

# 2

## PERKEMBANGAN PEMETAAN DAN DISTRIBUSI LAHAN GAMBUT DI INDONESIA

<sup>1</sup>Wahyunto, <sup>1</sup>Kusumo Nugroho, <sup>2</sup>Fahmuddin Agus

<sup>1</sup> Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor 16114.  
Email: wahyunto2010@gmail.com.

<sup>2</sup> Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor 16114.

*Peran data spasial distribusi lahan gambut semakin penting sejalan dengan semakin meningkatnya perhatian berbagai kalangan tentang fungsi lahan gambut. Peta lahan gambut mempunyai arti strategis dalam perencanaan penggunaan lahan gambut untuk produksi dan untuk konservasi. Peta gambut juga berperan penting dalam rencana aksi nasional penurunan emisi gas rumah kaca (RAN-GRK) dan sebagai "data aktivitas" dalam perhitungan emisi GRK. Perkiraan terkini luas lahan gambut Indonesia adalah sekitar 14,9 juta ha (peta skala 1:250.000), terutama tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua, dengan ketebalan yang bervariasi mulai dari 1-10 m dan rata-rata sekitar 3 m. Pemetaan lahan gambut dihadapkan pada terbatasnya data survey karena rendahnya aksesibilitas ke sebagian lahan gambut, terutama yang berada di pedalaman Papua dan Kalimantan. Karena itu peta lahan gambut merupakan dokumen yang dinamis, yang perlu diperbaharui sejalan dengan kemajuan teknologi penginderaan jauh dan terkumpulnya data survey. Pemetaan pada tingkat provinsi dan kabupaten juga penting untuk mendukung rencana penggunaan dan konservasi di daerah dan ini menjadi tantangan bagi daerah yang dominan lahan gambutnya, namun belum mempunyai peta gambut yang lebih detil, seperti Provinsi Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Kalimantan Tengah, dan Papua.*

### A. Pendahuluan

Sesuai perkembangan survey dan pemetaan tanah nasional, perkiraan luas lahan gambut Indonesia telah berfluktuasi dari 13,2 sampai 26,5 juta hektar. Acuan luas yang disebut dalam literatur internasional adalah 20,6 juta hektar (Hooijer, 2006 dan Agus, 2012). Angka ini didasarkan pada peta lahan gambut yang ditulis oleh Wahyunto *et al.* yang diterbitkan pada tahun 2003, 2004, dan 2005 oleh Wetland International. Perkiraan tersebut didasarkan pada data survey tanah yang relatif terbatas, terutama untuk Papua karena kendala aksesibilitas hanya didasarkan pada hasil analisis citra satelit. Data gambut terakhir, yang diterbitkan oleh Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian tahun 2011 (Ritung *et al.*, 2011) luasnya 14,9 juta ha. Estimasi luas gambut ini berdasarkan hasil *updating* kompilasi peta-peta tanah hasil pemetaan terdahulu, data warisan tanah (*legacy soil data*) dan hasil survey tanah sampai tahun 2011. Data luasan gambut dan sebaran sangat bervariasi dari setiap penyusun/sumber mungkin dikarenakan

masih terdapat perbedaan: batasan/definisi, teknis survey dan pemetaan yang digunakan, dan sifat gambut yang dinamis sebagai dampak pemanfaatan lahan.

Pada awalnya survey pemetaan tanah termasuk inventarisasi lahan gambut, dilakukan secara *teristris* (*ground base method*) dengan sistem *grid*, yaitu melakukan pengamatan sifat-sifat tanah pada setiap jarak yang sama dalam suatu jalur/transek tertentu. Indonesia dengan luas wilayah 1,91 juta km<sup>2</sup> (BPS, 2011), membentang lebih dari 5.100 km di sepanjang khatulistiwa, pemetaan lahan gambut dengan sistem *teristris* akan memakan waktu yang lama, sulit, dan mahal. Selama kurun waktu sekitar 30 tahun dengan sistem *teristris* serta alokasi dana yang diprioritaskan untuk pemetaan tanah baru mampu menyelesaikan penghimpunan data lapangan pemetaan tanah tinjau (skala 1:250.000). Sampai saat ini belum ada teknologi yang akurat untuk inventarisasi dan memverifikasi distribusi dan luasan lahan gambut. Data pengamatan lapangan (*ground truth*), meskipun mahal dan melelahkan, tidak/belum memiliki pengganti. Namun berkat kemajuan teknologi citra penginderaan jauh dan geo-spasial yang pesat saat ini, intensitas pengamatan lapangan (*ground truth*) dapat dikurangi, terbatas pada daerah-daerah perwakilan, namun mutlak masih diperlukan. Dengan demikian, kombinasi teknologi digital, geo-spasial, dan survey tanah "*ground based method*" adalah jalan ke depan yang perlu ditempuh untuk inventarisasi sumberdaya lahan/termasuk lahan gambut serta meningkatkan akurasi/reliabilitas hasil inventarisasi.

Data karakteristik, distribusi, dan luasan lahan gambut bersifat sangat dinamis dan terus-menerus akan mengalami perubahan, oleh karena itu perlu diperbarui secara berkala, dengan memperbanyak/menambah data hasil validasi (*ground truth*) pada kawasan-kawasan perwakilan untuk memperoleh informasi yang hampir mendekati kondisi sebenarnya. Tulisan ini menyajikan hasil pemetaan/inventarisasi lahan gambut dari berbagai sumber lingkup Kementerian Pertanian serta gambaran umum perkembangan metode penyusunan peta lahan gambut, serta informasi sebaran dan karakteristik lahan gambut terakhir yang disusun oleh BBSDLP dengan menggunakan teknologi geospasial, data warisan tanah dan survey/pengamatan lapangan sampai dengan tahun 2011. Informasi ini sangat berguna bagi pemegang kebijakan untuk kepentingan pengelolaan dan pemanfaatan lahan gambut yang berkelanjutan serta usaha untuk melakukan perlindungan lahan gambut dan ekosistemnya.

## **B. Perkembangan Metode Pemetaan dan Perkiraan Luas Lahan Gambut**

### **1. Metode Pemetaan Lahan Gambut**

Pada awalnya pemetaan tanah dilakukan pada suatu kawasan atau luasan tertentu, pemetaan dilakukan untuk semua jenis tanah di wilayah tersebut baik di lahan kering maupun di lahan basah dimana terdapat tanah mineral maupun tanah gambut. Survey dan pemetaan tanah dilakukan dengan sistem *grid*, yaitu melakukan pengamatan sifat-sifat

tanah pada setiap jarak tertentu (interval pengamatan tergantung tingkatan skala pemetaan). Umumnya jarak antara titik pengamatan dalam suatu jalur transek adalah 100, 500, dan 1.000 m pada skala pemetaan 1:50.000, 1:250.000, dan 1:1 juta, sehingga intensitas pengamatannya adalah satu titik observasi diharapkan dapat mewakili area 25, 625, dan 10.000 ha. Penentuan jalur transek umumnya mempertimbangkan variasi topografi/relief (toposequent) dan/atau variasi litologi/geologi (litosequent), sehingga akan diperoleh informasi variasi jenis-jenis tanah dan sebarannya. Peta topografi (sekarang disebut peta rupa bumi, RBI) digunakan sebagai acuan pengamatan di lapangan dan untuk menentukan koordinat setiap titik pengamatan. Peta topografi juga digunakan sebagai peta dasar (*base map*) untuk menggambarkan sebaran jenis-jenis tanah hasil survey dan pemetaan. Untuk penyusunan peta gambut, transek dibuat tegak lurus sungai kearah pusat kubah (*center peat dome*) dengan asumsi dapat dijumpai variasi ketebalan gambut, tingkat kematangan dan sifat-sifat fisik lainnya. Pengamatan tanah dilakukan dengan cara pemboran tanah gambut sampai kedalaman tanah mineral (*substratum*). Parameter yang diamati adalah ciri-ciri morfologi tanah gambut antara lain ketebalan, kematangan, warna, sisipan tanah mineral, konsistensi, pH, muka air tanah, substratum, keberadaan bahan sulfidik dan gejala lainnya. Untuk substratum tanah mineral diamati warna, tekstur, konsistensi, pH, dan gejala kemungkinan adanya bahan sulfidik. Semua parameter tersebut dicatat dalam formulir pengamatan untuk disimpan dalam suatu data base tanah. Cara pengamatan sifat-sifat morfologi tanah mengikuti buku petunjuk yang tercantum dalam “Petunjuk Teknis Pengamatan Tanah” (diterbitkan Balai Penelitian Tanah, 2004). Contoh tanah diambil untuk setiap lapisan tanah gambut dari setiap titik pengamatan mewakili satuan tanah untuk analisis kimia. Selain itu dilakukan pula pengambilan contoh untuk analisis sifat fisika (berat isi/BD dan kadar air) lapisan atas (0-20 cm) dan lapisan bawah (20-60 cm) berdasarkan tingkat kematangan gambut dengan dua kali ulangan. Analisis sifat fisika tanah meliputi penetapan BD (pada kondisi basah dan kering oven), kadar air, dan kadar serat. Analisis sifat kimia tanah meliputi penetapan kandungan bahan organik (C, N, dan C/N), pH tanah, kadar  $P_2O_5$  dan  $K_2O$  ekstraksi HCl 25%, kadar  $P_2O_5$  tersedia ekstrak Bray 1, basa-basa dapat tukar (Ca, Mg, K, dan Na), kapasitas tukar kation ( $NH_4OAc$  pH 7), kadar Al ekstraksi 1 N KCl, kadar abu, kadar unsur hara mikro (Fe, Mn, Zn, Cu), kadar pirit/bahan sulfidik, daya hantar listrik, dan salinitas. Data hasil pengamatan lapangan dan data hasil analisis contoh tanah diinterpretasi untuk penetapan sifat-sifat fisik-kimia dan klasifikasi tanah, serta penyusunan satuan peta tanah. Pengelompokkan sifat-sifat tanah mengikuti *Terms of Reference Survey Kapabilitas Tanah* (Pusat Penelitian Tanah, 1981).

