

DAMPAK DINAMIKA MUKA AIR TANAH PADA LAJU DAN WAKTU SUBSIDEN LAHAN RAWA GAMBUT TROPIKA

IMPACT OF WATER DYNAMICS LAND ON RATE AND TIME OF PEAT SWAMP LAND SUBSIDENCE TROPIKA

L. Budi Triadi^{1)*}, Fengky F. Adji²⁾, dan Arif Dhiaksa¹⁾

1). Balai Penelitian dan Pengembangan Rawa, Puslitbang Sumber Daya Air, Badan Litbang PUPR,
Jalan. Gatot Subroto No. 6, Banjarmasin, Kalimantan Selatan.

2). Program Studi Agroteknologi, Jurusan Budidaya Pertanian,
Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya, Kalimantan Tengah.
E-Mail: buditriadi@yahoo.com

Diterima: 11 Agustus 2016; Direvisi: Agustus 2016; Disetujui: 11 November 2016

ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan gambut tropika akan menyebabkan pelepasan karbon (C) dari kondisi yang awalnya stabil, dan mengakibatkan penurunan permukaan tanah (subsiden). Pembukaan lahan gambut yang didahului dengan pembuatan saluran-saluran menyebabkan muka air tanah turun. Bersamaan dengan itu terjadi penurunan permukaan tanah gambut, dimana di awal reklamasi laju penurunan sangat cepat dan berangsur-angsur melambat seiring dengan berkurangnya bahan organik yang terdekomposisi atau terbakar. Oleh karena itu pengetahuan laju penurunan tanah sangat penting untuk perencanaan sistem drainase dan penggunaan lahan gambut secara optimal dalam rangka memelihara kelestarian gambut. Metode atau pendekatan ilmiah yang digunakan adalah pengkajian secara langsung, meliputi: pengukuran letak muka air tanah, penurunan permukaan tanah pada berbagai kondisi eksisting lahan di lokasi yang berbeda, pengambilan sampel tanah gambut dan perhitungan dengan rumus empiris. Perhitungan penurunan permukaan tanah menggunakan data rata-rata tinggi muka air tanah selama musim kemarau, di samping jenis tutupan lahan juga ikut diperhitungkan. Pada makalah ini disajikan hasil analisis penurunan permukaan tanah dan proyeksi penurunan 50 tahun ke depan lahan gambut di Sei Ahas, Kapuas, Kalimantan Tengah dan Sungai Buluh, Tanjung Jabung Timur, Jambi serta komparasi hasil antara kedua lokasi tersebut. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengaturan tinggi muka air tanah akan mengendalikan penurunan permukaan tanah.

Kata kunci: *Gambut tropika, drainase, dekomposisi, muka air tanah, laju dan waktu penurunan permukaan tanah*

ABSTRACT

Changes in land use of tropical peat will lead to the release of carbon (C) on the condition that initially stabilized, and resulting in land subsidence. Peatland clearance which is preceded by the construction of the canals will cause the ground water table in peatlands fell. Along with that, the subsidence occurs, which at the beginning of peatland reclamation rate of decline very fast and gradually slow down over time with reduction of organic materials that decompose or burn. Therefore, knowledge of the rate of subsidence is very important to plan drainage and optimal use of peat land in order to preserve the peat. The method or scientific approach used is the assessment directly, include: measurement of the location of groundwater levels, land subsidence at various existing condition of land in different locations, peat soil sampling and calculation with the empirical formula. The calculation of land subsidence using average data groundwater levels during the dry season, in addition to the types of land cover took into account as well. This paper presented the results of the analysis of land subsidence and the projected decline in the next 50 years peatlands in Sei Ahaz, Kapuas, Central Kalimantan and Sungai Buluh, Tanjung Jabung, Jambi and comparative results between the two locations. The implications of this study indicate that the regulation of groundwater levels will control land subsidence.

Keywords : *Tropical Peat, drainage, decomposition, ground water level, the rate and time of subsidence.*

PENDAHULUAN

Lebih dari setengahnya (24,8 Mha) dari keseluruhan luasan gambut tropika terdapat di Asia Tenggara (56%), terutama di Indonesia dan Malaysia, yang mana berdasarkan ketebalannya (rata-rata >5 m) mampu menyimpan C (karbon) sebesar 77% (Page S.E., *et al.*, 2011). Indonesia menempati urutan ke-4 yang terluas di dunia untuk gambut tropika, setelah Canada, Uni Soviet dan Amerika dari luas total gambut dunia (Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam, 2012). Di daerah Peninsular Malaysia dan Pulau Sumatera dan Pulau Borneo, lebih dari 60% rawa gambut sebelumnya telah mengalami deforestasi sejak tahun 2007, yang selalu didahului dengan adanya pembuatan saluran-saluran drainase, dan hanya 10% saja masih dalam kondisi alami (Miettinen and Liew, 2010).

Kegiatan konversi lahan gambut menjadi lahan pertanian menyebabkan degradasi lahan gambut yang sangat intensif; diantaranya adalah peningkatan penurunan permukaan tanah sebagai akibat perubahan kondisi hidrologi kawasan tersebut. Perubahan kondisi hidrologi antara lain akibat drainase berlebihan dapat menyebabkan penurunan permukaan tanah yang signifikan sebagai akibat dari penyusutan gambut dan oksidasi C. Oleh sebab itu pengetahuan dampak dinamika muka air tanah terhadap laju penurunan permukaan tanah sangat penting untuk perencanaan sistem drainase dan penggunaan lahan gambut secara optimal dalam rangka memelihara kelestarian gambut.

Adapun dasar dilaksanakannya penelitian ini, yaitu: ekosistem gambut bersifat *fragile*, konversi lahan menyebabkan kondisi alamiahnya berubah dan memacu proses dekomposisi bahan organik yang menyebabkan penurunan permukaan tanah. Pada awal reklamasi laju penurunan gambut sangat cepat dan berangsur-angsur melambat seiring dengan berkurangnya bahan organik yang terdekomposisi atau terbakar (*fires*).

Penelitian ini dilaksanakan di Sei Ahas, Kecamatan Mentangai, Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah (11° BT dan 0°45' LU - 3°30' LS) dan di Sungai Buluh, Tanjung Jabung Timur, Jambi (0°53' - 1°41' LS dan 103°23 - 104°31' BT). Lokasi penelitian Sei Ahas, Kalimantan Tengah terletak di tepi Sungai Kapuas dan merupakan areal hutan gambut yang terdegradasi dan relatif dangkal dengan kedalaman 3-5 m, tetapi semakin jauh dari sungai

kedalaman gambut bisa mencapai jauh > 3 m. Lokasi ini merupakan salah satu wilayah eks Proyek Lahan Gambut (PLG) 1 juta ha yang dikembangkan tahun 1995 - 1998, yaitu berada di Blok A sebelah barat. Saat musim kemarau gambut di Sei Ahas sering mengalami kebakaran, namun di musim hujan sering mengalami banjir. Sementara itu Kabupaten Tanjung Jabung Timur, terletak di Provinsi Jambi dengan luas 5.445 km² dan ketinggian wilayah berkisar antara 1 - 5 m dpl. Potensi gambut di Kabupaten Tanjung Jabung Timur tersebar di 2 (dua) Kecamatan yaitu Kecamatan Mendahara dan Kecamatan Dendang. Dari hasil penyelidikan diketahui bahwa tebal gambut di daerah ini berkisar antara 5 - 13 m. Sebagian besar lokasi ini telah dikonversi sebagai lahan perkebunan akasia dan kelapa sawit. Topografi daerah pada umumnya (0 - 3 %) terdiri dari rawa/gambut dengan permukaan tanah banyak dialiri pasang surut air laut. Pengambilan data lapangan dilaksanakan selama 4 (empat) bulan mulai bulan Juni - September 2015 (musim kemarau). Adapun peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.

