlihat hampir sama, namun sejatinya gambut memiliki variabilitas sangat tinggi baik dari segi ketebalan, kematangan maupun kesuburannya. Oleh karenanya, tidak semua lahan gambut layak untuk pertanian karena berbagai kendala fisik dan kimia. Dari 18,3 juta ha lahan gambut, hanya sekitar 6 juta ha yang layak bersyarat untuk pertanian

Dari areal yang dibuka ini, di samping ada yang berhasil secara lestari, namun banyak juga yang menjadi lahan terlantar dan rusak. Kecenderungan perluasan pemanfaatan lahan gambut sangat signifikan terjadi di beberapa provinsi yang memiliki areal gambut yang luas, seperti Riau, Jambi, Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah. Hasil penelitian dari WWF (2008) menunjukkan laju deforestasi hutan gambut di Riau yang sangat tinggi, yaitu dari 50 ribu ha pada tahun 1982-1988 menjadi 180 ribu ha pada tahun 2005-2006. Deforestasi hutan gambut dalam skala luas yang mengakibatkan kerusakan lahan telah terjadi di Kalimantan Tengah pada proyek Pengembangan Lahan Gambut (PLG) dicanangkan pemerintah pada pertengahan tahun sembilan puluhan.

3.1 Karakteristik Gambut

Gambut terbentuk di lingkungan yang jenuh air sehingga kadar air tanah gambut di lapangan berkisar antara 100 – 1300 persen dari berat kering gambut (Mutalib et al., 1991). Artinya bahwa gambut mampu menyerap air sampai 13 kali dari bobotnya. Karena kadar air yang tinggi, maka secara fisik tanah menjadi lembek dan dayanya menahan beban (bearing capacity) menjadi rendah (Nugroho et al., 1997; Widjaja, 1997) serta berat volume (BD)-nya rendah. BD tanah gambut lapisan atas bervariasi antara 0,1 sampai 0,3 g/cm³ tergantung pada tingkat dekomposisi gambut dan kadar mineral.

Gambut fibrik (gambut yang tidak matang) yang umumnya berada di lapisan bawah memiliki BD lebih rendah dari 0,2 g/cm³, tapi gambut pantai dan gambut di jalur aliran sungai yang mendapat pengayaan mineral, bisa memiliki BD > 0,2 g/cm³ (Tie and Lim, 1991; Agus et al., 2010). Volume gambut akan menyusut bila lahan gambut didrainase, sehingga terjadi penurunan permukaan tanah (subsiden). Selain karena penyusutan volume, subsiden juga disebabkan oleh adanya proses dekomposisi dan erosi. Dalam 2 tahun pertama setelah lahan gambut didrainase, laju subsiden bisa mencapai 50 cm. Pada tahun berikutnya laju subsiden sekitar 2 – 6 cm per tahun tergantung kematangan gambut dan kedalaman saluran drainase.

Adanya subsiden bisa dilihat dari akar pohon yang muncul dan menggantung di atas permukaan tanah. Gambut memiliki sifat mengering tidak balik. Gambut yang telah sangat mengering tidak bisa menyerap air lagi kalau diberi air (hidrofobik). Gambut yang mengering ini sifatnya sama dengan kayu kering yang mudah hanyut dibawa aliran air dan mudah terbakar serta tidak berfungsi sebagai tanah (Widjaja, 1988).

Gambut mengandung asam-asam organik yang tinggi sehingga tingkat kemasamannya tergolong tinggi dengan nilai pH berkisar antara 3 - 5. Gambut pedalaman yang oligotropik dan memiliki substratum pasir kuarsa di Berengbengkel Kalimantan Tengah atau di Sepucuk Sumatera Selatan memiliki kisaran pH 3,25 – 3,75 (Halim, 1987; Salampak, 1999; Subiksa et al., 2009). Sementara itu gambut peralihan di sekitar Air Sugihan Kiri Sumatera Selatan memiliki kisaran pH H₂O yang lebih tinggi yaitu antara 4,1 sampai 4,3 (Hartatik et al., 2004).

Gambut di Indonesia memiliki kandungan kation basa-basa seperti Ca, Mg, K, dan Na umumnya sangat rendah terutama pada gambut tebal karena termasuk gambut oligotropik. Semakin tebal gambut, basa-basa semakin rendah dan reaksi tanah menjadi semakin masam (Driessen dan Soepraptohardjo, 1976). Di sisi lain kapasitas tukar kation (KTK) gambut tergolong tinggi, sehingga kejenuhan basa (KB) menjadi sangat rendah. Tim Institut Pertanian Bogor, 1974 melaporkan, tanah gambut pedalaman di Kalamangan Kalimantan Tengah mempunyai nilai KB kurang dari 10 persen, demikian juga gambut di pantai Timur Riau (Suhardjo dan Widjaja-Adhi, 1976).

Untuk mengurangi pengaruh buruk asam-asam organik beracun dapat dilakukan dengan menambahkan bahan-bahan yang banyak mengandung kation polivalen seperti Fe, Al, Cu dan Zn. Kation-kation tersebut membentuk ikatan koordinasi dengan ligan organik membentuk senyawa kompleks/khelat. Oleh karenanya bahan-bahan yang mengandung kation tersebut bisa dimanfaatkan sebagai bahan amelioran (Supiandi et al., 1997; Saragih, 1996)