Mulai tahun 1970-an dengan dikenalkan teknologi penginderaan jauh awalnya menggunakan wahana pesawat terbang dengan salah satu produknya adalah foto udara. Penginderaan jauh satelit baru diperkenalkan pada tahun 1972, dengan diluncurkannya satelit ERTS-1 oleh Badan Antariksa Amerika Serikat NASA. Dengan data penginderaan jauh, permukaan bumi (dataran, pesisir pantai, perbukitan/pegunungan, rawa) dengan

segala penutupan lahannya (hutan, lahan pertanian, perkebunan, permukiman/kota, dan lain sebagainya) dapat dilihat melalui *print out*/citra cetak atau data digital pada hasil rekaman data inderaja/citra satelit. Dengan analisis data penginderaan jauh (citra foto atau citra satelit) dapat diidentifikasi dan diinventarisasi keadaan: topografi/relief, beberapa ciri khas litologi dan tanahnya, tingkat erosi/degradasi lahan yang telah terjadi, kondisi hidrologi/drainase permukaan, keadaan vegetasi penutup dan penggunaan tanahnya. Lain dari itu penentuan batas berbagai obyek suatu wilayah dapat dilakukan dan ditarik garis batasnya dengan lebih teliti berdasarkan analisis data penginderaan jauh dari pada di lapangan (Lillesand *et al.*, 2004). Analisis data inderaja/citra satelit untuk inventarisasi/pemetaan tanah dan lahan gambut digunakan metode pendekatan analisis bentuk lahan (*landform*/fisiografi). Parameter yang digunakan sebagai kunci interpretasi untuk pengenalan keberadaan lahan gambut antara lain: pola drainase, drainase permukaan. Selain itu, bagi daerah yang belum memiliki peta dasar (peta Rupa Bumi Indonesia) dengan skala yang memadai, citra satelit sekaligus dapat digunakan sebagai peta dasar. Dalam analisis citra untuk pemetaan tanah/lahan gambut digunakan data/peta pendukung seperti peta topografi, litologi, geologi, penggunaan lahan/vegetasi.

Dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh/citra satelit, pengamatan yang intensif untuk menggali informasi sifat-sifat tanah dan lingkungan secara mendetil di kawasan yang diindikasikan merupakan lahan gambut, tidak diartikan harus dilakukan dengan penjelajahan ke seluruh wilayah dengan jarak yang sama (sistem *grid*, yaitu setiap pengamatan tanah dilakukan pada jarak yang sama dalam suatu transek), tetapi yang penting dilakukan penjelajahan pada setiap unit *landform*/fisiografi berdasarkan hasil analisis citra satelit. Dalam satuan peta fisiografi/*landform* hasil analisis citra satelit, diasumsikan setiap poligon unit fisiografi/*landform* merupakan area memiliki keseragaman unsur-unsur pembentuk tanah. Umumnya terdapat hubungan antara bentuk lahan (*landform*/grup fisiografi) dan penyebaran sifat-sifat sumberdaya lahan/tanah (Sutanto, 2002). Satuan bentuk lahan/*landform* tersebut digunakan sebagai wadah satuan peta (*mapping unit*) lahan gambut. Beberapa informasi spasial yang diperlukan untuk mendukung akurasi hasil analisis citra satelit tentang pemetaan lahan gambut antar lain data/peta yang mengindikasikan adanya lahan gambut seperti peta tanah, peta geologi, peta rupabumi Indonesia, peta lahan gambut hasil pemetaan/penelitian terdahulu.

Pada kenyataannya, untuk menyadap informasi fisiografis misalnya dataran rawa pasang surut, rawa belakang sungai, rawa lebak, dataran banjir, kubah gambut, pegunungan lipatan, kerucut volkan, dataran jalur aliran sungai dan seterusnya, cara analisis manual merupakan cara terbaik. Karena sampai saat ini, paket program komputer belum mampu menirukan kompleksitas cara berpikir manusia yang didukung oleh pengalaman empiris, dalam mengenali dan mengelompokkan fenomena yang ada terutama tentang bentuk lahan/*landform* dan fisiografi. Namun untuk menyadap informasi penutup lahan/vegetasi dan fenomena terkait seperti hutan rawa, tanaman perkebunan, umur tanaman, jenis tanaman, kandungan klorofil, tingkat kelembaban tanah dan lain

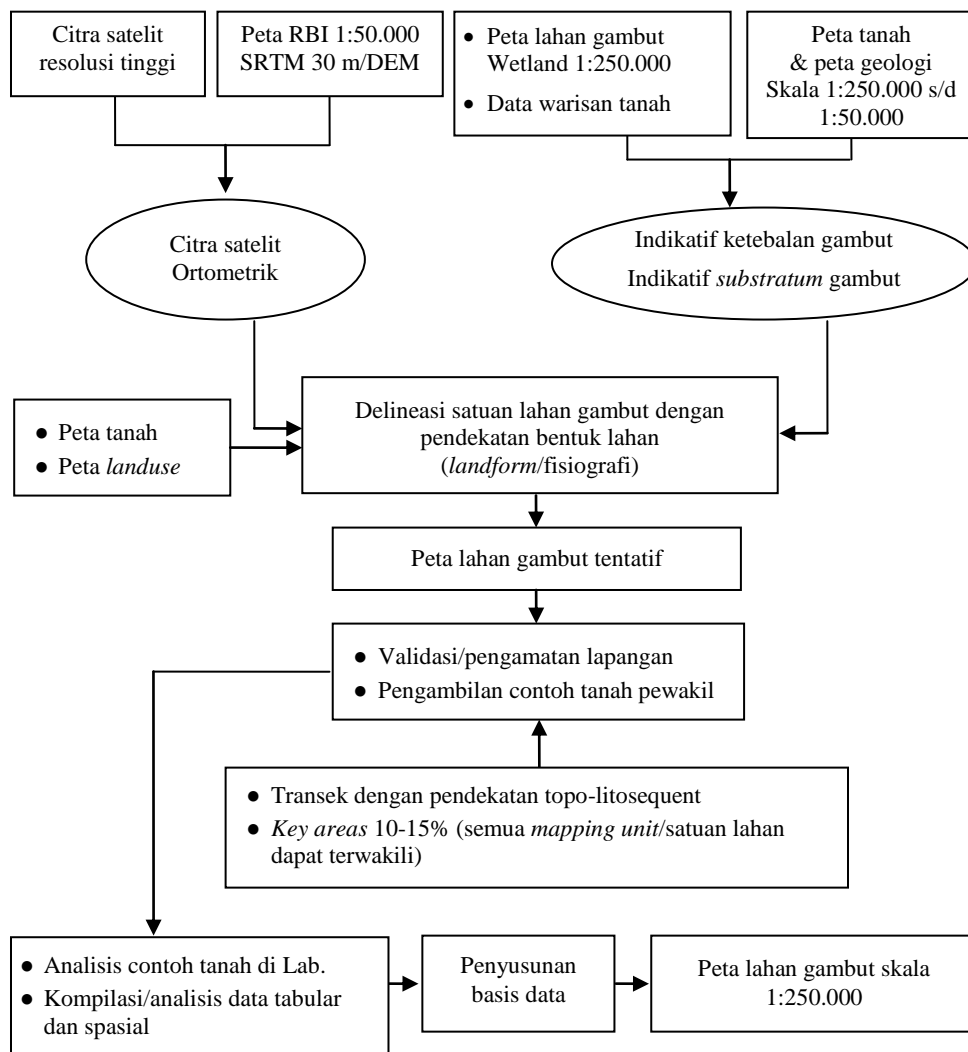
sebagainya, pemrosesan/analisis citra satelit secara digital justru lebih unggul, karena dapat membedakan sinyal spektral obyek secara rinci yang berasal dari berbagai jenis penutupan vegetasi/penggunaan lahan. Mulai tahun 2000-an informasi lereng yang dibangkitkan dari data *Shuttle Radar Topographic Mapping* (SRTM) dapat diolah secara digital menjadi data *Digital Elevation Model* (DEM), sehingga informasi lereng dan penyebarannya dapat diklasifikasikan secara digital. Hasil analisis secara manual maupun secara digital, perlu dilakukan validasi/pengamatan lapangan pada tempat-tempat yang mewakili (*key areas*), agar penyimpangan yang terjadi pada tahap analisis dapat diperbaiki, dikoreksi, dan disesuaikan dengan kondisi aktual lapangan. Baik analisis manual maupun digital setelah dipadukan, mampu menurunkan informasi baru yang disebut peta tematik, seperti peta satuan lahan/*landform*, peta penggunaan lahan dan peta tanah termasuk peta lahan gambut.

Pada saat ini pemetaan lahan gambut, diawali dengan analisis citra satelit dan data-data pendukungnya. Citra satelit resolusi tinggi antara lain ALOS dan SPOT diintegrasikan dengan data kontur dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) atau data olahan rekaman “*Shuttle Radar Topographic Mapping-SRTM*” dapat digunakan untuk menggali informasi bentang lahan/*terrain* secara tiga dimensi (DEM) dan mempermudah untuk mengenali unit lahan (*landform*/fisiografi) atau kawasan yang diindikasikan terdapat gambut. Selain itu, informasi spasial yang bersumber dari peta geologi di-*overlay*-kan dengan peta tanah dan peta gambut (bila ada) akan didapat informasi tentang indikasi tentang jenis bahan mineral yang terdapat di bawah lapisan gambut (*sub-stratum*) dan ketebalan gambut. *Overlay* antara “data DEM yang berisi informasi unit lahan” dan data/informasi “indikasi ketebalan gambut dan jenis *substratum*” dapat diturunkan menjadi “peta interpretasi sebaran lahan gambut”. Dasar analisis untuk mengenali/identifikasi dan inventarisasi lahan rawa gambut, kriteria yang digunakan dalam analisis untuk pengelompokan bentuk lahan/*landform* antara lain: relief/topografi, drainase permukaan, kondisi geologi/litologi. Umumnya terdapat hubungan antara bentuk lahan (*landform*/grup fisiografi) dan penyebaran sifat-sifat sumberdaya lahan/tanah (Sutanto, 2002). Satuan bentuk lahan/*landform* tersebut digunakan sebagai wadah satuan peta (*mapping unit*) lahan gambut.