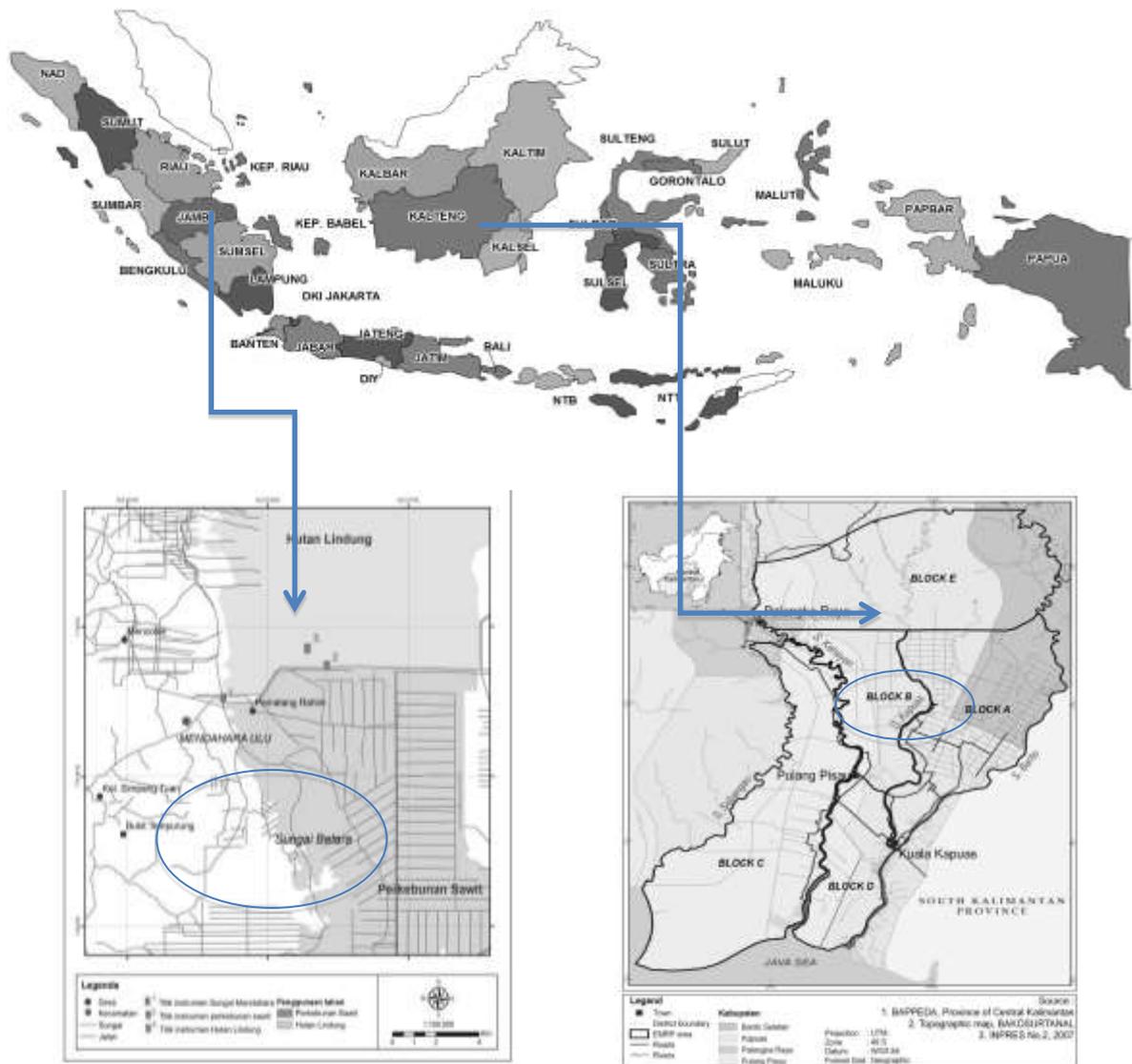
Hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya pada tanah gambut di lokasi yang berbeda, yaitu: daerah Fenlands (Inggris), Belanda, Laguna Venice (Italy), Delta Everglades da Sacramento (Amerika Serikat), dan Danau Hula (Israel) keseluruhan penurunan permukaan tanah berkisar antara 200 - 600 cm selama kurun waktu 40 - 130 tahun yang menyebabkan permukaan tanah mendekati atau berada di bawah permukaan air laut (Gambolati *et al.*, 2003; Deverel and Leighton, 2010).

Penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Balai Rawa (2012) di daerah Sei Ahas, Kalimantan Tengah menyebutkan waktu penurunan tanah sampai gambut habis adalah sebesar 54 tahun, dimana hasil perhitungan laju penurunan tanah pada kondisi aktual / tanpa perlakuan (tanpa adanya bendungan dan reboisasi) dan kondisi aktual dengan adanya kebakaran, berturut-turut adalah 3.49 cm/tahun dan 5.92 cm/tahun.

Masalah penurunan permukaan lahan gambut mendapatkan perhatian serius seiring dengan semakin kuatnya isu perubahan iklim dan pemanasan global (Noor, 2011). Oleh sebab itu, maka perlu dilakukan revitalisasi terhadap lahan-lahan gambut yang sudah mengalami kerusakan akibat penggundulan, kebakaran ataupun pengeringan berlebihan. Terkait dengan hal tersebut, saluran-saluran drainase harus segera

disekat atau bahkan (jika memungkinkan) ditimbun seluruhnya, agar tidak menimbulkan kerusakan yang semakin parah terhadap lingkungan lahan gambut (Suryadiputra, 2005). Untuk mendukung hal tersebut, maka dilakukanlah pengaturan muka air tanah dengan membangun tabat dan upaya penghutanan kembali untuk mengurangi laju penurunan lahan gambut tersebut. Pengaturan ini dilakukan melalui simulasi hidraulik dengan mengacu pada penelitian yang dilakukan sebelumnya (Triadi, *et al.*, 2013).

Terdapat 3 (tiga) faktor utama yang berkontribusi penyebab penurunan muka tanah pada lahan gambut (Hooijer *et al.*, 2012b), yaitu: oksidasi karbon, pemadatan dan penyusutan, serta konsolidasi. Sementara itu, Jauhiainen *et al.* (2005) menambahkan penurunan permukaan air tanah selama musim kering akan memperdalam zona racun di permukaan gambut, sehingga meningkatkan ketersediaan substrat pelepasan CO₂ melalui proses dekomposisi.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian di Sei Ahas, Kalimantan Tengah dan Sungai Buluh, Jambi

Konversi lahan gambut sebagai lahan pertanian meningkatkan proses oksidasi gambut, yang pada akhirnya menyebabkan perubahan letak muka air tanah dan penurunan permukaan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak dinamika muka air tanah di lahan gambut terhadap laju dan waktu penurunan permukaan tanah gambut tropika.

HIPOTESIS

Ketinggian muka air tanah gambut sangat bergantung pada jenis perlakuan yang diterapkan pada lahan tersebut, sebagai contoh pembangunan bendung atau penghutanan kembali akan mempercepat dan mempertinggi kenaikan muka air tanah. Bersamaan dengan itu waktu penurunan permukaan tanah gambut juga semakin melambat dengan adanya perlakuan terhadap lahan eksisting, yang secara langsung juga memperbaiki kondisi hidrologi ekosistem lahan gambut. Kedua hal tersebut di atas akan dibuktikan dalam kegiatan penelitian ini.

RANCANGAN PENELITIAN

Adapun rancangan penelitian atau pendekatan ilmiah yang digunakan adalah melakukan pengukuran kedalaman muka air tanah dan pengukuran penurunan permukaan tanah gambut pada berbagai kondisi eksisting lahan yang dilakukan di lokasi Sei Ahas, Kalimantan Tengah dan di lokasi Tanjung Jabung Timur, Jambi. Bersamaan dengan itu dilakukan juga pengambilan sampel tanah menggunakan ring sampel. Data hasil pengukuran kedalaman muka air tanah dan penurunan permukaan tanah ini kemudian dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan persamaan empiris Hooijer *et al.* (2012b).