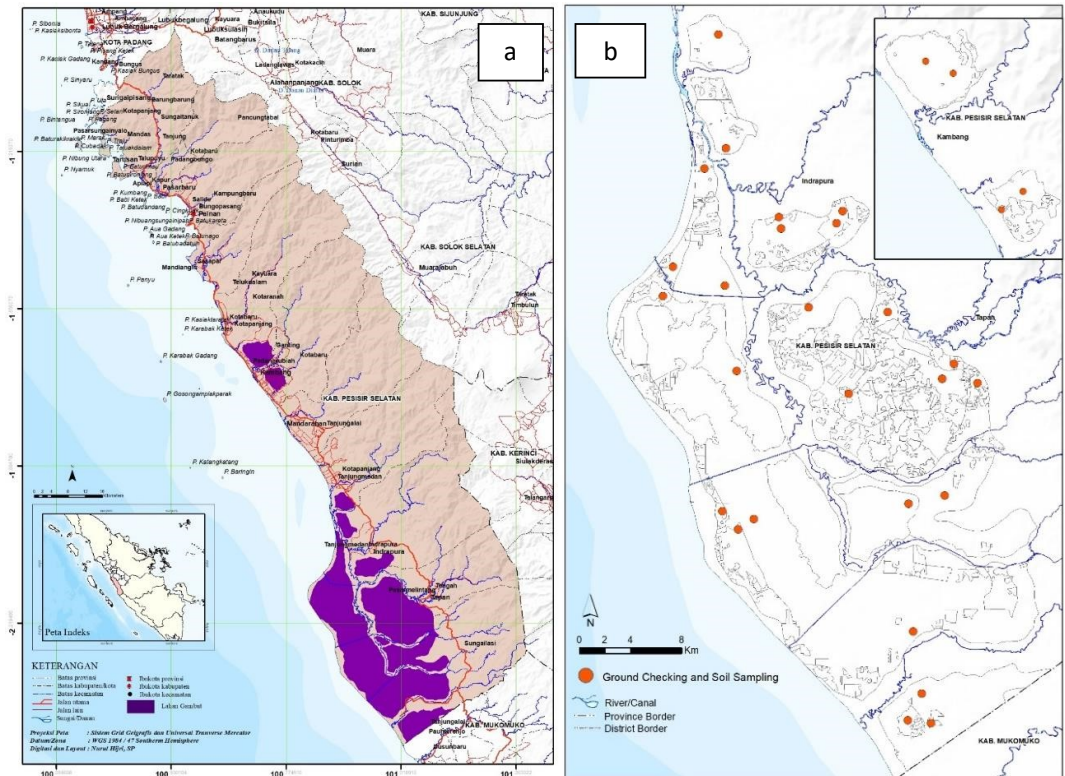
Sesuai dengan Keppres No. 32/1990 gambut dengan ketebalan >3 m diperuntukkan buat kawasan konservasi. Selanjutnya Permentan No. 14/2009 mengatur pemanfaatan lahan gambut untuk perkebunan, khususnya kelapa sawit. Menurut Djaenuddin (2003) lahan dengan ketebalan gambut antara 0-3 m sesuai marginal untuk beberapa tanaman tahunan seperti karet dan kelapa sawit. Hal ini disebabkan karena makin tebal lapisan gambut maka gambut tersebut semakin rapuh (fragile). Dengan mempertahankannya sebagai kawasan konservasi maka fungsinya sebagai penyangga hidrologi tetap terjaga. Lebih lanjut Departemen Pertanian merekomendasikan untuk tanaman pangan dan hortikultura diarahkan pada gambut dangkal (< 100 cm) dan untuk tanaman tahunan dapat diusahakan pada gambut dengan ketebalan 2 – 3 m (Sabiham et al., 2008). Dasar pertimbangannya adalah gambut dangkal memiliki tingkat kesuburan relatif lebih tinggi dan risiko lingkungan lebih rendah dibandingkan gambut dalam.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Jurusan Tanah, Universitas Andalas, Padang, dari bulan Juni – November 2020. Penelitian diawali dengan mengumpulkan data sekunder dan

dilanjutkan tahap verifikasi pengolahan data spasial dan pengambilan sampel tanah di lapangan. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Menurut Wahyunto (2004) lahan gambut di Kabupaten Pesisir Selatan merupakan yang terluas di Sumatera Barat dengan luas sekitar 95 ribu ha (45.1%). Sebagian besar substratum lahan gambut di Pesisir berasal dari bahan induk aluvium.



Gambar 2. a.Peta lahan Gambut Pesisir Selatan (BBSDLP, 2013); b. Titik peangamatan tanah dan pengambilan sampel

4.2 Prosedur Penelitian

4.2.1 Pengolahan data spasial

Penelitian dilaksanakan di lahan gambut terluas di Sumatera Barat yaitu di Kabupaten Pesisir Selatan. Data sekunder yang digunakan berupa data distribusi dan ketebalan lahan gambut peta satuan lahan dan tanah Lembar Painan 0814 dan lembar 0813 (Puslitanak 1990), peta Lahan Gambut Terdegradasi Sumatera Barat (BBSDLP, 2013), data Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) dan data dari hasil analisis citra landsat untuk mendapatkan data penggunaan lahan tahun 1990, 2000, 2010, dan 2020. Data hasil analisis citra diperoleh dari USGS (United States Geological Survey, <https://earthexplorer.usgs.gov/>). Data citra pada tahun yang dipilih diambil dengan tutupan awan maksiman 20% untuk menghindari distorsi data.

Pengolahan data citra landsat untuk analisis penggunaan lahan diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS® 10.8. dengan metode *on-screen analysis*, baik dengan pendekatan *supervised* maupun *unsupervised*. Interpretasi visual vegetasi tanaman menggunakan

kombinasi band 6-5-4 (band 6 SWIR 1 = 1.57-1.65 μm , band 5 NIR = 0.85 – 0.88 μm , dan band 4 red = 0.64-0.67 μm dan untuk tampilan warna alami menggunakan band 4-3-2 (band 4 red = 0.64-0.67 μm , band 3 green = 0.53 – 0.59 μm , dan band 2 blue = 0.45-0.51 μm)

Penggunaan lahan yang telah diidentifikasi dan digambarkan menggunakan citra landsat dibatasi secara spasial sesuai batas area lahan gambut penelitian di Pesisir Selatan. Kemudian data tersebut diintersekan dengan data distribusi dan ketebalan gambut untuk memperoleh informasi ketebalan gambut dengan penggunaan lahan tertentu. Proses ini dilakukan untuk semua tahun pengamatan (1990, 2000, 2010, dan 2020). Setiap data dilakukan analisis matrik menggunakan Microsoft Office Excel 2010. Setelah dilakukan pengolahan data sekunder, peninjauan di lapangan dilakukan untuk memvalidasi batas penggunaan lahan hasil pengolahan citra, dan data distribusi dan ketebalan gambut tersebut. Pengamatan ditekankan pada pengecekan atau pengamatan landform dari hasil interpretasi citra, termasuk mengamati sifat-sifat tanah gambut dan penyebarannya pada setiap komponen geomorfik. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data yang akurat.