Pengenalan sebaran lahan gambut dilakukan melalui pendekatan analisis fisiografi/*landform* dengan ditunjang oleh data/informasi topografi dan geologi. Indikator yang digunakan dalam mendeteksi keberadaan lahan gambut pada citra satelit antara lain: kondisi drainase permukaan (*wetness*), pola aliran, relief/topografi dan tipe penggunaan lahan/vegetasi penutup. Dari hasil analisis citra satelit ini, kemudian dilakukan pengecekan lapangan pada daerah perwakilan (*key areas*). Dalam identifikasi dan inventarisasi lahan gambut, beberapa kriteria yang digunakan antara lain: tipe vegetasi/penggunaan lahan (*existing landuse*, topografi/relief, dan kondisi drainase/genangan air). Untuk mengkaji dan melihat perubahan perkembangan dalam berbagai karakteristik gambut serta penyebarannya, maka dilakukan pengamatan lapangan melalui survey dan

pemetaan yang lebih detail. Data ini digunakan untuk memperbaharui sekaligus merevisi pembatasan (*delineation*) sebaran lahan gambut pada setiap satuan peta, serta menambahkan informasi terbaru. Bagan alir strategi penyusunan peta lahan gambut disajikan pada Gambar 1. “Peta Interpretasi Sebaran Lahan Gambut” kemudian divalidasi dan dilakukan pengamatan lapangan terutama pada daerah-daerah kunci (*key areas*). Area kunci merupakan area yang dipilih sebagai perwakilan seluruh unit lahan yang ada di daerah yang dipetakan untuk diamati/secara mendetil di lapangan (sekitar 10-15% dari target area).

**Gambar 1.** Diagram alir pembaharuan dan penyusunan peta lahan gambut Indonesia



Kegiatan pengamatan dan validasi lapangan (*ground truth*) ditekankan pada pengecekan atau pengamatan satuan bentuk lahan/*landform* dari hasil interpretasi citra, termasuk mengamati sifat-sifat tanah gambut dan penyebarannya pada setiap komponen geomorfik/satuan bentuk lahan serta pengambilan contoh tanah perwakilan. Semua hasil pengamatan lapangan dicatat dalam format komputer (*digital file*), sedangkan lokasi pengamatan dan jalur *tracking* posisi geografis yang diukur dengan peralatan *Geographic Positioning System* (GPS) diplot dalam peta dasar yang akan digunakan untuk penyajian peta final/akhir tentang sebaran lahan (rawa) gambut dan karakteristiknya. Pencatatan hasil pengamatan tanah dan satuan lahan mengikuti “Buku Petunjuk Pengamatan Tanah di Lapangan” yang telah dibakukan (Balai Penelitian Tanah, 2007). Penjelajahan dan pengamatan sifat-sifat tanah dilakukan semaksimal mungkin sesuai dengan aksesibilitas setempat dan lebih diutamakan pada daerah-daerah berpotensi untuk pengembangan pertanian, dengan pendekatan sistem Transek berdasarkan variasi topografi (*toposekuent*) atau variasi litologi (*litosekuen*).

Pengamatan dilakukan dengan membuat “transek” dari tepi lahan gambut ke arah pusat kubah gambut atau dilakukan secara “acak/random” pada tempat-tempat yang dianggap mewakili. Validasi dan pengamatan lapangan dilakukan untuk mendapatkan informasi tingkat kematangan gambut, ketebalan gambut, kedalaman air tanah, bahan substratum, vegetasi penutup/penggunaan lahan, keberadaan saluran drainase. Contoh tanah perwakilan diambil untuk dianalisis di laboratorium untuk mengetahui sifat fisika dan kimia tanah terutama tentang BD, kadar abu, kadar serat, kandungan C organik, pH, kadar hara N, P, K, Ca, Mg. Hasil pengamatan dan validasi lapangan (*ground truthing*) dan analisis laboratorium dijadikan acuan untuk menyempurnakan peta lahan gambut pada tahap desk studi.

## 2. Variasi Perkiraan Luas Lahan Gambut

Lahan gambut terbentuk di wilayah datar dan jenuh air, dan secara dominan merupakan gambut dataran rendah (*lowland peats*), yang penyebarannya sebagian besar di daerah dataran rendah sepanjang pantai. Secara spesifik proses pembentukannya menempati daerah depresi/basin diantara dua sungai-sungai besar. Sebagian gambut dapat terbentuk di cekungan-cekungan, danau-danau, di daerah pelembahan dan dataran banjir sungai besar.

Berapa luas gambut di Indonesia? Penelitian yang cukup intensif, belum dilakukan di seluruh wilayah lahan gambut yang merupakan bagian dari lahan rawa. Dari ketiga pulau besar di luar Jawa, hanya lahan rawa di pantai timur Sumatera dan sebagian lahan rawa di Kalimantan (Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan) cukup banyak diteliti antara tahun 1969-1979, selama berlangsungnya Proyek Pembukaan persawahan pasang surut di daerah tersebut (Subagjo, 2002). Sebagian wilayah lahan gambut juga diteliti, sewaktu seluruh wilayah daratan Sumatera dipetakan tanahnya pada

tingkat tinjau, skala 1:250.000 oleh Proyek LREP-I (1987-1991) Pusat Penelitian Tanah. Untuk Pulau Papua, baru sebagian wilayah rawa di sekitar Merauke dan Sungai Digul, telah pernah dipetakan pada tingkat tinjau (1983-1985) oleh Pusat Penelitian Tanah. Pada tahun 2002-2005 Wetland International (Wahyunto *et al.*, 2004 dan 2005) pertama kalinya menyusun peta lahan gambut untuk Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua berdasarkan hasil analisis citra satelit dan kompilasi data/peta tanah yang telah ada. Selanjutnya BBSDLP (Ritung *et al.*, 2011) melakukan *updating* peta lahan gambut tersebut dengan menggunakan data warisan tanah dan hasil survey pemetaan tanah yang dilakukan oleh BBSDLP sampai dengan tahun 2011. Oleh karena itu luas lahan gambut sebagaimana lahan rawa umumnya, masih berupa perkiraan. Tabel 1 menyajikan data perkiraan luas lahan gambut yang tersedia di berbagai sumber/penyusun.

Polak (1952) pertama kalinya menyebutkan perkiraan luas lahan gambut seluruh Indonesia adalah 16,350 juta ha. Driessen (1978) mengikuti batasan Polak (1952) menyebutkan luasnya sebesar 16,35 juta ha. Angka ini juga mendekati perkiraan luas oleh Andriess 16,500 juta ha (1974). Data luas Driessen (1978) memberi kesan luas gambut Kalimantan terlalu besar, sebaliknya perkiraan luasan gambut di Irian jaya (sekarang Papua) terlampaui rendah.

Data Pusat Penelitian Tanah (1981) yang diperoleh dari pengukuran planimetris pada Peta Tanah Bagan Indonesia skala 1:2.500.000 tahun 1972, mencapai 26,5 juta ha. Data ini dianggap terlampaui luas, khususnya luas gambut di Papua dan Maluku dinilai terlalu besar. Data perkiraan luas Sukardi dan Hidayat (1988) mencantumkan lebih rendah, yaitu sekitar 18,680 juta ha. Data Subagjo *et al.* (1990) yang meneliti penyebaran *Wet Soil* di Indonesia memperoleh luas 14,891 juta ha.

Nugroho *et al.* (1992) memplotkan sebaran lahan pasang surut, rawa dan pantai pada peta dasar *Tactical Piloteage Chart (Joint Operation Graphic-JOG)* skala 1:500.000. Sebagai sumber utama adalah peta-peta hasil survey Euroconsults (1984), peta *Land Unit and Soil Map* LREP-1 seluruh lembar Sumatera (LREP-1, 1987-1991) dan peta-peta Landsystem Re PPProT (1990-1991) untuk Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Irian Jaya. Sebagai tambahan adalah peta-peta tanah berbagai skala yang tersedia di Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Hasil perkiraan luas gambut di Indonesia menurut Nugroho *et al.* (1992) adalah 15,433 juta ha.

Selanjutnya data Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (1997) menyajikan luas total lahan gambut 16,266 juta ha. Data ini sangat mendekati perkiraan luas lahan gambut oleh Polak (1952) yang dibuat 45 tahun sebelumnya. Sementara itu data yang dikemukakan oleh peneliti lain, yaitu Radjaguguk (1997) dan Reiley *et al.* (1997) mengemukakan luas lahan gambut sekitar 20,072 juta ha. Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi, skala 1:1.000.000 (Puslitbangtanak, 2000) dan dikemukakan oleh Subagjo *et al.* (2000) adalah antara 13,203-14,494 juta ha. Luas ini sama dengan luas lahan gambut yang dikemukakan oleh Abdurahman dan Ananto (2000) yaitu 13,202 juta ha.



Data luas lahan gambut terakhir yang diterbitkan oleh Wetland International Indonesia Program (Wahyunto *et al.*, 2004 dan 2005) menyajikan luas total lahan gambut di Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua 20,94 juta ha. Data ini diperoleh dari hasil analisis citra satelit Landsat TM tahun 2001-2002 dan data kompilasi peta-peta tanah Proyek RePPPProT (1988), Proyek LREP-I (1991), dan Proyek P4S. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (Ritung *et al.*, 2011), melakukan *updating* peta lahan gambut terbitan Wetland International dengan menggunakan data warisan tanah (*legacy soil data*), data-data hasil survey dan pemetaan tanah sampai dengan tahun 2011 serta analisis citra satelit (Landsat TM, ALOS, SPOT), luas lahan gambut terhitung 14,91 juta ha. Data lahan gambut versi terakhir ini digunakan untuk mendukung pelaksanaan Inpres No. 10 tahun 2011 dan No. 6 tahun 2013, tentang penundaan ijin baru pembukaan hutan alam/primer dan lahan gambut. Pada kedua Inpres tersebut dilampirkan Peta Indikatif Penundaan Ijin Baru (PIPIB) yang petanya disusun dengan menggunakan: 1) peta penutupan lahan dan kawasan hutan, 2) peta lahan gambut, dan peta ijin konsesi perkebunan.