TINJAUAN PUSTAKA

Lahan rawa gambut di Kalimantan dan Sumatera, termasuk Kalimantan Tengah dan Jambi dipengaruhi oleh curah hujan tinggi dan pada kondisi alami selalu tergenang setiap tahunnya. Pengeringan (drainage) dibuat agar lahan yang dulunya tergenang menjadi lahan yang bisa digunakan untuk pertanian atau lainnya (Ritzema, 2007).

Pengembangan gambut untuk usaha perkebunan dan pertanian sangat memerlukan pembuatan saluran (kanal-kanal) yang dalam dan

lebar, akan menyebabkan terjadinya oksidasi bahan organik dan penurunan permukaan gambut (Wosten *et al.* 1997, Furukawa *et al.* 2005). Daerah yang luasan gambut tropisnya telah dikeringkan, mengakibatkan perubahan yang tiba-tiba dan terjadi secara permanen pada keseimbangan ekosistem karbon pada lahan gambut (Page *et al.* 2002, Canadell *et al.* 2007, Hirano *et al.* 2007). Seringkali kanal utama ini memotong kubah gambut (dome) yang menyebabkan peningkatan hilangnya air dari gambut, penurunan permukaan tanah, kering tak balik, hilangnya keanekaragaman hayati, dan peningkatan potensi kebakaran (Diemont *et al.*, 2002, Page *et al.*, 2002). Sistem kanalisasi ini juga seringkali memudahkan orang keluar masuk areal, terutama yang berkaitan dengan illegal logging, dimana untuk mengeluarkan kayu berukuran besar ke kanal utama, perambah hutan ini selalu menggali kanal-kanal kecil yang dihubungkan dengan kanal utama tersebut. Kanal-kanal kecil ini juga mempercepat laju pengeringan hutan gambut yang menghasilkan kehilangan gambut bersamaan dengan penurunan permukaan tanah (Wösten dan Ritzema, 2001).

Pada musim kemarau, rendahnya muka air tanah akan meningkatkan laju oksidasi pada lapisan gambut di atas muka air tanah tersebut, sehingga menyebabkan penurunan permukaan tanah dan peningkatan emisi CO₂ ke atmosfer (Jauhiainen *et al.*, 2008).

Pada gambut yang dikeringkan, emisi CO₂ dan penurunan permukaan tanah meningkat seiring penurunan muka air tanah di gambut. Laju penurunan permukaan tanah sangat dipengaruhi oleh kedalaman muka air tanah di gambut, sebagai contoh laju penurunan permukaan tanah (cm/th) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $0.1 \times \text{letak muka air tanah (cm)}$ (Wösten dan Ritzema, 2001), yang mana semakin dalam letak muka air tanah di lahan gambut, maka zona aerobik atau zona kering akan semakin luas dan laju dekomposisi bahan organik juga akan semakin meningkat.

METODOLOGI

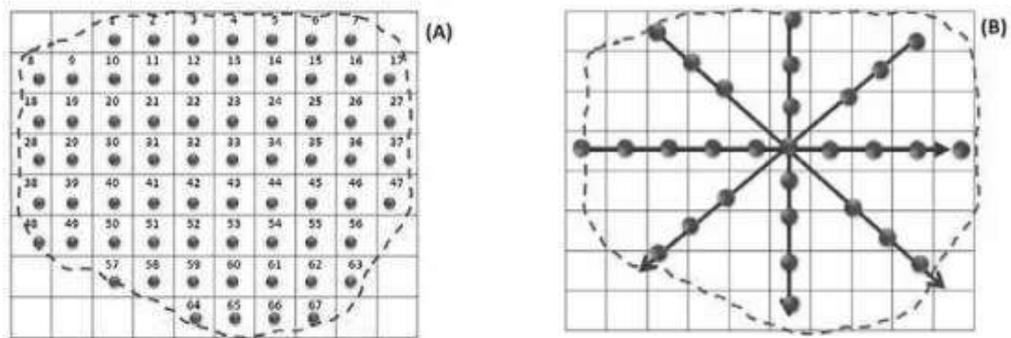
Dalam penelitian ini metode yang digunakan meliputi: studi pustaka, pengumpulan data sekunder dan primer (topografi lahan, kedalaman gambut, dinamika muka air tanah dan muka tanah, luasan areal penelitian, pengikatan elevasi) yang disertai dengan pemasangan instrumen

pemantau dinamika permukaan lahan gambut (*subsidence poles*) dan dinamika muka air tanah gambut (*dipwells*) untuk kepentingan kalibrasi serta pengambilan sampel tanah gambut.

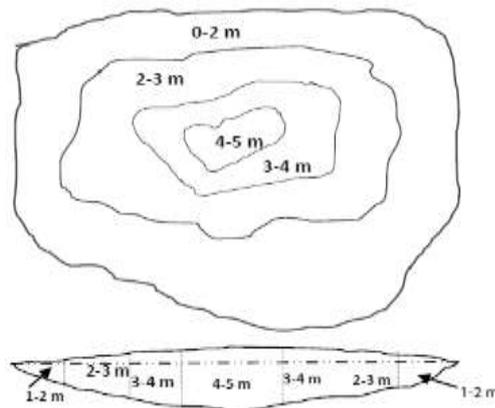
Ada 2 (dua) pendekatan untuk menentukan titik-titik pengamatan (a) sistem *grid* dan (b) sistem *transect* (**Gambar 2**). Pengamatan dengan sistem *grid* memerlukan titik pengamatan yang lebih banyak. Jumlah titik pengamatan dan luas areal yang diwakili oleh setiap *grid* ditentukan oleh skala peta atau tingkat ketelitian yang diperlukan dalam pengukuran (**Gambar 2.a**). Untuk masing-masing pemetaan skala 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, dan 1:250.000, idealnya satu titik pengamatan berturut-turut mewakili luas *grid* 1 ha, 6,25 ha, 25 ha dan 625 ha. Akan tetapi dengan cara ini jumlah contoh akan menjadi sangat banyak. Untuk lahan gambut disarankan menggunakan pendekatan *transect* (**Gambar 2b**) agar jumlah contoh tidak terlalu banyak.

Jarak titik pengamatan di dalam *transect* juga ditentukan oleh skala peta dan variasi kedalaman dan sifat gambut. Bila hamparan gambut sangat luas, maka *transect* dapat ditambahkan di antara *transect* yang ada. Bila diperlukan data sangat detil, maka jarak antara satu titik dengan titik lainnya dalam setiap transek dibuat sekitar 500 m. Pengalaman di beberapa lokasi menunjukkan bahwa dalam setiap jarak 50 m, perbedaan ketebalan gambut bisa berkisar antara 10 sampai lebih dari 50 cm.

Koordinat setiap titik di mana dilakukan pengukuran dicatat dengan menggunakan alat *Global Positioning System* (GPS). Berdasarkan pasangan data titik koordinat dan ketebalan gambut akan dapat digambarkan peta kontur ketebalan gambut dengan menggunakan teknik *Geographic Information System* (GIS) seperti pada model **Gambar 3**.



Gambar 2 Skema sistem penentuan pengambilan contoh dari suatu hamparan (kubah) gambut, dengan sistem *grid* atau petak beraturan (A) dan sistem transect arah utara-selatan, barat-timur, barat laut-tenggara, timur laut-barat daya (B). ● = titik pengamatan. Koordinat setiap titik pengamatan perlu ditentukan dengan menggunakan GPS.



Gambar 3 Model peta kontur ketebalan gambut (atas) dan penampang ketebalan gambut (bawah), misalnya berdasarkan transek barat-timur.

Instrumen *Dipwells* dan Pengukuran Muka Air Tanah (*Water Table*)

Instrumen *dipwells* menggunakan pipa PVC yang dilalut dengan kawat kasa (untuk mencegah butiran tanah masuk ke dalam pipa), dan ditutup dengan *dop* pada ujung atasnya dan ditanam ke dalam tanah gambut sampai dengan kedalaman tanah keras (tanah mineral) (Lihat **Gambar 4**).