4.2.2 Pengamatan tanah

Penentuan titik pengamatan tanah dilakukan melalui pendakatan transek (Agus et al 2011). Dasar penentuan titik sampel Pengamatan tanah dilakukan di setiap penggunaan lahan dan setiap ketebalan gambut. Terdapat 2 jenis sampel tanah yang diambil, yaitu sampel tanah utuh dan sampel tanah terganggu. Pedoman pengamatan tanah dan pengambilan sampel tanah mangacu pada Schoeneberger et al. (2012), Agus et.al (2011). Semua sampel tanah dipreparasi dan di analisis di laboratorium.

4.2.3 Analisis karakteristik tanah dan perhitungan karbon stok

Sampel tanah yang telah dipreparasi dilakukan analisis karakteristik tanah, antara lain: Analisis fisika tanah berupa: kadar serat untuk menentukan tingkat kematangan (fibrik, hemic, dan sapric) berdasarkan metode Soil Survey Staff (2014), Bulk Density dan Kadar Air (Gardner 1986). Analisis kimia tanah antara lain pH tanah menggunakan metode elektroda glass pH meter, EC menggunakan konduktometer dengan sel platina berdasarkan Soil Survey Staff (2014). Analisis C-Organik dan kadar abu menggunakan metode LOI (Loss of Ignition) mengacu pada Balai Penelitian Tanah (2009), pengamatan tanah di lapangan meliputi ketebalan lapisan tanah, kematangan gambut, warna lapisan, ketebalan gambut, dan muka air tanah.

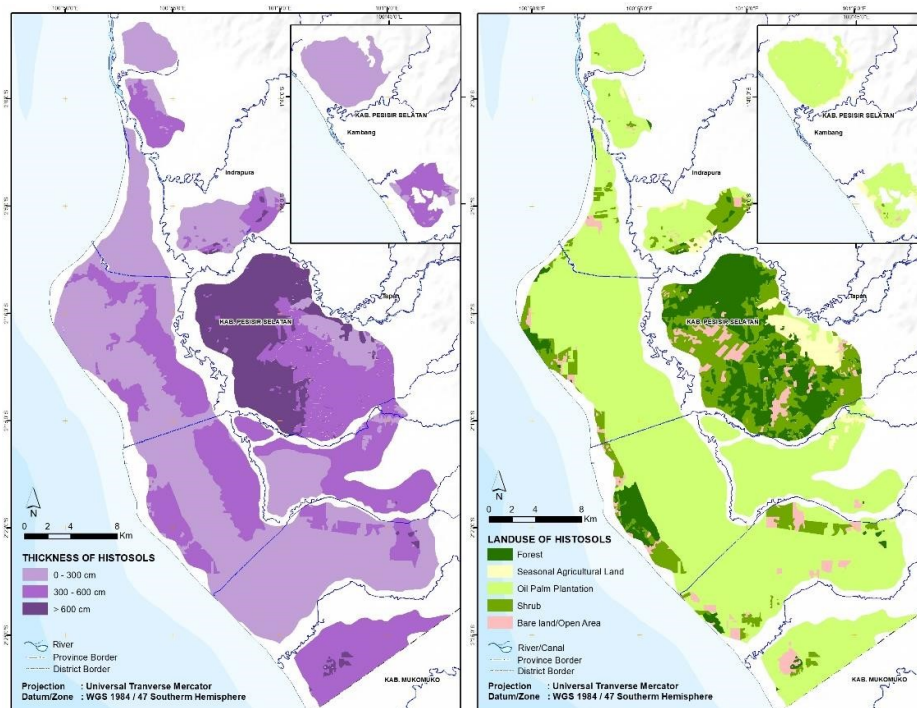
Pada dasarnya, karbon stok suatu lahan terdiri dari above ground karbon stok (biomass, necromass) dan below ground carbon stok (tanah gambut). Pada penelitian ini, karbon stok yang dihitung adalah below ground carbons stok berdasarkan kedalaman gambut dengan penggunaan lahan tertentu setiap periode 1990, 2000, 2010, 2020.

Pendugaan karbon stok tanah 1 ha pada kedalaman tertentu mengacu pada Agus et.al (2011), dengan cara: volume tanah 1 ha pada kedalaman tertentu dikalikan dengan nilai BD untuk mendapatkan bobot tanah 1 ha. Kemudian nilai bobot tanah yang didapat dikali dengan persentase nilai C-organik tanah. Untuk menduga karbon stok pada luas x dengan kedalaman yang sama dengan 1 ha di atas dilakukan dilakukan dengan cara: luas x dibagi luas 1 ha dikali bobot karbon stok 1 ha.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Distribusi lahan gambut tingkat pemetaan semi detail

Berdasarkan hasil analisis citra satelit, interpretasi data kontur, pengamatan lapangan, dan analisis laboratorium diperoleh data peta lahan gambut menurut ketebalan dan peta penggunaan lahan gambut Pesisir Selatan (Gambar 3). Tabel 2 memperlihatkan bahwa total luas lahan gambut Pesisir Selatan adalah 78.998,74 ha. Lahan gambut di Pesisir Selatan terdapat paling luas di bagian selatan kabupaten mulai dari Inderapura, Muara Sakai, Tapan, Lunang, sampai ke Silaut, dan sebagian kecil terdapat di beberapa areal di Kambang Utara, dan di Lakitan Timur yang membentang ke Padang Laban sampai ke Sungai Liku. Data total luas lahan tersebut (78.998.74 ha) berbeda dengan Peta Satuan Lahan dan Tanah lembar 0814 dan 0813 (Puslittanak, 1990) yaitu 86.567,83 ha. Luas lahan hasil penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan data Puslittanak (1990) disebabkan pada kondisi saat ini terdapat beberapa satuan lahan di peta Puslitanak (1990) tidak memiliki lapisan gambut di atas permukaannya dan juga tidak memenuhi kriteria klasifikasi tanah Histosols. Oleh sebab itu, satuan lahan tersebut tidak dimasukkan lagi ke dalam hasil penelitian dan peta terbaru saat ini. Satuan lahan tersebut terdapat di beberapa areal di Kampung Limau Manih Nagari Lakitan Timur, Lakitan Utara, dan Kambang Barat, Indera Pura, Muaro Sakai dan Lunang.