**Tabel 1.** Luas lahan gambut di Indonesia dari berbagai sumber dan tahun pemetaan

Sumber	Luasan dalam juta hektar				
	Sumatera	Kalimantan	Papua	Lainnya	Total
Polak(1952)					16,5
Andriess (1974)					16,5
Driessen dan Soeprtohardjo (1978)	9,7	6,3	0,1	-	16,1
Puslittanah (1981)	8,9	6,5	10,9	0,8	27,1
Euroconsults (1984)	6,8	5,5	5,5	-	17,2
Sukardi dan Hidayat (1988)	4,5	9,3	4,6	0,3	18,4
Departemen Transmigrasi (1988)	8,2	4,6	4,6	0,4	20,1
Subagjo <i>et al.</i> (1990)	6,4	5,3	3,1	-	14,9
Departemen Transmigrasi (1990)	6,9	4,2	4,2	0,3	17,8
Nugroho <i>et al.</i> (1992)	4,8	5,6	4,9	0,1	15,4
Dwiyono dan Rahman (1996)	7,2	8,4	8,4	0,1	20,0
Radjagukguk & Rieley(1997)	8,3	6,8	4,6	0,4	20,1
Pusat Penelitian Tanah (1997)	6,7	5,2	4,2	0,2	16,3
Subagjo <i>et al.</i> (2000)	6,6	4,4	3,3	0,2	14,5
Wahyunto <i>et al.</i> (2003, 2004 dan 2005)	7,2	5,6	8,0	-	20,9
Ritung <i>et al.</i> , 2011	6,4	4,8	3,7	-	14,9

Sumber: Subagjo (2002), Wahyunto *et al.* (2005), Istomo (2007)

Dari analisis Tabel 1, disimpulkan bahwa luas total lahan gambut di Indonesia yang “mendekati”, pada awalnya sebelum reklamasi tahun 1970-an adalah sekitar 16-20 juta ha. Namun kemudian dengan reklamasi lahan pasang surut selama Pelita I-III (1969-

1984) yang diikuti pembukaan oleh masyarakat/pemukim spontan pada tahun-tahun sesudahnya, luas lahan gambut telah menyusut menjadi sekitar 14-15 juta ha. Penyusutan terjadi, karena; (1) sistem penyusunan peta yang berdasarkan hasil desk studi dan hasil analisis citra dengan data validasi lapangan/*ground truth* yang sangat terbatas (terutama daerah Papua), kemudian data tersebut diupdate dengan data warisan tanah dan data-data peta/validasi lapangan (*ground truth*) yang lebih intensif dan (2) cukup banyak wilayah kubah gambut yang lenyap, dan berganti menjadi lahan pertanian dan perkebunan atau penggunaan lahan lainnya serta sebagian lagi menjadi semak belukar bahkan menjadi bongkor. Sebagai contoh adalah kubah gambut di delta Pulau Petak Kalimantan Selatan; di Air Sugihan, di Sumatera Selatan, Sungai Kumpeh di Jambi, serta satu dua lokasi kubah gambut di Riau dan Kalimantan Barat.

### 3. Perkiraan terkini sebaran dan luas lahan gambut Indonesia

Sumber data utama yang digunakan untuk menyusun dan memperbaharui (*up-dating*) data/informasi spasial lahan gambut antara lain: (i) Peta-peta tingkat tinjau (1:250.000) maupun yang lebih rinci (skala 1:100.000; 1:50.000) hasil kegiatan pemetaan terdahulu seperti: peta-peta sumberdaya lahan dan tanah kegiatan Proyek LREP I, peta-peta tanah tingkat tinjau Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Peta PLG (ABCD) dan peta-peta *Agro Ecological Zone* (AEZ) seluruh daerah Papua dan Papua Barat; (ii) Data digital citra Landsat 7 ETM, dari seluruh Indonesia rekaman tahun 2010-2011; (iii) Peta dasar digital dari peta Rupabumi skala 1:250.000 yang diterbitkan BAKOSURTANAL-BIG dan (iv) Peta-peta geologi skala 1:250.000 yang diterbitkan Direktorat Geologi/Puslitbang Geologi Bandung. Metode penyusunan peta lahan gambut skala 1:250.000 mengacu pada metode pemetaan lahan gambut yang dimutakhirkan (Gambar 1).

Tanah gambut paling luas terdapat di Sumatera, disusul Kalimantan dan Papua. Di Sumatera penyebaran terluas lahan gambut terdapat di sepanjang pantai timur, yaitu di Provinsi Riau, Sumatera Selatan, Jambi dan Aceh. Juga terdapat di dataran sempit pantai barat Sumatera yaitu Kabupaten Pesisir Selatan (Rawa Lunang), Agam dan Pasaman, dan di Muko-muko (Bengkulu).

Di Kalimantan, penyebaran gambut cukup luas terdapat di sepanjang pantai barat wilayah Provinsi Kalimantan Barat, khususnya di Kabupaten Mempawah, Ketapang, Sambas, Kubu Raya, dan Pontianak. Sebagian merupakan gambut pedalaman, ditemukan di daerah rawa pada hulu sungai Kapuas, di sekitar Putu Sibau. Di Pantai Selatan, Provinsi Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah, gambut luas terdapat di wilayah antara sungai Sebangau, Kahayan, Kapuas, dan Barito. Wilayah ini pada tahun 1996–1998 menjadi terkenal, karena merupakan lokasi proyek pengembangan Lahan Gambut (PLG) satu juta hektar. Di Kalimantan Timur, wilayah penyebaran gambut cukup luas merupakan gambut pedalaman, yaitu di daerah danau pada DAS Mahakam bagian tengah,

sebelah barat laut Kota Samarinda. Sebagian lagi berupa gambut pantai, tersebar di dataran pantai sebelah barat kota Tarakan, Kabupaten Bulungan/Malinau.

**Tabel 2.** Lahan Gambut di Sumatera, Kalimantan, dan Papua, tahun 2011

Provinsi/pulau	Luas (ha)	Luas (%)
Aceh	215.704	3,35
Sumatera Utara	261.234	4,06
Sumatera Barat	100.687	1,56
Riau	3.867.413	60,08
Kepulauan Riau	8.186	0,13
Jambi	621.089	9,65
Bengkulu	8.052	0,13
Sumatera Selatan	1.262.385	19,61
Kep. Bangka Belitung	42.568	0,66
Lampung	49.331	0,77
Sumatera	6.436.649	100
Kalimantan Barat	1.680.135	35,16
Kalimantan Tengah	2.659.234	55,66
Kalimantan Selatan	106.271	2,22
Kalimantan Timur	332.265	6,96
Kalimantan	4.777.905	100
Papua	2.644.438	71,65
Papua Barat	1.046.483	28,35
Papua	3.690.921	100
Luas total	14.905.475	

Sumber:diolah dari Ritung *et al.* (2011)

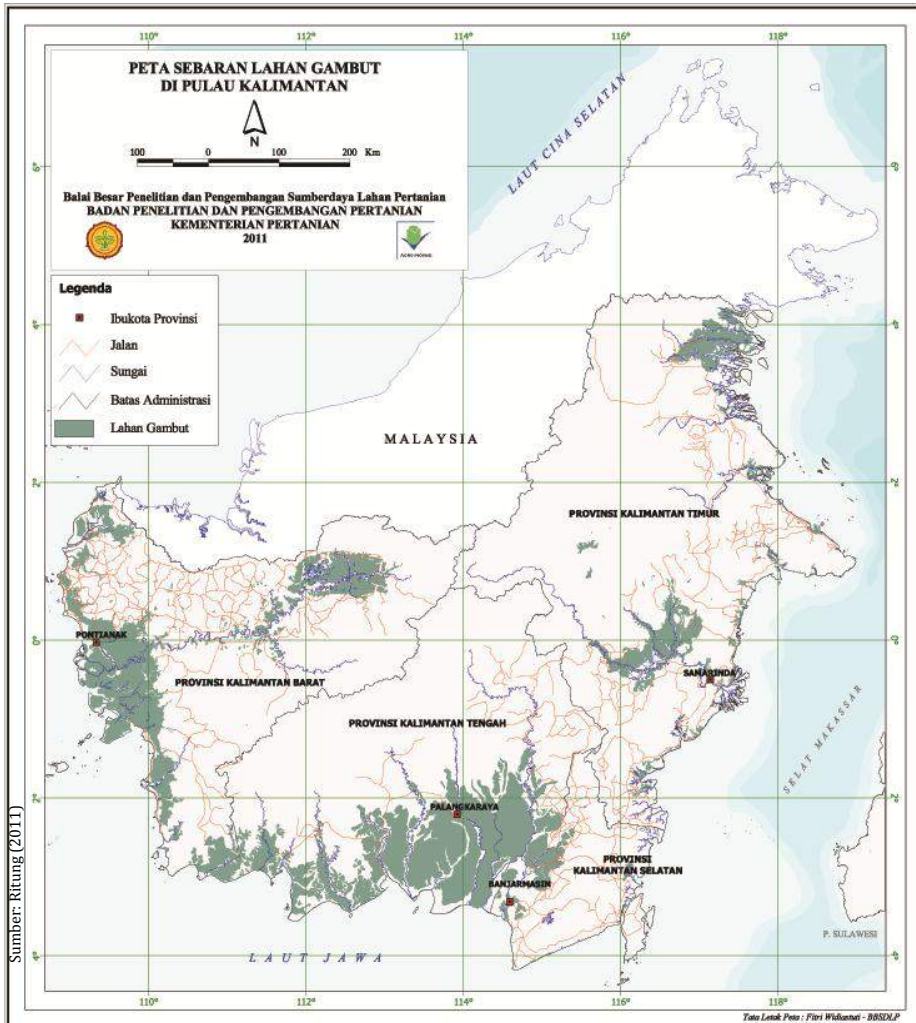
Di Papua, penyebaran gambut cukup luas terdapat di sepanjang dataran pantai selatan sekitar kota Agats. Sebagian termasuk Kabupaten Fak-fak. Penyebaran lainnya terdapat di dataran rawa sebelah utara Teluk Bintuni, Kabupaten Fakfak, dan dataran rawa pantai sebelah timur laut kota Nabire, Kabupaten Nabire. Seluruhnya merupakan gambut pantai. Selain itu, terdapat penyebaran agak luas gambut pedalaman, yang ditemukan dalam lembah Sungai Mamberamo, suatu dataran luas berawa pada ketinggian sekitar 100 m dpl. Lembah ini masuk dalam wilayah tiga kabupaten, yaitu Kabupaten Jayapura, Jayawijaya, dan Paniai.

Sebaran lahan gambut di Sumatera, Kalimantan, dan Papua disajikan pada Gambar 2, 3, dan 4. Tingkat kematangan dan ketebalan gambut pada berbagai wilayah kabupaten yang lahan gambutnya dominan di Sumatera, Kalimantan, dan Papua disajikan pada Gambar 5.