Monitoring dinamika muka air tanah dilakukan pada Sei Ahas, Kecamatan Mentangai, Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah dan di Sungai Buluh, Desa Pematang Rahim, Kecamatan Mendahara Hulu, Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi. Pada Sungai Buluh, Jambi dilakukan pada 15 (lima belas) titik monitoring, sementara di Sei Ahas, monitoring dilakukan pada 5 (lima) titik monitoring. Pada kedua lokasi tersebut dilakukan masing-masing 2 kali monitoring.

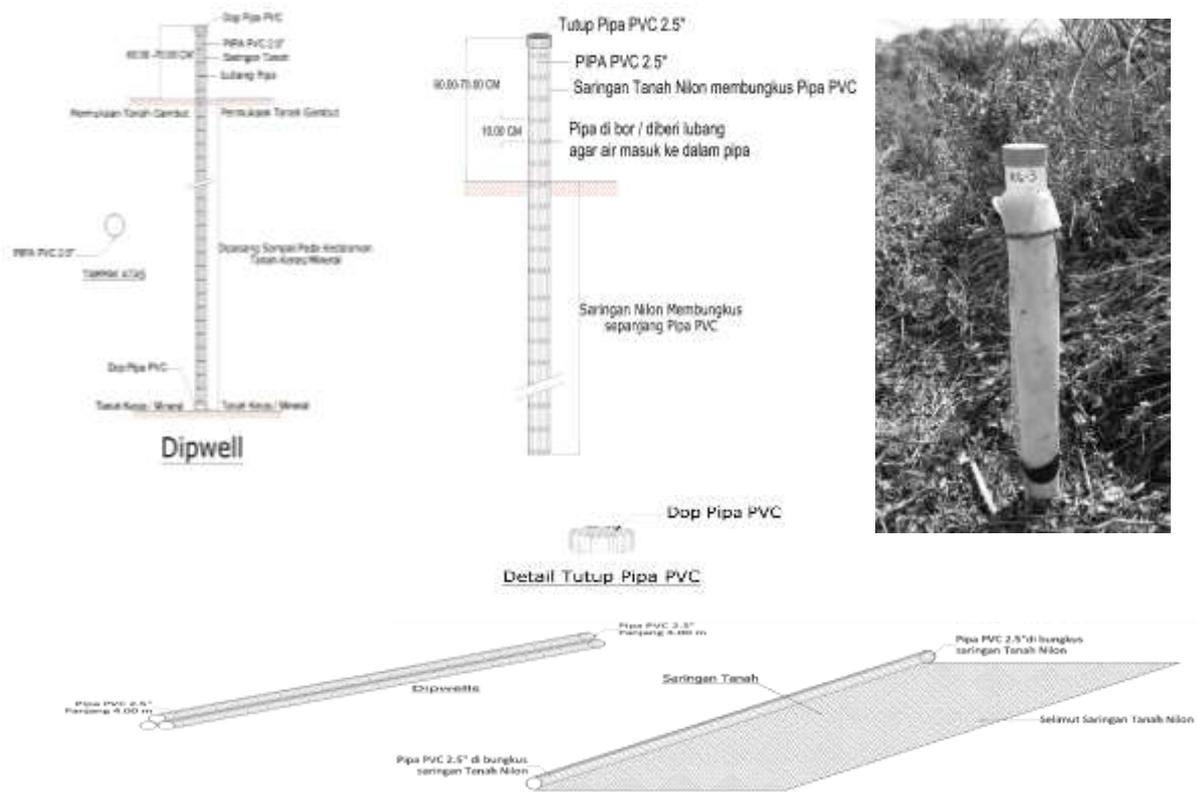
Pengikatan Elevasi/Bench Mark

Metode yang digunakan dalam pengikatan elevasi/BM (Bench Mark) dengan teknik survey

topografi metode Tachimetri (SNI 19-6724-20002).

Pengambilan Sampel Tanah dan Pengukuran Berat Volume/Berat/Bobot Isi

Sampel tanah diperoleh dengan menggunakan metode ring sampel. Ring sampel dapat digunakan untuk pengambilan contoh pada lapisan permukaan gambut yang matang dan tidak jenuh air. Gambut yang tidak matang, terendam air atau berada pada kedalaman di bawah muka air tanah, tidak dapat diambil dengan ring. Sampel tanah dengan metode undisturbed diperoleh dengan membuat sumur gali ukuran 1,5 m x 1,5 m X 3 m (Kalimantan Forests and Climate Partnership, 2009). Pada Gambar 6 diperlihatkan cara pembuatan sumur uji di lapangan, dimensi sumur dan titik pengambilan sampel. Pengambilan sampel dilakukan pada ketiga sisi sumur uji, sementara 1 sisi yang lain digunakan untuk akses penggalian dan jalan naik turun penggali dan cukup dengan lebar 1 m saja.



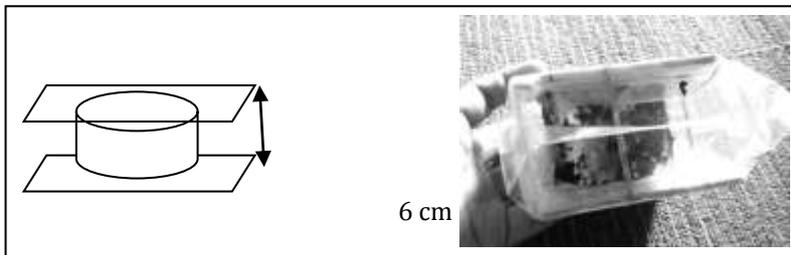
Gambar 4 Pemasangan *Dipwells* untuk mengamati fluktuasi muka air tanah gambut.



Keterangan:

- = ● Titik pengambilan sampel tanah gambut pada sumur uji.
- = — Akses penggalian/jalan naik turun orang.

Gambar 5 Kegiatan pembuatan sumur uji dan dimensi sumur uji pengambilan sampel.



Gambar 6 Tabung silinder / ring sampel untuk pengambilan sampel tanah gambut



Gambar 7 Kegiatan pengambilan sampel tanah gambut

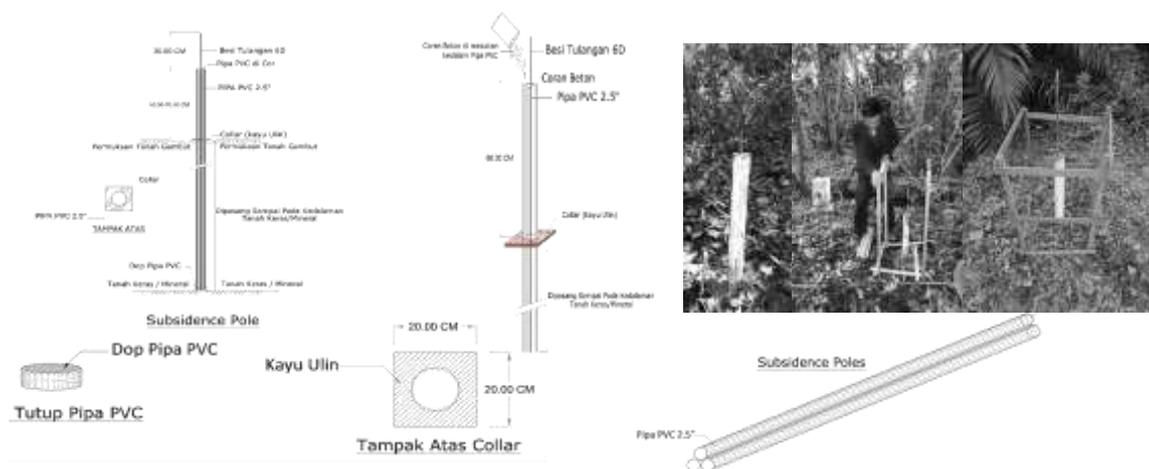
Sampel tanah gambut diambil pada tiap kedalaman kelipatan 10 cm dalam arah vertikal pada tiap titik pengambilan (**Gambar 5**). Tabung pengambilan sampel terbuat dari *stainless steels* yang berukuran tinggi 15 cm dan diameter 10 cm serta penutup dari bahan triplek (lihat **Gambar 6**). Setelah sampel tanah gambut diambil, tabung kemudian ditutup dengan triplek di kedua ujungnya, kemudian dibungkus plastik untuk menjaga kelembaban tanah, mencegah penguapan dan sampel tidak terganggu. Adapun kegiatan pengambilan sampel tanah gambut disajikan pada **Gambar 7**.