Gambar 3. Peta lahan gambut (kiri) menurut ketebalan dan peta penggunaan lahan gambut (kanan) di Pesisir Selatan

Jika dibandingkan dengan data Peta Lahan Gambut Terdegradasi (BBSDLP, 2013), luas lahan gambut Pesisir Selatan terhitung 79.538,88 ha. Luas tersebut hampir sama dengan penelitian ini, namun terdapat perbedaan di antaranya satuan lahan gambut pada peta BBSDLP (2013) di beberapa areal di Nagari Lakitan Timur, Lakitan Utara, dan Kambang Barat masih dimasukkan ke dalam peta, sedangkan pada penelitian ini (Gambar 3) tidak dimasukkan ke dalam peta karena berdasarkan hasil pengamatan, lahan tersebut tidak memiliki lapisan gambut pada horizon permukaannya dan juga tidak memenuhi kriteria histosols.

Perbedaan signifikan peta lahan gambut hasil penelitian ini (Gambar 3) dibandingkan dengan peta Puslittanak (1990) dan BBSDLP (2013) adalah terdapatnya tambahan satuan lahan gambut yang membentang di Seberang Tarok Nagari Lakitan Selatan, Padang Laban, sampai ke Sungai Liku, yang terletak di antara posisi 100°45'0.5"BT, -1°43'4.1"LS sampai 100°48'15"BT, -1°43'4.1"LS dan 100°45'0.5"BT, -1°46'7.4"LS sampai 100°48'15"BT, -1°46'7.4"LS. Areal tersebut memiliki ketebalan lapisan gambut bervariasi 40-500 cm BV 0.11-0.32 g.cm⁻³, C-Organik mencapai 50,3% sehingga memenuhi kriteria epipedon Histik untuk klasifikasi Histosols (Soil Survey Staff, 2014). Lahan tersebut diestimasi memiliki luas 1.518,89 ha.

Berdasarkan ketebalannya, penelitian ini membagi ketebalan gambut menjadi tiga kelas yaitu, 0-300 cm, 300-600, dan >600 cm. Sebagian besar lahan gambut Pesisir Selatan memiliki ketebalan gambut 0-300 cm dengan luas 40.335.99 ha (51%), ketebalan 300-600 cm seluas 29.237,68 (37%), dan ketebalan >600 cm atau kubah gambut seluas 9.426,06 ha (11.9%). Berdasarkan interpretasi citra topografi, gambut kedalaman >600 cm (kubah gambut) ditunjukkan dengan garis kontur melingkar di satuan lahan.

5.2 Kelas penggunaan lahan gambut

Berdasarkan hasil interpretasi citra dan pengamatan di lapangan, penggunaan lahan gambut Pesisir Selatan dapat dikelompokkan menjadi empat kelas penggunaan lahan, yaitu: Hutan, Semak Belukar, Perkebunan Sawit, Lahan Pertanian Semusim dan Lahan Terbuka (Tabel 1).

Tabel 1. Kelas penggunaan lahan gambut Pesisir Selatan

No	Kelas	Keterangan
1	Hutan	Hutan primer dan hutan sekunder. Hutan ini masih belum terganggu aktivitas manusia
2	Semak Belukar	Lahan hutan yang telah dibuka tetapi tidak diolah sehingga tumbuh berbagai jenis vegetasi dengan tinggi 1-3 meter
3	Perkebunan Sawit	Semua lahan perkebunan sawit yang dimiliki oleh petani dan perusahaan perkebunan.
4	Lahan Pertanian Semusim	Lahan sawah, jagung, dan tanaman pangan lainnya. Lahan ini juga termasuk juga berbagai tanaman semusim lainnya yang dibudidayakan di lahan gambut. Umumnya lahan diolah dengan tingkat pengolahan semi intensif - intensif
5	Lahan Terbuka	Lahan ini memiliki tutupan vegetasi 0-20%.

Tabel 2 memperlihatkan bahwa luas areal lahan gambut di Pesisir Selatan terhitung 78,998.74 ha. Sebagian besar lahan dimanfaatkan untuk perkebunan sawit (68.42%) dan paling sedikit digunakan untuk pertanian semusim (3.19%). Kegiatan pertanian semusim pada lahan gambut diusahakan pada gambut ketebalan 0-300 cm. Jenis tanaman yang dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan budidaya pertanian di antaranya tanaman pangan dan sebagian kecil tanaman palawija.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa pengembangan perkebunan sawit umumnya terdapat di lahan gambut dengan ketebalan 0-300 cm dengan luas 34.564,21 ha (64%), dan juga terdapat sebagian kecil gambut dengan ketebalan >600 cm, seluas 257.43 ha atau 0.47%. Lahan tersebut dimanfaatkan oleh masyarakat dan perusahaan perkebunan. Pengembangan kawasan perkebunan sawit di Pesisir Selatan dimulai di awal tahun 1990 setelah dikeluarkannya Kepres No.32 tahun 1990 tentang pengawasan lindung. Sebagian besar lahan perkebunan sawit diusahakan pada lahan gambut.