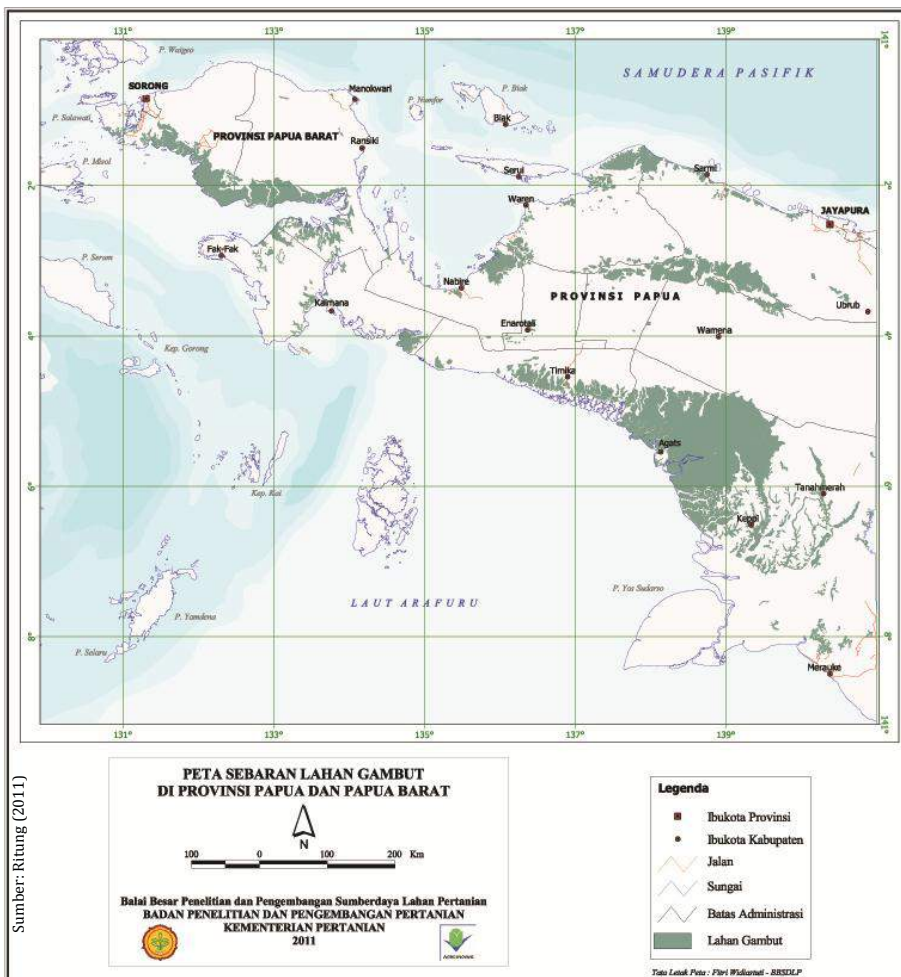
Gambar 2. Peta sebaran lahan gambut Pulau Sumatera



Gambar 3. Peta sebaran lahan gambut Pulau Kalimantan



Gambar 4. Peta sebaran lahan gambut Papua



Sumber: Ritung (2011)

**Gambar 5.** Ketebalan dan tingkat kematangan gambut pada berbagai lokasi perwakilan

Ketebalan (cm)	Muaro-Jambi JAMBI	Pelalawan RIAU	Kubu Raya KALBAR	Pulang Pisau KALTENG	K-kencana MIMIKA
10	0-70cm saprik	0-50 cm Saprik	0-30 cm Saprik	0-70cm Saprik	0-160cm Hemik
20			60-90cm Hemik		
30		90-500cm Fibrik		70-130cm Hemik	
40			70-210cm Hemik		
50	150-500cm Fibrik	160-220cm Fibrik			
60				210-500cm Fibrik	
70	Liat berdebu YH23	Liat berdebu YH23			
80				Liat berdebu YH23	
90	Liat berdebu YH23	Liat berdebu YH23			
100			Liat berdebu YH23	Liat berdebu YH23	
150	Liat berdebu YH23	Liat berdebu YH23			
200			Liat berdebu YH23	Liat berdebu YH23	
210	Liat berdebu YH23	Liat berdebu YH23			
300			Liat berdebu YH23	Liat berdebu YH23	
400	Liat berdebu YH23	Liat berdebu YH23			
500			Liat berdebu YH23	Liat berdebu YH23	
Sub-stratum	Liat berdebu	Liatberdebu			Liat
Pemeta	Slj-10	WH10	NR30	DS2	

### C. Kondisi *Existing* Penggunaan dan Penutupan Lahan Gambut

Untuk mengetahui kondisi *existing* lahan gambut, dilakukan *overlay* peta lahan gambut hasil *updating* tahun 2011 (Ritung *et al.*, 2011) dengan peta penutupan lahan tahun 2012 (Kementerian Kehutanan, 2011). Hasil *overlay* tentang kondisi penggunaan lahan dan penutupan vegetasi pada lahan gambut di Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Penggunaan lahan dan penutupan vegetasi di lahan gambut Sumatera, Kalimantan, dan Papua

Penggunaan lahan	Sumatera		Kalimantan		Papua		Jumlah total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Hutan mangrove primer	1.147	0,0	1.801	0,0	229.206	6,3	232.154	1,6
Hutan mangrove sekunder	29.909	0,5	10.024	0,2	48.868	1,3	88.802	0,6
Hutan rawa primer	255.051	3,9	53.254	1,1	2.228.114	60,8	2.536.424	17,0
Hutan rawa sekunder	1.324.743	20,1	2.182.402	46,9	481.091	13,1	3.988.303	26,8
Hutan tanaman	741.499	11,3	148	0,0	453	0,0	742.113	5,0
Semak/belukar	233.282	3,5	80.566	1,7	88.496	2,4	402.349	2,7
Belukar rawa	1.293.543	19,7	1.293.097	27,8	249.533	6,8	2.836.221	19,0
Perkebunan	1.262.530	19,2	298.156	6,4	1.723	0,0	1.562.435	10,5
Pemukiman	40.199	0,6	20.966	0,5	3.586	0,1	64.752	0,4
Tanah terbuka	378.551	5,8	187.447	4,0	13.905	0,4	579.913	3,9
Pertambangan	-		2.065	0,0	495		2.560	0,0
Awan	1.275	0,0	-		2.882	0,1	4.157	0,0
Savana	89.143	1,4	2		66.921	1,8	156.068	1,0
Tubuh air	5.043	0,1	5.466	0,1	73.205	2,0	83.714	0,6
Rawa	50.457	0,8	128.972	2,8	150.793	4,1	330.225	2,2
Pertanian tanaman pangan	237.937	3,6	81.045	1,7	4.481	0,1	323.469	2,2
Pertanian/Kebun campuran	261.882	4,0	174.790	3,8	20.185	0,6	456.864	3,1
Sawah	212.690	3,2	127.781	2,7	644	0,0	341.122	2,3
Tambak	14.529	0,2	133	0,0	139		14.801	0,1
Pelabuhan udara/laut	106	0,0	-		94		201	0,0
Transmigrasi	147.920	2,1	2.253	0,0	2.129	0,1	152.305	1,0
Luas total	6.433.517	100,0	4.805.109	100,0	3.666.946	100,0	14.905.872	100,0

Sumber: Peta lahan gambut (Ritung *et al.*, 2011); Peta penutupan lahan (Kementerian Kehutanan, 2011)

Secara keseluruhan lahan gambut di tiga pulau besar yang masih berupa hutan (mangrove, hutan rawa, dan tanaman/HTI) seluas 7.742.449 ha atau 52% dan yang berupa semak belukar seluas 3.238.570 ha (21,7%). Telah dimanfaatkan untuk perkebunan,



pertanian (pangan dan hortikultura), sawah, dan permukiman luasnya berturut-turut 1.562.436 ha (10,5%), 780.333 ha (5,3%), 341.122 ha (2,3%) dan 64.752 ha (0,4%).

Di Sumatera, lahan gambut yang masih berupa hutan (mangrove, rawa gambut, tanaman/HTI), semak belukar luasnya 2.352.342 ha (32,6%) dan 1.526.825 ha (23,7%). Hutan rawa mangrove, hutan rawa gambut, dan beberapa tempat telah dimanfaatkan untuk HTI dan perkebunan kelapa sawit terutama banyak terdapat di pantai timur Sumatera. Telah dimanfaatkan untuk perkebunan, lahan pertanian (pangan dan hortikultura), dan sawah berturut-turut luasnya 1.262.530 ha (19,6%), 499.819 ha (7,4%), dan 212.690 ha (3,3%). Selain itu telah digunakan untuk permukiman seluas 40.199 ha (0,6 %).

Di Kalimantan, lahan gambut yang masih berupa hutan (mangrove, rawa gambut, dan HTI) dan semak belukar luasnya 2.402.362 ha (49,9%) dan 1.373.563 ha (28,6%). Hutan mangrove, rawa gambut umumnya terdapat di pantai barat, pantai selatan, dan pantai timur (dimuara Sungai Mahakam dan Sungai Sesayap), Kalimantan Timur. Telah dimanfaatkan untuk perkebunan, lahan pertanian (pangan dan hortikultura) dan sawah berturut-turut luasnya 298.156 ha ( 6,2%), 255.835 ha (5,3%), dan 127.781 ha (2,7%). Telah digunakan untuk permukiman luasnya 20.966 ha (0,6%).

Di Papua lahan gambut yang masih berupa hutan (mangrove, hutan rawa, tanaman/HTI) dan semak luasnya 2.987.732 ha (81,5%) dan 338.019 ha (9,2%). Di Papua lahan gambut terutama terdapat di pantai selatan Papua dan sekitar daerah aliran sungai Mamberamo, telah dimanfaatkan untuk perkebunan, lahan pertanian (pangan dan hortikultura), dan sawah luas semuanya 26.933 ha (0,7%).

## D. Ketebalan Gambut dan Keakuratan Data

Suhardjo dan Widjaja-Adhi (1976), membagi ketebalan gambut menjadi empat kelas, yaitu 1) 50–<100 cm; 2) 100 – <200 cm; 3) 200 – <300 cm; dan 4) >300 cm. Batasan maksimum ketebalan gambut 3 m yang bisa diarahkan untuk pertanian, diasumsikan karena akar tanaman komoditas pertanian jarang sekali yang mencapai ketebalan lebih dari 3 m.

*Land Resources Evaluation and Planning Project (LREPP) Part-II* (1989) dalam pemetaan sumberdaya lahan/tanah di seluruh Pulau Sumatera pada skala 1:250.000 untuk mendukung pengembangan tanaman pertanian khusus tanaman pangan membedakan ketebalan gambut menjadi tiga kelas, yaitu : 1) <0,5 m; 2) 0,5– 2 m; dan 3) >2m. Berkaitan dengan hal tersebut, Widjaja-Adhi (1992) menyusun gambaran hipotetik pola penggunaan lahan di daerah rawa gambut berdasarkan unit fisiografinya, yakni: 1) lahan pinggir sungai/*levee* didominasi tanah mineral diarahkan untuk jalur hijau pemanfaatan terbatas untuk kebun campuran; 2) gambut dengan ketebalan <2 m, pemanfaatan secara terbatas untuk perkebunan dan hutan tanaman; 3) gambut >2m (*peat dome*), pemanfaatan untuk zone konservasi, tampung hujan, dan zone inti hutan lindung; 4) *backswamp* dengan ketebalan gambut <2 m pemanfaatan terbatas untuk tanaman semusim/pangan.