Sampel tanah gambut yang diambil dari lokasi penelitian selanjutnya dianalisa di Laboratorium Universitas Jambi (UNJAM) dan di Laboratorium Balai Penelitian Lahan Pertanian Rawa, Banjarmasin (BALITTRA). Pengujian dilakukan pada 2 laboratorium yang berbeda dengan maksud agar dapat diperbandingkan hasilnya untuk mendapatkan hasil analisa yang lebih meyakinkan. Dari sampel tanah tersebut diperoleh nilai kadar abu, kandungan karbon, kandungan air dan bobot isi. Dari parameter-parameter ini, selanjutnya dapat diketahui jenis tanah, yaitu tanah gambut atau mineral.

Pemasangan *Subsidence Poles* dan Pengukuran Penurunan Tanah Gambut

Pemasangan *subsidence poles* dilakukan dengan cara yang sama seperti pemasangan *dipwells*, tetapi pada *subsidence poles* dilengkapi dengan *collar*. *Collar* digunakan sebagai alas untuk mengukur perubahan elevasi gambut. *Collar* adalah papan kayu ulin yang diletakkan di permukaan tanah gambut sekeliling pipa sebagai landasan untuk mengukur ketinggian pipa di atas permukaan tanah. Instrumen *Subsidence Poles* menggunakan bahan pipa PVC yang ditanam ke dalam tanah gambut sampai tanah mineral dan dipasang besi tulangan di dalam pipa, kemudian dicor beton (**Gambar 8**). Titik pengamatan pada *subsidence poles* tidak perlu sebanyak pada *dipwells* karena penurunan gambut relatif kecil untuk jarak yang pendek. Secara garis besar, 1 buah titik pengamatan *subsidence poles* mewakili radius 1 km. Pengukuran penurunan permukaan tanah dilakukan terhadap tinggi pipa di atas elevasi muka tanah gambut (jarak dari ujung atas pipa ke *collar*) pada empat titik di sekeliling pipa dan kemudian diambil nilai reratanya.

Penurunan tanah gambut diamati dengan menggunakan *subsidence poles*, setiap bulan dengan data *series* yang cukup panjang untuk melihat perkembangan/perubahan elevasi tanah gambut. Kegiatan pengukuran/monitoring penurunan permukaan tanah dilakukan pada lokasi Sei Ahas, Kalimantan Tengah dan di Sungai Buluh, Jambi.



Gambar 8 Pemasangan *subsidence poles* untuk mengamati penurunan permukaan tanah gambut di lapangan

Perhitungan Laju dan Waktu Penurunan Permukaan Tanah Gambut

Analisis laju dan waktu penurunan gambut dilakukan dengan rumus empiris dari Hooijer *et al.* (2012b). Laju penurunan permukaan tanah untuk lokasi perkebunan akasia dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Laju penurunan permukaan tanah (cm/th)} = 1,5 - 4,98 \cdot \text{Water Depth (m)} \quad (1)$$

Sedangkan laju penurunan permukaan tanah untuk lokasi hutan terdegradasi, menggunakan rumus:

$$\text{Laju penurunan permukaan tanah (cm/th)} = 0,41 - 6,04 \cdot \text{Water Depth (m)} \quad (2)$$

Selanjutnya waktu penurunan gambut hingga habis teroksidasi dapat diperoleh dengan persamaan :

$$\text{Waktu penurunan permukaan tanah (th)} = \frac{\text{Ketebalan gambut (cm)}}{\text{Laju penurunan permukaan tanah (cm/th)}} \quad (3)$$

Selanjutnya dilakukan analisis proyeksi laju penurunan lahan gambut untuk 50 tahun kemudian dalam beberapa konsep skenario sebagai berikut: a). kondisi aktual/eksisting (Skenario I); b). kondisi jika daerah tersebut dimanfaatkan sebagai lahan perkebunan (Skenario II); c). kondisi eksisting dengan adanya bendung (*Drainpile*) tanpa pemanfaatan lahan (Skenario III); dan d). kondisi dengan adanya bendung (*Drainpile*) dan penghutanan kembali (Skenario IV).

Penurunan permukaan tanah pada penelitian ini dilakukan pada musim kemarau saja (kondisi kritis), mengingat bahwa subsiden hanya terjadi ketika musim kemarau dimana muka air tanah gambut mengalami penurunan. Sementara pada

musim hujan, umumnya air berlimpah dan muka air tanah naik tinggi. Selanjutnya dihitung proyeksi laju penurunan tanah sepanjang 50 tahun mulai dari kondisi awal, yaitu kondisi dimana setiap skenario mulai diberlakukan. Kemudian laju penurunan dihitung dari tahun ke tahun sampai mencapai tahun ke-50.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kedalaman/Ketebalan Gambut

Pengukuran kedalaman tanah gambut yang telah dilakukan sebelumnya memberikan data sebagaimana disajikan pada **Tabel 1** untuk Sei Ahas, Provinsi Kalimantan Tengah.

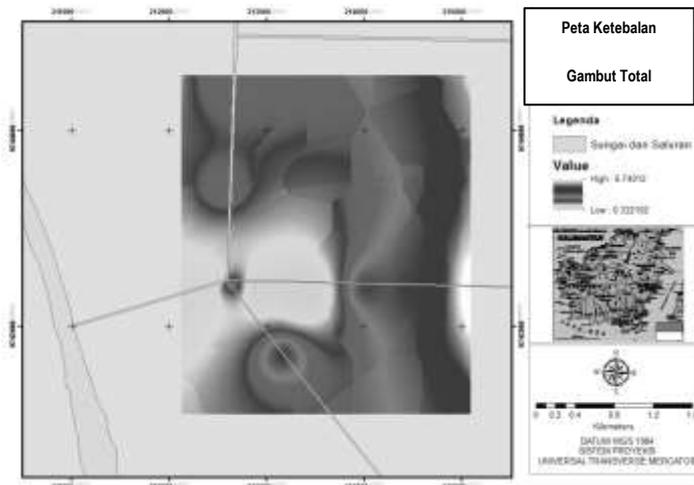
Hasil pengukuran kedalaman tanah gambut di Sei Ahas, Kalimantan Tengah (Lihat **Tabel 1**) menunjukkan bahwa kedalaman gambut berkisar antara 0,32 - 6,74 m. Ketebalan gambut tersebut termasuk dalam kategori gambut dangkal dan gambut sedang. Dari rentang nilai

kedalaman gambut tersebut dapat disimpulkan pula bahwa kemiringan lahan dan/atau kemiringan dasar lapisan gambut relatif curam, mengingat dalam jarak yang pendek (± 4 km) terdapat perbedaan nilai ketebalan gambut yang cukup besar. Dari kedalaman tanah gambut tersebut selanjutnya dibuat peta ketebalan gambut sebagaimana yang disajikan pada Gambar 9.