Sektor perkebunan sangat membantu perekonomian masyarakat, namun fungsi hutan sebagai kawasan konservasi di lahan gambut juga perlu dipertahankan terutama kawasan hutan pada lahan gambut dengan ketebalan >300 cm. Tabel 2 memperlihatkan bahwa kawasan hutan pada lahan gambut sekitar 8.743,53 ha atau 11.06% dari total penggunaan lahan gambut. Sebanyak 6.2% dari 11.9% gambut dengan ketebalan >600 cm terdapat di lahan hutan. Sebaran ketebalan gambut tersebut perlu menjadi perhatian dalam memanfaatkan lahan gambut agar tetap mempertahankan fungsi kawasan hutan terutama pada lahan gambut dengan ketebalan >300 cm.

5.3 Karbon stok lahan gambut pada berbagai penggunaan lahan dan ketebalan gambut

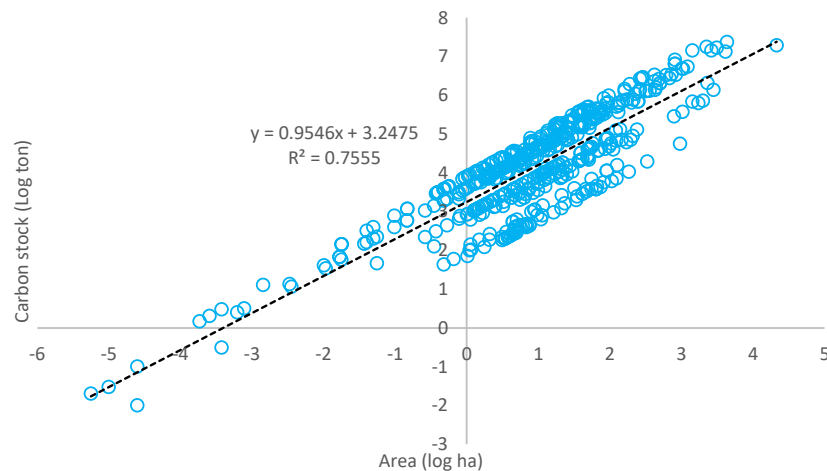
Hasil analisis karbon stok lahan gambut pada berbagai areal penggunaan lahan dan ketebalan gambut disajikan pada Tabel 2. Total karbon stok lahan gambut Pesisir Selatan mencapai 244 juta ton dengan nilai rata-rata cadangan karbon 3.090,89 per ha. Jumlah karbon stok tertinggi terdapat pada penggunaan lahan perkebunan sawit sebesar 119 juta ton. Nilai tersebut mencapai 49% dari total karbon stok lahan gambut Pesisir Selatan, sedangkan nilai karbon stok terendah terdapat pada penggunaan lahan pertanian 178 ribu ton (0.07%). Nilai karbon stok tersebut tidak mencerminkan bahwa lahan pertanian menyebabkan karbon stok gambut menjadi rendah. Tingginya karbon stok pada penggunaan lahan perkebunan sawit disebabkan areal lahan perkebunan sawit juga paling luas dan sebaliknya dengan luas lahan pertanian.

Hubungan linear total karbon stok dengan luas lahan gambut dapat dilihat pada Gambar 2 dengan nilai $r^2 = 0.755$. Gambar 4 tersebut mengindikasikan lahan gambut memiliki daya simpan karbon yang tinggi. Pada luas area lahan dan ketebalan gambut yang sama maka nilai karbon stok tergantung pada karakteristik gambut, terutama persentase C-Total dan BV tanah (Adhikari, 2019; Keller and Hakansson 2010).

Tabel 2. Karbon stok berdasarkan penggunaan lahan dan ketebalan gambut di Pesisir Selatan

Land Use/ Soil Depth	Area (ha)	Carbon Stock (ton)	Rerata Carbon Stock (ton.ha ⁻¹)
GH	8,734.53	55,778,796.40	6,386.01
1 (0-300 cm)	408.82	250,015.08	611.56
2 (>300-600 cm)	3,425.64	16,399,802.27	4,787.37
3 (>600 cm)	4,900.08	39,128,979.05	7,985.38
GS	10,677.55	61,274,984.79	5,738.68
1 (0-300 cm)	1,279.09	787,748.53	615.87
2 (>300-600 cm)	5,638.81	22,453,002.91	3,981.87
3 (>600 cm)	3,759.65	38,034,233.35	10,116.44
GLp	2,526.28	178,300.66	70.58
1 (0-300 cm)	2,526.28	178,300.66	70.58
GPs	54,054.17	119,875,065.10	2,217.68
1 (0-300 cm)	34,564.21	25,991,564.92	751.98
2 (>300-600 cm)	19,232.53	91,554,530.60	4,760.40
3 (>600 cm)	257.43	2,328,969.58	9,047.12
GT	3,006.21	7,069,523.15	2,351.64
1 (0-300 cm)	1,557.60	897,914.93	576.47
2 (>300-600 cm)	940.70	2,632,746.94	2,798.71
3 (>600 cm)	507.92	3,538,861.28	6,967.41
Total	78,998.74	244,176,670.10	3,090.89

Tabel 2 juga menunjukkan nilai karbon stok pada berbagai kedalaman tanah. Perbandingan karbon stok pada kedalaman yang sama dengan penggunaan lahan gambut yang berbeda menunjukkan bahwa nilai rata-rata karbon relatif hampir berdekatan, sedangkan nilai rata-rata karbon stok antar kedalaman menunjukkan nilai yang berbeda. Perbedaan nilai tersebut disebabkan perhitungan karbon dimulai dari permukaan tanah sampai batas ditemukan lapisan substratum mineral.