Widjaja-Adhi (1982; 1986; dan 1995) dalam tipologi lahan rawa membagi ketebalan gambut kedalam lima kelas, yaitu : 1) <50 cm: HSM, lahan bergambut (*peaty soil*) atau aluvial bersulfida gambut; 2) 50–<100 cm G1: gambut dangkal; 3) 100–<200 cm G2: Gambut sedang; 4) 200–<300 cm G3: gambut dalam; dan 5) >300 cm G4: gambut sangat dalam.

Untuk mendukung estimasi kandungan karbon (*carbon stock*) Wetland International Indonesia Program (Wahyunto *et al.*, 2004 dan 2005) membagi ketebalan gambut menjadi 6 kelas, yakni: 1) <50 cm gambut sangat dangkal/tipis; 2) 50–<100 cm gambut dangkal/tipis; 3) 100–<200 cm gambut sedang; 4) 200–400 cm gambut dalam/tebal; 5) 400–<800 cm gambut sangat dalam/tebal; dan 6) >800 cm gambut sangat dalam/tebal sekali.

Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (Ritung *et al.*, 2011), untuk mendukung pelaksanaan Inpres No. 10/2011 dan No. 6/2013 untuk penyusunan Peta Indikatif Penundaan Ijin Baru (PIPIB) untuk pengembangan hutan alam primer dan lahan gambut menyusun peta lahan gambut skala 1:250.000 dan membagi ketebalan gambut menjadi : 1) D0: <50 cm; 2) D1: 50–<100 cm; 3) D2: 100–<200 cm; 4) D3: 200–<300 cm dan D4: >300 cm.

*Indonesian Climate Change Trust Fund* (ICCTF), BBSDLP (2013), dengan mengacu peta lahan gambut terbitan BBSDLP (2011) menyusun peta lahan gambut terdegradasi dan pengelolaan lahan gambut berkelanjutan membagi ketebalan gambut kedalam: 1) <100 cm; 2) 100–<200 cm; 3) 200–<300 cm; dan 4) >300 cm. Selain itu, untuk penyusunan peta lahan gambut percontohan pada skala 1:50.000 di lima kabupaten terpilih di Sumatera, Kalimantan, dan Papua membagi ketebalan gambut menjadi 1) 50–<100 cm gambut dangkal/tipis; 2) 100–<200 cm gambut sedang; 3) 200–<300 cm gambut agak dalam/tebal; 4) 300–<500 cm gambut dalam/tebal; 5) 500–<700 cm gambut sangat dalam/tebal; dan 6) >700 cm gambut sangat dalam/tebal sekali. Gambut ketebalan < 50 cm di sebut “tanah bergambut” bukan tanah gambut dan pada kenyataannya di lapangan untuk inventarisasi penyebarannya cukup sulit dilakukan, sehingga gambut ketebalan < 50 cm areanya tidak dimasukkan kedalam lahan gambut.

Klasifikasi ketebalan gambut untuk berbagai tujuan antara lain untuk pengembangan lahan rawa pasang surut, pengembangan pertanian, estimasi cadangan karbon pada lahan gambut, penyusunan peta moratorium hutan alam/primer dan lahan gambut dan pengelolaan lahan berkelanjutan disajikan pada Gambar 6. Contoh peta lahan gambut beserta kelas ketebalan gambut skala 1:50.000 daerah Kabupaten Kubu Raya, Provinsi Kalimantan Barat disajikan pada Gambar 7.

**Gambar 6.** Klasifikasi ketebalan gambut untuk berbagai tujuan dari berbagai sumber

kelas/ ketebalan (cm)	IGP.W-Adhi 1996	LREPPart-1 1989	IGP.W-Adhi 1996	Wahyunto et al 2005	Ritung et al 2011	ICCTF/BBSDL 2013
0-<50		<50	<50	<50	<50	
50-<100	<100		50-100	50-100	50-100	<100
100-<150	100-200	50-200	100-200	100-200	100-200	100-200
150-<200						
200-<250	200-300		200-300		200-300	200-300
250-<300				200-400		
300-<350						
350-<400						300-500
400- 450		>200				
450-<500						
500-<550	>300		>300		>300	
550-<600				400-800		500-700
600-<650						
650-700						
700-<750						>700
750-<800						
>800				>800		
<b>Tujuan</b>	1	2	3	4	5	6

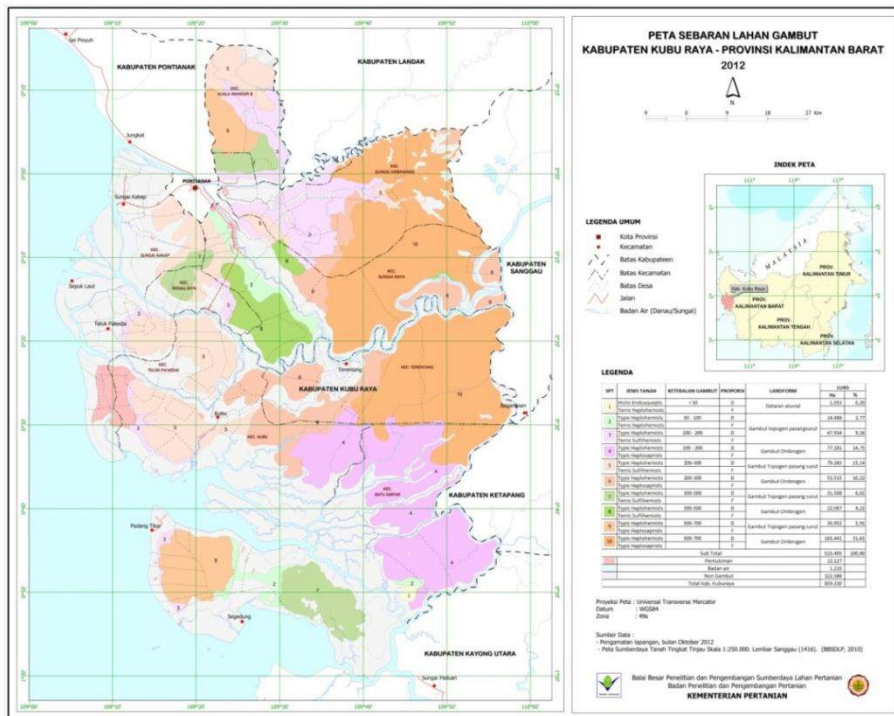
Keterangan (tujuan klasifikasi ketebalan gambut adalah):

1. Untuk pengembangan pertanian di lahan rawa pasang surut.
2. Untuk pengembangan komoditas pertanian.
3. Untuk pengembangan pertanian di lahan rawa pasang surut dan lahan gambut.
4. Untuk estimasi cadangan karbon di lahan gambut.
5. Untuk penyusunan peta indikatif penundaan ijin baru (PIPIB) pembukaan hutan alam/primer dan lahan gambut (Lampiran Inpres No. 10/2011 dan Inpres No. 6/2013).
6. Untuk pengelolaan berkelanjutan lahan gambut.

Dalam survey pemetaan tanah, sampai tahun 2005 pemetaan tanah pada berbagai skala umumnya dilakukan untuk mengidentifikasi sifat-sifat tanah dan lingkungan di seluruh wilayah baik tanah mineral atau tanah gambut dilakukan bersamaan dan tidak dikhususkan hanya memetakan tanah gambut. Dengan demikian apabila ingin mengetahui keberadaan lahan gambut di suatu wilayah tertentu dilakukan dengan cara mempelajari peta tanah yang telah ada kemudian disusun peta tematik sebaran lahan gambut. Informasi ketebalan gambut (misal tebal gambut < 50 cm, 200 cm atau lebih dalam) digali dengan cara mempelajari legenda peta tanah dan uraian satuan peta tanah serta profil tanah.

Berkaitan dengan hal tersebut, estimasi ketebalan gambut untuk dituangkan dalam peta sebaran ketebalan gambut, dilakukan dengan cara mempelajari data/peta hasil survey tanah dan data-data warisan tanah hasil pemetaan terdahulu, terutama pada data morfologi pengamatan tanah.

**Gambar 7.** Peta lahan gambut Kabupaten Kubu Raya, Provinsi Kalimantan Barat skala 1:50.000



Legenda Gambar 7.

No. SPT	Jenis tanah	Ketebalan gambut	Proporsi	Landform	Luas	
					ha	%
2	Typic Haplohemists	50 - 100	D	Gambut topogen pasang surut	15.541	1,81
	Terric Haplohemist		F			
3	Typic Haplohemists	100 - 200	D	Gambut topogen pasang surut	47.934	5,58
	Terric Sulfihemists		F			
4	Typic Haplohemists	100 - 200	D	Gambut ombrogen	77.181	8,98
	Typic Haplosaprists		F			
5	Typic Haplohemists	200-300	D	Gambut topogen pasang surut	79.265	9,22
	Terric Sulfihemists		F			
6	Typic Haplohemists	200-300	D	Gambut ombrogen	53.515	6,23
	Typic Haplosaprists		F			
7	Typic Haplohemists	300-500	D	Gambut topogen pasang surut	31.508	3,67
	Terric Sulfihemists		F			

No. SPT	Jenis tanah	Ketebalan gambut	Proporsi	Landform	Luas	
					ha	%
8	Typic Haplohemists	300-500	D	Gambut ombrogen	22.067	2,57
	Terric Sulphemists		F			
9	Typic Haplohemists	500-700	D	Gambut topogen pasang surut	30.952	3,60
	Typic Haplosaprists		F			
10	Typic Haplohemists	500-700	D	Gambut ombrogen	165.441	19,25
	Typic Haplosaprists		F			
Subtotal lahan gambut					<b>523.405</b>	<b>60,91</b>
222	Pemukiman				12.127	1,41
333	Badan air				1.210	0,14
555	Non Gambut				322.588	37,54
Total					<b>859.330</b>	<b>100,00</b>

Keterangan: D: 50-75%; F: 25-<50%; M:10-<25%

“Point data” ketebalan tanah gambut ini, kemudian di-*overlay* dengan citra satelit resolusi menengah-tinggi (ALOS, SPOT, Landsat TM). Diasumsikan pada kawasan lahan gambut yang mempunyai “tone” atau “brightness” yang sama akan mempunyai ketebalan yang kurang lebih sama, semakin gelap warnanya umumnya gambutnya semakin tebal. Namun berapa ketebalan gambut harus dilakukan validasi/pengamatan lapangan. Semakin rapat titik-titik informasi ketebalan gambut di lapangan akan semakin baik informasi ketebalan gambut yang disajikan. Dari hasil kajian lapangan di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan, terutama pada kawasan yang vegetasinya masih alami (belum terpengaruh kegiatan manusia) sebagian besar informasinya dapat mendekati kenyataan di lapangan. Namun demikian, walaupun terindikasi semakin tebal gambutnya terdapat perbedaan nilai *brightness/spectral* pada citra optik atau nilai hambur balik (*backscatter*) pada citra radar, namun pada kenyataannya, perbedaan kedalaman lapisan gambut tidak dapat dilihat dari penutupan tanah/penutupan lahan, sehingga sulit dideteksi/diestimasi melalui analisis citra satelit. Dengan demikian data pengamatan lapangan atau data profil tanah yang bersumber dari data warisan tanah mutlak diperlukan. Semakin intensif/rapat pengamatan lapangannya (*ground truth*) akan semakin detil/akurat informasinya.