Sedangkan hasil pengukuran ketebalan gambut di Sei Buluh, Provinsi Jambi dapat dilihat pada **Tabel 2**. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa kedalaman gambut bervariasi dari 1,67 - 4,25 m. Ketebalan gambut tersebut termasuk dalam kategori gambut dangkal dan gambut sedang. Rentang nilai kedalaman gambut ini lebih kecil dari kedalaman gambut di Sei Ahas. Dari rentang nilai tersebut dapat disimpulkan pula bahwa kemiringan lahan dan/atau kemiringan dasar lapisan gambut relatif landai, mengingat dalam jarak yang panjang (± 8 km) terdapat perbedaan nilai ketebalan gambut yang cukup kecil.

Tabel 1 Kedalaman gambut di Sei Ahas, Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah

No.	Kode Lokasi	Koordinat x	Koordinat y	Kedalaman Gambut (cm)
1	T1DW01	213572	9741410	250
2	T1DW03	213573	9741908	150
3	T2DW01	215081	9741359	537
4	T2DW03	215074	9741860	350
5	T2DW05	215073	9742267	450
6	T2DW06	215056	9742481	593
7	T2DW08	215077	9742873	600
8	T2DW10	215080	9743372	--
9	T2DW12	215081	9743823	600
10	T2DW14	215074	9744322	580
11	T2DW16	215071	9744720	350
12	T3DW01	215077	9741119	500
13	T3DW03	214639	9741107	520
14	T3DW05	214136	9741121	395
15	T3DW07	213742	9741109	250
16	T3DW08	213530	9741107	130
17	T3DW10	213140	9741109	98
18	T3DW12	212623	9741100	47
19	T3DW14	212143	9741114	98
20	T4DW01	214825	9743622	600
21	T4DW03	214319	9743622	450
22	T4DW05	213822	9743617	320
23	T4DW07	213141	9743618	368
24	T4DW09	212740	9743623	300
25	T4DW10	212532	9743622	100
26	T4DW13	212133	9743608	120



Gambar 9 Peta kedalaman tanah gambut di Sei Ahas, Kapuas, Kalimantan Tengah

Tabel 2 Kedalaman gambut di Sungai Buluh, Provinsi Jambi

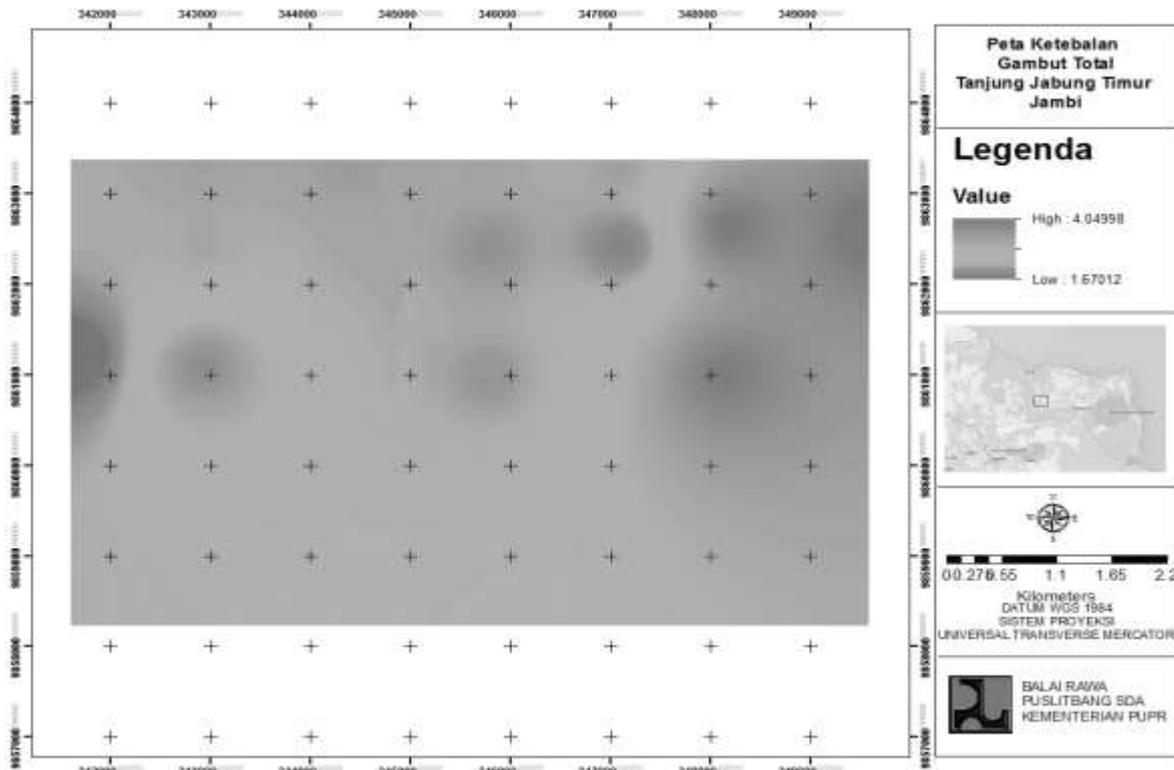
No.	Kode Lokasi	BT	LS	Kedalaman Gambut (cm)
1	A-1	103.63529	-1.25711	392
2	A-2	103.61393	-1.25744	223
3	A-3	103.63637	-1.28244	425
4	A-4	103.61475	-1.28225	270
5	HL-1	103.58808	-1.23591	--
6	HL-2	103.60154	-1.23663	228
7	HL-3	103.61374	-1.23681	232
8	HL-4	103.62570	-1.23681	230
9	KS-1	103.62593	-1.24439	202
10	KS-2	103.61397	-1.24439	220
11	KS-3	103.60203	-1.24439	234
12	KS-4	103.58811	-1.24439	283
13	KS-5	103.58830	-1.25637	362
14	KS-6	103.57696	-1.24145	238
15	KS-7	103.57635	-1.25499	167
16	KS-8	103.63577	-1.24242	397
17	KS-9	103.64817	-1.24298	405

Kedalaman gambut di Sungai Buluh, Jambi bervariasi dari 1,67 - 4,25 m. Kedalaman terdangkal berada di kawasan perkebunan kelapa sawit, sementara kedalaman terdalam berada di kawasan HTI (Hutan Tanaman Industri - Perkebunan Akasia). Dari kedalaman tanah gambut tersebut selanjutnya dibuat peta kedalaman gambut sebagaimana disajikan pada **Gambar 10**.

Kedalaman Muka Air Tanah

Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan rerata kedalaman muka air tanah di Sei Ahas, Kalimantan Tengah adalah 36,10 cm (musim kemarau, 10 - 11 Juni 2015) dan 72,60.

cm (musim kemarau, 27 - 28 Agustus 2015). Sementara itu di Sungai Buluh, Jambi diperoleh rerata tinggi muka air tanah adalah 101,87 cm (musim kemarau, 26 Juli - 2 Agustus 2015) dan 127,90 cm (musim kemarau, 22 - 23 September 2015).

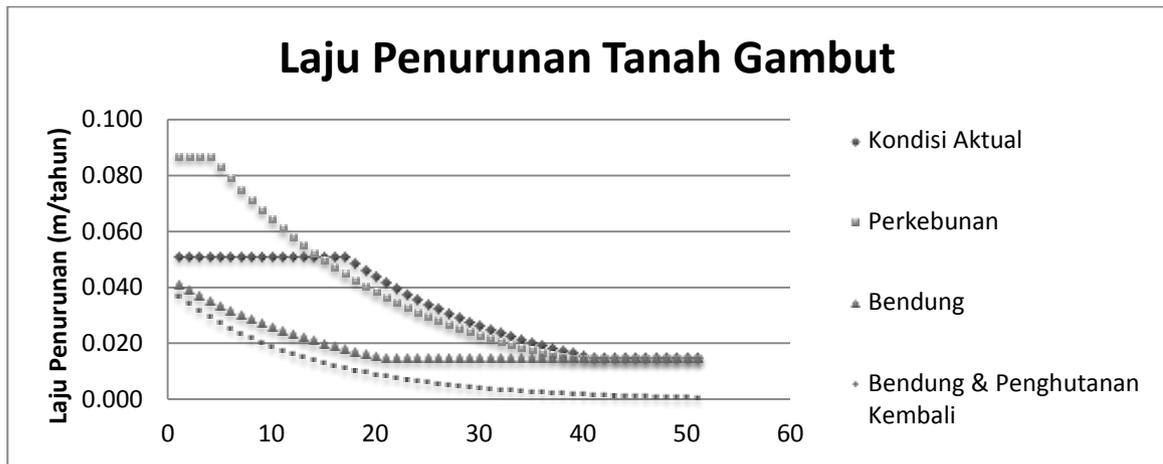


Gambar 10 Peta kedalaman tanah gambut di Sungai Buluh, Jambi.