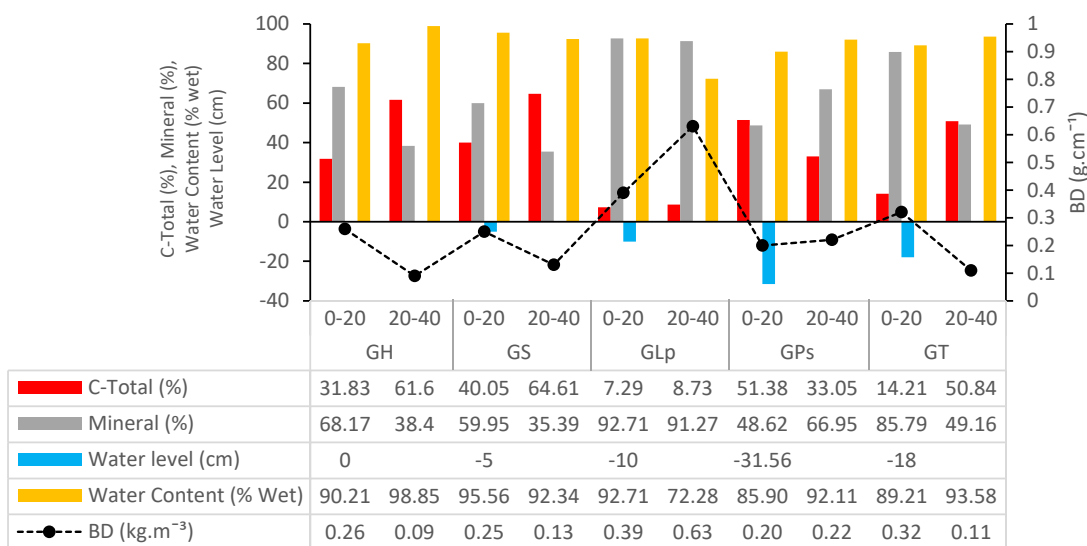


Gambar 4. Hubungan karbon stok dengan luas lahan gambut

5.4 Karakteristik lahan Gambut Pesisir Selatan

5.4.1 Kadar C-total dan Bahan Mineral

Gambar 3 menampilkan beberapa karakteristik lahan gambut Pesisir Selatan. Dinamika nilai C-total menunjukkan bahwa rata-rata persentase C-total lebih rendah di bagian permukaan tanah gambut 0-20 cm dibandingkan C-Total pada lapisan tanah di bawahnya 20-40 cm. Dinamika tersebut sesuai dengan penelitian Harianti (2018). Hal ini mengindikasikan kadar abu/mineral pada lapisan permukaan tanah lebih tinggi dari lapisan bawah tanah.



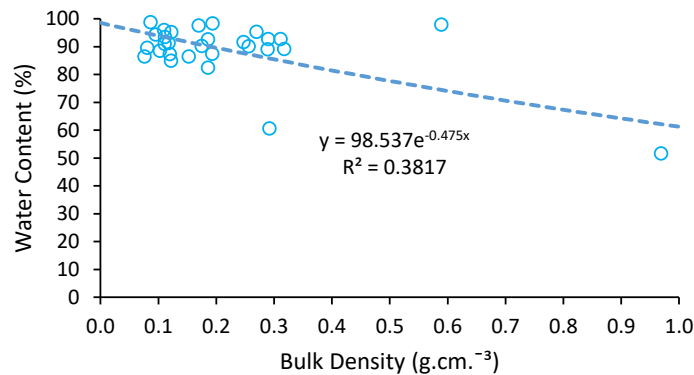
Gambar 5. Karakteristik lahan gambut Pesisir Selatan berdasarkan penggunaan lahan

Nilai C-Total lebih tinggi di lapisan bawah tanah gambut dapat dijelaskan bahwa pada lapisan tersebut tanah gambut didominasi oleh bahan fibrik dan hemik. Bahan tersebut belum terdekomposisi sempurna sehingga memiliki kadar karbon yang tinggi. Proses dekomposisi tersebut semakin melambat karena tanah dalam keadaan jenuh air/anaerob. Hal ini dapat dilihat dari ketinggian muka air tanah (Gambar 5) tergolong dangkal. Pada tanah dengan muka air tanah dangkal, maka lapisan tanah jenuh dengan air. Hubungan antara C-Total dengan kadar air tanah disajikan pada Gambar 8. Akibat kondisi tersebut, bahan organik secara kontinu terakumulasi ke lapisan bawah tanah sehingga meningkatkan kadar karbon lapisan bawah tanah. Sebaliknya pada lapisan permukaan tanah C-total lebih rendah. Hal ini disebabkan lapisan permukaan tanah didominasi oleh bahan saprik. Bahan tersebut sudah mengalami dekomposisi karena berada pada kondisi aerob karena berada di atas lapisan muka air tanah. Hasil proses dekomposisi tersebut akan menurunkan kadar karbon. Akibatnya persentase mineral menjadi meningkat.

5.4.2 Bulk Density dan Kadar Air

Nilai bulk density (BD) lahan gambut pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa nilai BD cenderung lebih rendah pada lapisan bawah tanah (20-40 cm) dibandingkan pada lapisan di atasnya (0-20). Pola tersebut berbeda pada tanah mineral tropis yang cenderung memiliki nilai BD lebih tinggi di lapisan bawah permukaan tanah sebagai akibat iluviasi klei. Sementara pada

lahan gambut, nilai BD lebih rendah pada lapisan bawah tanah berkaitan dengan semakin tingginya kadar air pada lapisan tersebut ($r^2=0.3817$, Gambar 6). Pada tanah dengan BD rendah, sebagian besar volume tanah didominasi oleh ruang pori. Pori tersebut dapat diisi air atau udara. Sementara pada lahan gambut, muka air tanah dangkal sehingga pori tanah diisi oleh air. Pori tanah gambut dapat menyimpan air dalam jumlah banyak. Kemampuan tanah gambut dalam menyimpan air dapat dilihat dari nilai kadar air tanah kondisi lapangan mencapai 72.28 – 98.85 % (Gambar 5).