Sampai saat ini survey dan pemetaan tanah termasuk pemetaan lahan gambut, dalam penjelajahan dan pengamatan sifat-sifat tanah dan lingkungan sekitarnya dilakukan dengan mengacu aksesibilitas yang ada, dimana pengamatan dilakukan melalui jalan-jalan yang telah ada, baik dengan mengendarai mobil, motor atau jalan kaki, bila perlu dibuat jalan rintisan untuk mencapai lokasi (*site*) yang cukup mewakili, atau lewat jalur sungai yang bisa dilayari dengan boat, ketok atau ketinting. Dengan demikian survey dan pemetaan lahan gambut, untuk kawasan yang lokasinya relatif dekat dengan jalur jalan atau sungai informasi lahan gambut termasuk ketebalan gambutnya lebih detil dan tingkat reliabilitasnya lebih tinggi. Pada daerah-daerah yang jauh dari jalan dan jalur sungai

apalagi masih berupa hutan alami atau semak belukar dan belum ada akses, informasi ketebalan gambut sangat terbatas dan reliabilitasnya rendah karena umumnya hanya berdasarkan hasil analisis citra satelit dan sintesis data-data warisan tanah/peta-peta pendukung terkait (antara lain peta tanah, peta geologi, peta topografi).

Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian menyusun peta ketebalan gambut di Sumatera, Kalimantan, dan Papua dengan cara melakukan *updating* peta ketebalan gambut yang disusun oleh *Wetland International* (Wahyunto *et al.*, 2004 dan 2005). Data yang digunakan untuk memperbaharui informasi spasial ketebalan gambut antara lain: data warisan tanah (*legacy soil data*), peta-peta tanah hasil survey terdahulu, dan hasil survey pemetaan tanah yang dilakukan oleh BBSDLP sampai tahun 2011. Hasil *updating* tersebut disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Estimasi ketebalan lahan gambut di Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua

Provinsi/pulau	Ketebalan < 3 m		Ketebalan > 3m		Jumlah total (ha)	% Pulau
	ha	% prov	ha	% prov		
Aceh	144.274	66,9	71.430	33,1	215.704	3,4
Sumatera Utara	245.807	94,1	15.427	5,9	261.234	4,1
Sumatera Barat	35.705	35,5	64.862	64,5	100.567	1,6
Riau	1.417.762	36,7	2.449.652	63,3	3.867.414	60,1
Kep. Riau	8.186	100,0	0	0,0	8.186	0,1
Jambi	234.532	37,8	386.557	62,2	621.089	9,6
Bengkulu	4.658	57,8	3.395	42,2	8.053	0,1
Sumatera Selatan	1.220.757	96,7	41.627	3,3	1.262.384	19,6
Kep.Babel	42.568	100,0	0	0,0	42.568	0,7
Lampung	49.331	100,0	0	0,0	49.331	0,8
<i>Sumatera</i>	<i>3.475.010</i>	<i>54,0</i>	<i>2.961.520</i>	<i>46,0</i>	<i>6.436.530</i>	<i>100,0</i>
Persen total	36,2		55,9		43,2	
Kalimantan Barat	1.240.157	73,8	439.977	26,2	1.680.134	35,2
Kalimantan Tengah	1.081.020	40,7	1.578.214	59,3	2.659.234	55,7
Kalimantan Selatan	31.309	29,5	74.962	70,5	106.271	2,2
Kalimantan Timur	85.939	25,9	246.427	74,1	332.366	7,0
<i>Kalimantan</i>	<i>2.438.425</i>	<i>51,0</i>	<i>2.339.580</i>	<i>49,0</i>	<i>4.778.005</i>	<i>100,0</i>
Persen total	25,4		44,1		32,1	
Papua	2.644.438	71,6	-	0	2.644.510	71,6
Papua Barat	1.046.483	28,4	-	0	1.046.511	28,4
<i>Papua</i>	<i>3.690.921</i>	<i>100,0</i>	-	<i>0</i>	<i>3.691.021</i>	<i>100,0</i>
Persen total	38,4				24,8	
Jumlah total	9.604.356	64,4	5.301.100	35,6	14.905.456	100

Sumber: diolah dari BBSDLP (Sofyan Ritung *et al.*, 2011)

Secara keseluruhan lahan gambut di tiga pulau (Sumatera, Kalimantan, dan Papua) yang berketebalan >3 m sekitar 5.301.100 ha (35,6%) terdapat di Sumatera 55,9% dan di Kalimantan 44,1%. Di Sumatera, provinsi yang mempunyai gambut luas adalah Riau (2.449.652 ha), Jambi 386.557 ha, Aceh (71.430 ha), Sumatera Barat (64.862 ha), dan Sumatera Selatan (41.627 ha). Di Kalimantan, hampir semua provinsi lahan gambutnya termasuk gambut dalam (>60%), hanya Provinsi Kalimantan Barat gambut dalam hanya 26,2% dari luas gambut di Kalimantan.

Lahan gambut yang berketebalan <3 m luasnya 9.604.356 ha (64,4%) terdapat di Sumatera 36,2%, Kalimantan 25,4%, dan Papua 38,4%. Di Sumatera, gambut dengan ketebalan <3 m yang luas terdapat di Provinsi Riau (1.417.762 ha), Sumatera Selatan (1.220.757 ha), Sumatera Utara (245.807 ha), Jambi (234.532 ha), Aceh (144.274 ha), dan Lampung (49.331 ha). Di Papua, hampir sebagian besar lahan gambut berketebalan <3 m (Papua seluas 2.644.438 ha dan Papua Barat seluas 3.690.921 ha)

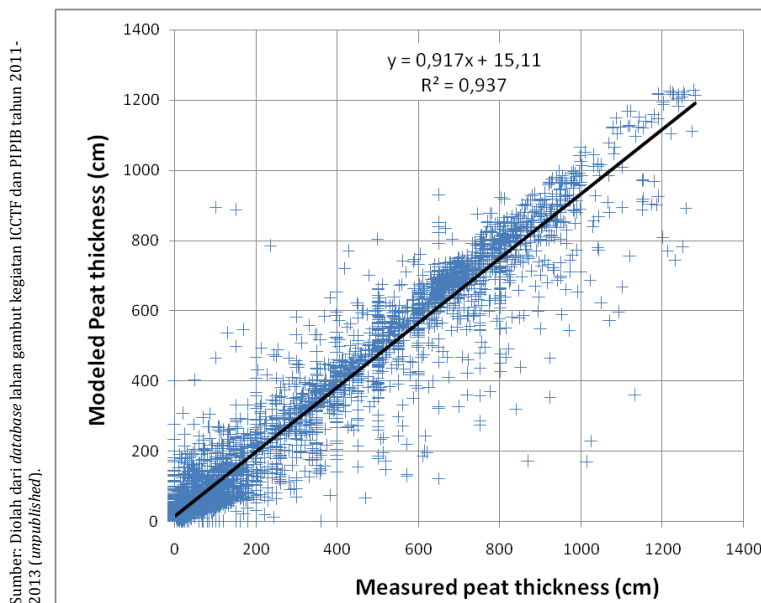
## E. Langkah ke Depan dan Penyempurnaan Peta Lahan Gambut Indonesia

Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian dengan memanfaatkan teknologi digital dan teknologi penginderaan jauh, data hasil survey pemetaan tanah BBSDLP sampai dengan tahun 2011 serta data warisan tanah (*legacy soil data*), telah melakukan pembaharuan (*updating*) peta lahan gambut terbitan Wetland International yang diterbitkan tahun 2011. Lahan gambut di tiga pulau besar (Sumatera, Kalimantan, dan Papua) terhitung luasnya 14,9 juta ha. Lahan gambut di pulau lainnya seperti di Sulawesi belum terpetakan dan belum terhitung dalam peta lahan gambut tersebut. Peta lahan gambut ini (Ritung *et al.*, 2011), digunakan untuk mendukung pelaksanaan Inpres No. 10 tahun 2011 dan Inpres No. 6 tahun 2013 tentang penyusunan Peta Indikatif Penundaan Ijin Baru (PIPIB) untuk pembukaan hutan alam/primer dan lahan gambut.

Sampai saat ini belum ada teknologi yang akurat untuk inventarisasi dan memverifikasi sebaran lahan gambut. Data pengamatan lapangan (*ground truth*), meskipun mahal dan melelahkan, tidak memiliki pengganti. Berkat kemajuan teknologi digital yang pesat saat ini, intensitas pengamatan lapangan (*ground truth*) dapat dikurangi, terbatas pada daerah-daerah perwakilan, namun mutlak masih diperlukan. Pengalaman yang dilakukan dalam pemutakhiran peta lahan gambut dengan menggunakan titik-titik (*site*) observasi pengamatan tanah di lapangan yang dilengkapi data posisi geografis, sifat, dan ketebalan tanah (termasuk ketebalan gambut bila pada *site* tersebut adalah tanah gambut) sebanyak 4.350 *site* yang tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua, kemudian dengan menggunakan data penginderaan jauh citra satelit digunakan untuk memperbaiki sebaran/keberadaan lahan gambut dan ketebalannya, maka terdapat korelasi yang positif antara poligon (*mapping unit*) sebaran gambut hasil analisis citra satelit dengan titik observasi keberadaan lahan gambut dan ketebalannya, dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,97 (Gambar 6). Dengan demikian, kombinasi teknologi digital, geo-spasial dan survey tanah (*ground survey/ground truth*) adalah jalan ke depan yang perlu ditempuh

untuk meningkatkan akurasi/reliabilitas hasil inventarisasi pemetaan lahan gambut termasuk informasi ketebalannya.