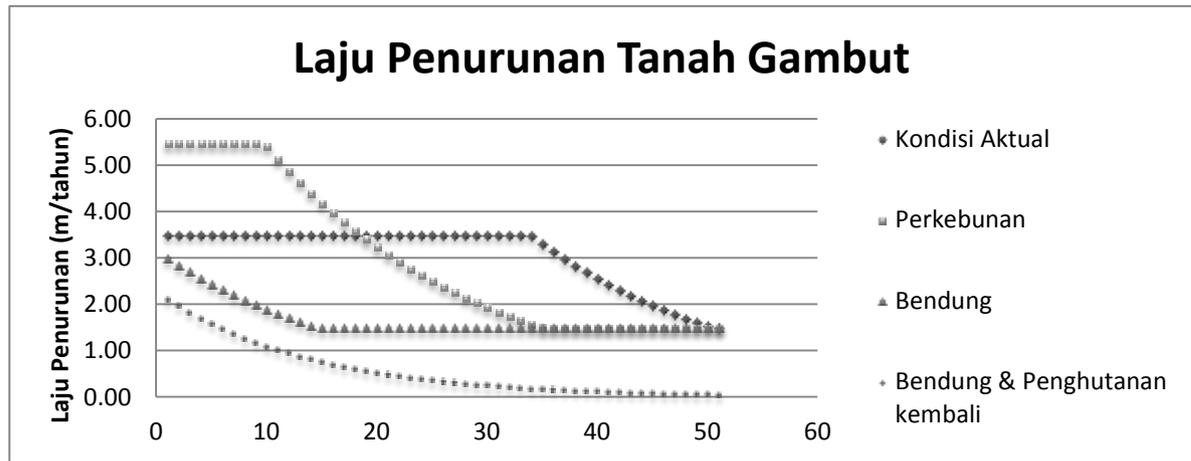
Penurunan Permukaan Tanah (*Subsidence*)

Berdasarkan data lapangan pada musim kemarau (Juni – September 2015) didapatkan data kondisi aktual/eksisting (Skenario I) laju penurunan permukaan tanah di daerah Sei Ahas, Kapuas, Kalimantan Tengah, yaitu hutan yang terdrainase (*drained forest*) pada tahun ke-0 sebesar 5,1 cm/th dan pada tahun ke-50 menurun menjadi 1,5 cm/th. Apabila lahan gambut digunakan sebagai lahan perkebunan (Skenario II), menunjukkan laju penurunan permukaan tanah pada tahun ke-0 sebesar 8,7 cm/th dan pada tahun ke-50 sebesar 1,5 cm/th. Selanjutnya dengan adanya pembuatan bendung (*drainpile*) tanpa adanya pemanfaatan lahan (Skenario III) akan memperlihatkan perbedaan laju penurunan permukaan tanah yang cukup besar bila dibandingkan dengan Skenario II dimana

memperlihatkan pada tahun ke-0 sebesar 4,1 cm/th dan pada tahun ke-50 sebesar 1,5 cm/th. Kemudian dengan adanya pembuatan bendung dan penghutanan kembali (Skenario IV) memperlihatkan perbedaan laju penurunan permukaan tanah yang lebih kecil lagi, dimana memperlihatkan pada tahun ke-0 sebesar 3,7 cm/th dan pada tahun ke-50 sebesar 0,1 cm/th. Gambaran lebih jelas dari uraian di atas disajikan pada Gambar 11 yang menunjukkan dinamika penurunan tanah gambut dari tahun ke tahun. Sebagaimana diketahui bahwa laju penurunan tanah terutama dipengaruhi oleh ketinggian muka air tanah gambut. Dengan demikian laju penurunan tanah pada kondisi awal juga berbeda-beda untuk keempat skenario. Hal ini disebabkan karena saat skenario mulai diberlakukan, elevasi muka air tiap skenario berbeda tergantung pada jenis skenarionya.



Gambar 11 Proyeksi laju penurunan tanah gambut di Sei Ahas, Kapuas, Kalimantan Tengah



Gambar 12 Proyeksi Laju Penurunan Tanah Gambut di Sungai Buluh, Jambi

Sementara itu berdasarkan hasil penelitian di daerah Sungai Buluh, Jambi (perkebunan akasia) pada musim kemarau (Juni - September 2015) didapatkan data kondisi aktual/eksisting (Skenario I) laju penurunan permukaan tanah di tahun ke-0 sebesar 3,49 cm/th dan pada tahun ke-50 menjadi 1,50 cm/th. Apabila lahan gambut digunakan sebagai lahan perkebunan (Skenario II), menunjukkan laju penurunan permukaan tanah pada tahun ke-0 sebesar 5,48 cm/th dan pada tahun ke-50 sebesar 1,50 cm/th. Selanjutnya dengan adanya pembuatan bendung (drainpile) tanpa adanya pemanfaatan lahan (Skenario III)

akan memperlihatkan perbedaan laju penurunan permukaan tanah yang cukup besar bila dibandingkan dengan Skenario II dimana pada tahun ke-0 sebesar 2,99 cm/th dan pada tahun ke-50 sebesar 1,50 cm/th. Kemudian dengan adanya pembuatan bendung dan penghutanan kembali (Skenario IV) memperlihatkan perbedaan laju penurunan permukaan tanah yang lebih kecil lagi, dimana pada tahun ke-0 sebesar 2,12 cm/th dan pada tahun ke-50 sebesar 0,05 cm/th. **Gambar 12** mengilustrasikan dinamika laju penurunan tanah gambut di Sungai Buluh, Jambi.

Dawson *et al.* (2004) menyimpulkan beberapa hasil penelitian yang berkaitan dengan penurunan permukaan tanah diantaranya: a) rata-rata laju penurunan jangka panjang berkisar antara 1 – 8 cm/th, b) pengukuran penurunan di Asia Tenggara mengindikasikan bahwa 0,5 – 1 m gambut hilang pada tahun-tahun awal pembuatan drainase dengan rata-rata lebih kurang 6 cm per tahun, c) di gambut Florida, penurunan 1,8 m dalam periode 54 tahun (1924 – 1978) dan gambut di California, penurunan 1,8 – 2,0 m pada periode waktu kurang dari 30 tahun, d) beberapa gambut di Belanda hanya terjadi penurunan sebesar 2,0 m dalam periode sekitar 1000 tahun. Rendahnya penurunan di Belanda dibandingkan lokasi lainnya, kemungkinan disebabkan oleh karena muka air tanah diatur sepanjang tahun yaitu antara 20 – 50 cm dibawah rata-rata muka air tanah untuk penggunaan lahan padang penggembalaan. Menurut Dawson *et al.* (2004) pada dua tahun awal setelah pembuatan saluran drainase, proses penurunan sangat cepat, yaitu 44% dari total periode waktu 20 tahun, setelah itu turun sampai konstan sebesar 7 mm per tahun. Selain itu Hooijer *et al.* (2012a), juga menyimpulkan bahwa rata-rata laju penurunan pada lahan gambut yang ditanami akasia adalah sekitar 5,2 cm/tahun pada kedalaman air tanah rata-rata 70 cm.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis diperoleh kesimpulan bahwa laju penurunan tanah semakin kecil bila muka air tanah semakin tinggi karena gambut yang terendam oleh air tidak mengalami oksidasi. Dalam hal ini ketinggian muka air tanah sangat bergantung pada jenis perlakuan yang diterapkan pada lahan tersebut. Seiring berjalannya waktu, kenaikan muka air tanah gambut akan menurunkan laju penurunan permukaan tanah gambut. Terlihat jelas bahwa adanya usikan/gangguan terhadap kondisi alami lahan gambut seperti konversi hutan gambut dan pembuatan drainase berdampak terhadap terjadinya degradasi yang dicirikan dengan terjadinya penurunan permukaan gambut. Dengan kata lain, gangguan pada gambut menyebabkan terjadinya perubahan letak muka air tanah, yaitu penurunan muka air tanah.