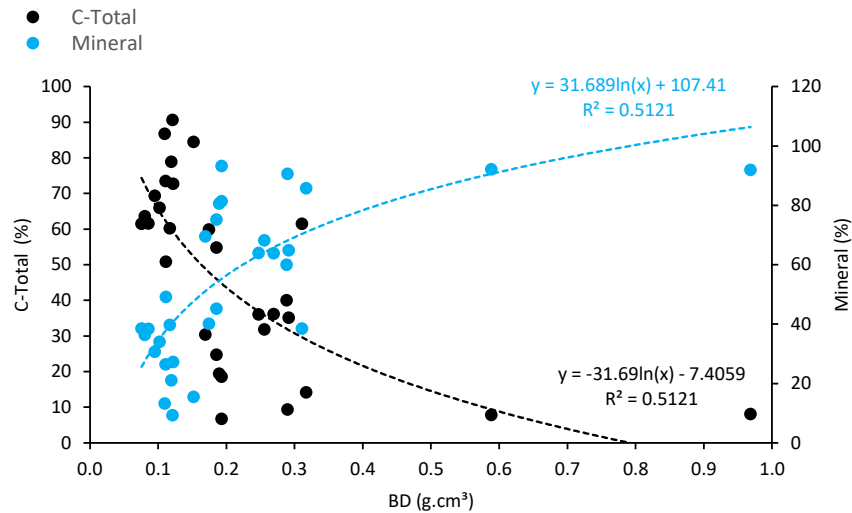
Gambar 6. Hubungan bulk density dengan Kadar Air Tanah Gambut

Catatan: kadar air dihitung berdasarkan berat basah

Berbeda dari penggunaan lahan lainnya, nilai BD pada lahan pertanian menunjukkan nilai lebih tinggi pada lapisan bawah tanah 20-40 cm dengan rata-rata nilai BD 0.63 g.cm^{-3} . Nilai tersebut mendekati nilai BD tanah mineral pada umumnya. Hal ini disebabkan sebagian besar areal pertanian pada lahan gambut memiliki ketebalan gambut dangkal 20-40 cm. Aktivitas budidaya pertanian intensif di lahan pertanian diprediksi menyebabkan terjadinya pencampuran bahan gambut dengan tanah mineral di lapisan tersebut sehingga BD menjadi lebih tinggi. Hal ini diperkuat dari nilai rata-rata kadar abu/mineral pada lahan pertanian 20-40 mencapai 91.27% dan hanya mengandung C-Total 8.73% (Gambar 5).

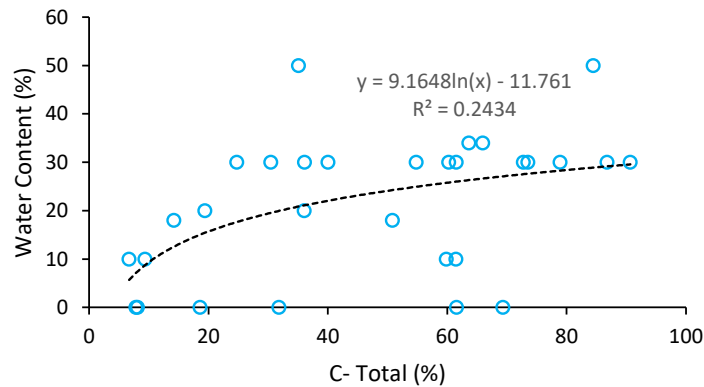
5. 4.3 Hubungan C Total dengan Bulk Density dan Kadar Air

Gambar 7 memperlihatkan hubungan bulk density dengan C-Total dan kadar abu/mineral. Grafik tersebut menunjukkan semakin tinggi BD maka kadar C-total semakin rendah, demikian juga sebaliknya. Tanah yang memiliki BD tinggi mengindikasikan sebagian besar volume tanah diisi oleh bahan padat mineral. Akibat dekomposisi, gambut mengalami pengurangan volume atau pemampatan (subsiden), sehingga meskipun kandungan gambut per satuan volume meningkat, namun karena total volume gambut berkurang maka simpanan karbon secara total juga berkurang. Hal ini mengakibatkan volume kadar bahan organik pada suatu tanah menjadi berkurang sehingga kadar C-total menjadi rendah. Selain itu juga menjadi penentu bahwa pada umumnya bahan mineral memiliki $\text{BD} > 0.8 \text{ g.cm}^{-3}$. Bila sebagian besar volume tanah ditempati oleh bahan mineral maka BD tanah menjadi tinggi dan kadar C-total menjadi rendah.



Gambar 7. Hubungan Bulk Density dengan Total Carbon dan Kadar Mineral pada lahan Gambut Pesisir Selatan

Gambar 8 memperlihatkan hubungan C-Total dengan kadar air tanah ($r^2=0.2434$). C-total semakin tinggi dengan meningkatnya kadar air tanah. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada kondisi tanah jenuh air, suasana lingkungan tanah menjadi anaerob. Kondisi tersebut akan menurunkan laju oksidasi dan mengurangi aktivitas mikroba pengurai bahan gambut sehingga laju oksidasi dan dekomposisi gambut menjadi lambat. Bila kondisi tersebut terus menerus maka bahan organik yang telah mati akan terakumulasi dan lapisan gambut menjadi tebal sehingga karbon tanah menjadi meningkat.



Gambar 8. Hubungan Total Karbon dengan Kadar Air (persen berat basah)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Total luas lahan gambut pesisir selatan adalah 78.998,74 ha di mana terdapat tambahan satuan lahan gambut dengan luas 1.518,89 ha yang membentang dari Seberang Tarok Nagari Lakitan Timur, Padang Laban sampai ke Sungai Liku.
2. Sekitar 51% lahan gambut pesisir selatan memiliki ketebalan 0-300 cm dengan luas 40.335.99 ha. Sekitar 11.9% dari total luas lahan gambut memiliki ketebalan >600 cm, dimana 6.2% terdapat pada penggunaan lahan hutan. Rata-rata karbon stok gambut pesisir selatan mencapai 3 ribu ton.ha⁻¹. Penggunaan lahan gambut terluas adalah perkebunan sawit (68.42%) dengan cadangan karbon 119 juta ton.
3. Dinamika C-total (karbon tanah) menunjukkan kadar karbon meningkat berdasarkan kedalaman tanah. Semakin tinggi kadar air maka kadar karbon juga semakin tinggi, sedangkan semakin tinggi BD maka kadar karbon semakin rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari K, Owens PR, Libohova Z, Miller DM, Wills SA, Nemecek J. Assessing soil organic carbon stock of Wisconsin, USA and its fate under future land use and climate change. *Science of The Total Environment* 2019; 667: 833 -845.
- Anonim. 1990. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung. Jakarta.
- 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. 60p.
- Agus, F., Wahyunto, A. Dariah, P. Setyanto, I.G.M. Subiksa, E. Runtunuwu, E. Susanti, W. Supriatna. Carbon Budget and Management Strategies for Conserving Carbon in Peatland: Case study in Kubu Raya and Pontianak Districts, West Kalimantan, Indonesia. Pp. 217-233 Dalam Proceedings, International Workshop on Evaluation and Sustainable Management of Soil Carbon Sequestration in Asian Countries, Bogor, Indonesia, September 28-29, 2010.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. (Edisi 2). Balitbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. 234p
- Djaenuddin, D., Marwan H., Subagyo H. dan A. Hidayat. 2003. Petunjuk Teknis Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian. Balai Penelitian tanah Bogor
- Driessen, P.M. and H. Suhardjo. 1976. On the Defective Grain Formation of Sawah Rice on Peat. *Soil Res. Inst. Bull.* 3: 20 – 44. Bogor