Laju penurunan muka air tanah, juga ditentukan oleh tindakan hidrologis yang dilakukan. Membandingkan kondisi gambut yang terdegradasi tanpa rehabilitasi, maka dengan

adanya bendung menghasilkan nilai laju penurunan tanah yang lebih kecil. Namun bila diberi perlakuan kombinasi, yaitu dengan membuat bendung dan penghutanan kembali, maka nilai laju penurunan tanah akan semakin lebih kecil. Sementara itu bila lahan dikembangkan untuk perkebunan akan menghasilkan nilai laju penurunan tanah yang besar. Dari hasil proyeksi 50 tahun, dapat disimpulkan bahwa kecenderungan laju penurunan tanah pada kondisi aktual, adanya bendung dan perkebunan sama, yaitu setelah 20 tahun ke atas nilai laju penurunan sama untuk ketiga kondisi. Sementara pada kondisi ada bendung dan penghutanan kembali mempunyai kecenderungan yang berbeda, dimana sampai dengan akhir tahun ke 50 nilai laju subsiden terus mengecil. Perilaku ini terjadi baik di Sei Ahas, Kalimantan Tengah maupun di Sungai Buluh Jambi. Dengan demikian tindakan hidrologis pembuatan bendung disertai dengan penghutanan kembali sangat efektif untuk menekan laju subsiden di lahan gambut, khususnya yang telah terdegradasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Rawa, 2012. Laporan akhir penelitian pengaruh perubahan iklim terhadap daerah rawa. Puslitbang Sumber Daya Air, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum.
- Canadell JG, D. E. Pataki, R. Gifford RA, Houghton Y, Luo RA, Raupach, P. Smith, and W. Steffen. 2007. Saturation of the terrestrial carbon sink. Pages 59–78 in J. G. Canadell, D. Pataki, and L. Pitelka, editors. Terrestrial ecosystems in a changing world. IGBP Series. Springer-Verlag, Berlin, Germany. Dawson J.J.C, M.F. Billett, D Hope, S.M Palmer and C.M Deacon, 2004. *Sources and sinks of aquatic carbon linked to a peatland stream continuum*. Biogeochemistry, 70, 71-92.

- Diemont, W.H., P.J.M. Hillegers, H. Joosten, K. Kramer, H.P. Ritzema, J. Rieley And J.H.M. Wösten. 2002. Fire and Peat Forests, What are the Solutions? Workshop on Prevention & Control of Fire in Peatlands, Kuala Lumpur, 19 - 21 March 2002. Deverel S.J and Leighton D.A, 2010. Historic, recent and future subsidence, Sacramento-San Joaquin Delta, California, USA, San Francisco Estuary and Watershed Science, 8, 23 pp.
- Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam, Juli 2012. Kebijakan pengelolaan kawasan konservasi gambut. Workshop koordinasi pengelolaan kawasan ekosistem gambut, Jakarta.
- Furukawa Y, Inubushi K, Ali M, Itang AM, Tsuruta H (2005) Effect of changing groundwater levels caused by land-use changes on greenhouse gas fluxes from tropical peat lands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 71, 81-91
- Gambolati G, Putti M, Teatini P and Stori G.G, 2003. *Subsidence due to peat oxidation and its impact on drainage infrastructure in a farmland catchment south of Venice Lagoon*, *RMZ – Materials and Geoenvironment*, 50, 125–128.
- Hirano T, Segah H, Harada T, Limin S, June T, Hirata R, Osaki M. 2007. Carbon dioxide balance of a tropical peat swamp forest in Kalimantan, Indonesia. *Global Change Biology* 13:412–25. Hooijer A, L. Budi Triadi, Oka Karyanto Sue Page, Marnix van der Vat and Gilles Erkens, 2012a. The impact of subsidence: can peatland drainage be sustainable in the long term, *ICWF paper*.
- Hooijer A, Page S, Jauhiainen J, Lee W.A, Lu X.X, Idris A and Anshari G, 2012b. *Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands*. *Biogeosciences*, 9, 1053-1071.
- Jauhiainen J, Takahashi H, Heikkinen J.E.P, Martikainen P.J and Vasander H, 2005. *Carbon fluxes from a tropical peat swamp forest floor*. *Global Change Biology*, 11, 1788 - 1797.
- Jauhiainen J., Limin S., Silvennoinen S., Vasander H. 2008. Carbon dioxide and methane in drained tropical peat before and after hydrological restoration. *Ecology*, 89 (12): 3503 – 3514
- Kalimantan Forests and Climate Partnership (KFCP), May 2009. Strategic peatland rehabilitation plan for block A (North-West) in the ex-Mega Rice Project area, Central Kalimantan, Project No: IFCI-C0011.
- Miettinen J and Liew S.C, 2010. Degradation and development of peat-lands in Peninsular Malaysia and in the islands of Sumatra and Borneo since 1990, *Land Degrad. Dev.*, 21, 285-296.
- Noor M, 2011. Lahan gambut: pengembangan, konservasi dan perubahan iklim. Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Page SE, F. Siegert, JO. Rieley, H. D. V. Boehm, A. Jaya, and S. Limin. 2002. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature* 420:61–65.
- Page S.E., Rieley J.O, and Christopher J. Banks, 2011. *Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool*, *Global Change Biology*, 17, 798-818.
- Ritzema HP. 2007. Performance Assessment of Subsurface Drainage System, case Studies from Egypt and Pakistan. in Wageningen, Alterra, The Netherlands, 137 pp. SNI 19-6724-20002. Jaring Kontrol Horizontal. ICS 13.180.30, Badan Standarisasi Nasional.
- Suryadiputra, I. N.N, Alue Dohong, Roh, S.B. Waspodo, Lili Muslihat, Irwansyah R. Lubis, Ferry Hasudungan dan Iwan T.C. Wibisono, 2005. Panduan penyekatan parit dan saluran di lahan gambut bersama masyarakat. Proyek climate change, forests and peatlands in Indonesia. Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor.
- Triadi, L Budi, et. al., 2013. Hydraulic intervention impact on subsidence and carbon emissions in peatland as a disaster mitigation effort (Case study : Sei Ahas - Central Kalimantan), Proceeding of the 4th HATHI International Seminar, 6 – 8 September 2013, Yogyakarta. Wösten, J. H. M., A. B. Ismail, and A. L. M. van Wijk. 1997. Peat subsidence and its practical implications: a case study in Malaysia. *Geoderma* 78:25–36.

Wösten, J.H.M. and H.P. Ritzema. 2001 Land and Water Management Options for Peatland Development in Sarawak. *International Peat Journal*, no. 11, 2001: 59-66.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Penelitian dan Pengembangan Rawa, Pusat Litbang Sumber Daya Air, Badan litbang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

atas izin penggunaan informasi, data serta bahan-bahan dan kepada seluruh Tim Kegiatan Penelitian Proyeksi Besaran Angka Emisi Karbon dan Penurunan Tanah Akibat dari Degradasi Lahan Rawa Gambut yang telah melakukan pengamatan/pengukuran di lapangan, elaborasi data, Bapak Dr. Ir. Asmadi Saad (Universitas Jambi) yang banyak memberikan dukungan dan masukkan serta semua pihak yang telah mendukung sehingga makalah ini dapat tersusun.