- Gardner WH. 1986. Water content. In Klute A (Ed). Method of Soil Analysis (Part 1) - Physical and Mineralogical Method (2nd Edition). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. 493-544.
- Halim, A. 1987. Pengaruh Pencampuran Tanah Mineral dan Basa dengan Tanah Gambut Pedalaman Kalimantan Tengah dalam budidaya tanaman kedelai. Disertasi Fakultas Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Harianti, M., Sutandi, M; Saraswati, R , Maswar, and Sabiham S. 2018. Enzyme activities in relation to total nutrients of K, Ca, Mg Fe, Cu, and Zn in oil palm rhizosphere of peatland in tropical Riau Indonesia. *Biotropia*. 25: 202-213. Doi: 10.11598/Btb.2018.25.3.862 Anonim. 1990.
- Hartatik, W., K. Idris, S. Sabiham, S. Djuniwati, dan J.S. Adiningsih. 2004. Pengaruh Pemberian Fosfat Alam dan SP-36 pada Tanah Gambut yang Diberi Bahan Amelioran Tanah Mineral terhadap Serapan P dan Efisiensi Pemupukan P. Prosiding Kongres Nasional VIII HITI. Universitas Andalas. Padang
- Keller T, Håkansson I. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma* 2010; 154: 398 -406.
- Mutalib, A.A., J.S. Lim, M.H. Wong and L. Koonvai. 1991. Characterization, Distribution and Utilization of Peat in Malaysia. Proc. International Symposium on tropical peatland. 6-10 May 1991, Kuching, Serawak, Malaysia
- Nugroho, K., G. Gianinazzi and I.P.G. Widjaja Adhi. 1997. Soil idraulic properties of Indonesian peat. In: Rieley and Page (Eds.). pp. 147-156. Biodiversity and sustainability of tropical peat and peatland. Samara Publishing Ltd. Cardigan. UK
- Sabiham, S., T.B. Prasetyo dan S. Dohong. 1997. Phenolic Acid in Indonesian Peat. In Rieley and Page (Eds). Pp. 289-292. Biodiversity and Sustainability of Tropical Peat and Peatland. Samara Publishing Ltd. Cardigan. UK
- Sabiham, S., Wahyunto, Nugroho, Subiksa dan Sukarman. 2008. Laporan tahunan 2008. Balai Pesar Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian, Bogor.
- Salampak. 1999. Peningkatan Produktivitas Tanah Gambut yang Disawahkan dengan Pemberian Bahan Amelioran Tanah Mineral Berkadar Besi Tinggi. Disertasi Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Saragih, E.S. 1996. Pengendalian Asam-Asam Organik Meracun dengan Penambahan Fe (III) pada Tanah Gambut Jambi, Sumatera. Tesis S2, Program Pascasarjana, Institut Prtanian Bogor.
- Schoeneberger PJ., Wysocki DA., Benham EC., and Soil Survey Staff. 2012. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 286 p.
- Soil Survey Staff. 2014. Soil Survey Field and Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 51, Version 2.0. R. Burt and Soil Survey Staff (ed.). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
- Subiksa I.G.M., Ai Dariah dan F. Agus. 2009. Sistem Pengelolaan Lahan Eksisting di Kalimantan Barat serta Implikasinya terhadap Siak Kimia Tanah Gambut dan Emisi GRK. Laporan Penelitian Kerjasama Balai Penelitian tanah dengan Kementerian Ristek.

- Tie, Y.L. and J.S. Lim. 1991. Characteristics and Classification of Organic Soils in Malaysia. Proc. International Symposium on tropical peatland. 6-10 May 1991, Kuching, Serawak, Malaysia.
- Wahyunto, Sofyan R., Suparto dan Subagyo H. 2004. Sebaran dan Kandungan Karbon Lahan Gambut di Sumatera dan Kalimantan. Wetland International Indonesia Program
- Wahyunto, Wahyu Supriatna and Fahmuddin Agus. 2009. Future Sustainable Development for Peatland Agriculture Landuse in Kubu Raya and Pontianak District, West Kalimantan.
- Widjaja, Adhi. 1997. Developing tropical peatlands for agriculture. In: J.O. Rieley and S.E. Page (Eds.). pp. 45-54. Biodiversity and sustainability of tropical peat and peatland. Proceedings of the International Symposium on Biodiversity, environmental importance and sustainability of tropical peat and peatlands, Palangka Raya, Central Kalimantan 4-8 September 1999. Samara Publishing Ltd. Cardigan. UK.
- Widjaja-Adhi, I.P.G. 1988. Physical and Chemical Characteristic of Peat Soil of Indonesia. IARD J. 10:59-64
- WWF, 2008. Deforestation, Forest Degradation, Biodiversity Loss and CO2 Emission in Riau, Sumatera, Indonesia: one Indonesian Propinve's Forest and Peat Soil Carbon Loss Over a Quarter Century and it's Plans for the Future. WWF Indonesia Tecnical Report. www.wwf.or.id