**Gambar 6.** Korelasi informasi poligon (satuan peta) lahan gambut dan informasi ketebalan gambut (*modeled peat thickness* dengan data Inderaja) yang diperkuat dengan titik pengamatan lapangan/*ground truth* (*measured peat thickness*). Jumlah titik observasi (*ground truth*) 4.350



Secara alami, lahan gambut merupakan bagian dari lahan rawa, dengan ciri-ciri adanya “pola natural radial drainase”, *creek*, dan dominasi tumbuhan/vegetasi rawa, namun tidak semua lahan rawa merupakan lahan gambut. Pada data penginderaan jauh/citra satelit, terindikasi semakin tebal gambutnya terdapat perbedaan nilai *brightness/spectral* pada citra optik atau nilai *backscatter* pada citra radar. Namun pada kenyataannya, perbedaan kedalaman lapisan gambut tidak dapat dilihat dari penutupan tanah/penutupan lahan, sehingga sulit diestimasi bila hanya didasarkan pada data analisis penginderaan jauh/citra satelit. Informasi ketebalan gambut, harus diamati di lapangan (*ground truth*), semakin intensif/rapat pengamatan lapangannya (“*data ground truth*”) akan semakin detil/akurat informasinya.

Untuk memastikan lahan rawa tersebut merupakan lahan rawa tanah mineral atau rawa tanah gambut, ketersediaan data *ground truth*/validasi lapang adalah keharusan dan merupakan data yang paling akurat. Semakin intensif pengamatan lapangan akurasi hasil pemetaan semakin tinggi. Selanjutnya pemahaman tentang perilaku gambut alami dan perubahannya dalam pasca reklamasi serta pertimbangan kearifan lokal (*local wisdom*), merupakan kunci keberhasilan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan pada lahan gambut. Berkaitan dengan hal tersebut, data dan informasi karakteristik lahan gambut



sangat dinamis (*live document*) tergantung penutupan lahannya, apabila terusik atau berubah tutupan lahan dan ekosistemnya sifat lahan gambut termasuk ketebalannya juga akan berubah. Sampai saat ini masih banyak daerah yang belum dilakukan survey tanah secara rinci, sehingga data keberadaan dan luasan lahan gambut perlu diperbaharui secara berkala, dengan memperbanyak/menambah data hasil pengamatan lapangan (*ground truth*) pada kawasan-kawasan perwakilan untuk memperoleh informasi yang hampir mendekati kondisi sebenarnya/*existing* di lapangan. Definisi dan metode pemetaan lahan gambut yang terbakukan dapat digunakan sebagai acuan bagi pelaksanaan pemetaan lahan gambut, pemangku kepentingan dalam pemanfaatan, pengelolaan berkelanjutan untuk lahan gambut di masa depan.

## F. Penutup

Perkiraan luas lahan gambut Indonesia bervariasi dari 13 sampai 26,5 juta ha. Variasi ini menggambarkan tingginya tingkat ketidak yakinan data, karena terbatasnya data survey tanah, terutama untuk Papua. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBDSLPL) dengan memanfaatkan teknologi digital dan teknologi penginderaan jauh/citra satelit, data hasil survey pemetaan tanah BBDSLPL sampai dengan tahun 2011 serta data warisan tanah (*legacy soil data*), telah melakukan pemutakhiran (*updating*) peta lahan gambut tersebut. Dengan pemutakhiran tersebut, perkiraan luas lahan gambut Indonesia (Sumatera, Kalimantan, dan Papua) paling terpercaya saat ini adalah 14,9 juta hektar. Peta lahan gambut yang mutakhir ini telah digunakan dalam dokumen strategis nasional, antara lain Inpres No. 10 tahun 2011 dan Inpres No. 6 tahun 2013 tentang penyusunan Peta Indikatif Penundaan Ijin Baru (PIPIB) pembukaan hutan alam dan lahan gambut. Peta yang sama juga sudah digunakan untuk mendukung Rencana Aksi Nasional dan Daerah dalam usaha penurunan emisi Gas Rumah Kaca (RAN/RAD-GRK).

Lahan gambut merupakan bagian dari lahan rawa. Pada citra satelit, keberadaan lahan gambut diindikasikan adanya kenampakan “pola *natural radial drainage*”, *creek*, dan dominasi tumbuhan/vegetasi rawa. Pemanfaatan data penginderaan jauh/citra satelit berguna untuk mempercepat proses pemetaan. Akan tetapi penggunaan data penginderaan jauh dihadapkan pada kerancuan dalam pembedaan lahan rawa dan lahan gambut; pada kenyataannya tidak semua lahan rawa adalah lahan gambut. Dengan demikian tingkat ketidak-yakinan cukup tinggi bila pemetaan sangat tergantung pada analisis data penginderaan jauh/citra satelit. Data pengamatan lapang (*ground truth*) mutlak diperlukan. Semakin intensif/rapat pengamatan lapangannya akan semakin tinggi keyakinan terhadap keakuratan informasinya.

Data dan informasi karakteristik lahan gambut sangat dinamis (*living document*), karena banyak daerah yang belum dilakukan survey tanah secara rinci. Oleh karena itu, data keberadaan dan luasan lahan gambut perlu diperbaharui secara berkala (setiap 5-10 tahun, tergantung ketersediaan tambahan data hasil survey).

Perlu adanya kebijakan nasional yang mampu menghimpun data hasil survey lahan gambut Indonesia yang dilakukan oleh berbagai lembaga, baik lembaga nasional, maupun

internasional, lembaga pemerintah maupun swasta asalkan metode pemetaan yang digunakan mengacu pada definisi dan metode pemetaan lahan gambut yang terbakukan (Standard Nasional Indonesia-SNI 7925:2013). Data tersebut penting untuk pembaharuan peta gambut skala nasional, maupun skala provinsi.

## DaftarPustaka

- Abdurachman, A.dan E.E. Ananto. 2000. “Konsep pengembangan pertanian berkelanjutan di lahan rawa untuk mendukung ketahanan pangan dan pengembangan agribisnis”. Hlm 33-51. *Dalam* Ananto *et al.* (ed). Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengembangan Pertanian di Lahan Rawa, Cipayung 25-27 Juli 2000. Buku I.
- Agus, F. Wahyunto, A. Dariah, E.Runtuuwu, E. Susanti, and W. Supriatna. 2012. Emission reduction options for peatlands in the Kubu Raya and Pontianak Districts, West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Oil Palm Research* (24):1378-1387.
- Andriesse, J.P. 1974. Tropical Lowlands Peats. Comm. 63, Royal Tropical Institute, Amsterdam, The Netherlands
- Andriesse, JP. 1997. The Reclamation of Peatswamps and Peat in Indonesia. Widiatmoko (ed.). Center for Wetland Studies, Faculty of Agriculture, Bogor Agriculture University.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2011. Statistik Indonesia. Badan Pusat Statististik. Jakarta.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2011a. Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250.000 Peta Lahan gambut Indonesia skala 1:250.000. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor, Indonesia.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2011b. Teknologi Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan untuk meningkatkan Sekuestrasi Karbondan Mitigasi Gas Rumah Kaca. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Balai Penelitian Tanah. 2004. Petunjuk Teknis Pengamatan Tanah. Balai Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian. Jalan Juanda 98 Bogor.
- Buurman, P. and T. Balsem. 1990. Land Unit Classification for the Reconnaissance Soil Survey of Sumatra. Soil Data Base Management Project. Technical Report No.3. version 2. Center for Soil andAgroclimate Research. Bogor.
- Driessen, P.M. 1978. Peat soils. Pp 763-779. *In* IRRI. Soil and Rice. Los Banos. Phillippines.
- Driessen, P.M. and M.Sudjadi. 1984. Soil and Specific Problem of Tidal Swamps. Res. Prior in TidalSwamp Rice, IRRI Los Banos, the Phillippines. Pp. 143-160.
- Euroconsult. 1984. Nationwide Study of Coastal and Near Coastal Swampland in Sumatra, Kalimantan, and Irian Jaya. Vol. I and II. Arnhem.
- Hooijer A., M. Silvvius, H. Wosten, and S. Page. 2006. PEAT-CO<sub>2</sub>, Assessment of CO<sub>2</sub> Emission from Drained Peatland in SE Asia. Delf Hydraulic Report Q 3943.
- Istomo. 2007. Keseimbangan hara dan karbon dalam pemanfaatan lahan gambut berkelanjutan. Hlm 133-147. *Dalam* Prosiding Lokakarya Pemanfaatan Lahan GambutSecara Bijaksana untuk Manfaat Berkelanjutan di Pekanbaru, 31 Mei-1 Juni 2005. Wetland International Indonesia Program. Bogor.

- Kementerian Kehutanan. 2011. Penutupan Lahan di Indonesia. Kementerian Kehutanan. Jakarta.
- Kementerian Pertanian. 2012. Pengertian, Istilah dan Sifat Tanah Gambut. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- LREP-I (Land Resources Evaluation and Planning Project). 1987-1991. Maps and Explanatory Booklet of the Land Unit and Soil map. All Sheet of Sumatra. Center For Soil Research, AARD. Bogor.
- Land Resources Evaluation and Planning Project (LREPP). 1987. Fieldbook for the Reconnaissance Survey of Sumatra. Soil Database Management. Center For Soil Research. Bogor.
- Lillesand, T.M., R.W. Keifer, and J.W. Chipman. 2004. Remote Sensing and Image Interpretation (5<sup>th</sup> Edition). John Wiley and Sons. New York.
- Noor, M. 2010. Lahan Gambut: Pengembangan, Konservasi dan Perubahan Iklim. Gadjahmada University Press. Yogyakarta.
- Nugroho, K., Alkasuma, Paidi, W. Wahdini, Abdurachman, H. Suhardjo, and I P.G. Widjaja-Adhi. 1982. Peta Areal Potensial untuk Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut, Rawa dan Pantai. Lap. Proyek Penelt. Sumberdaya Lahan. Puslit Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Polak B. 1952. Occurrance and Fertility of Tropical Peat Soils in Indonesia. 4<sup>th</sup> International Conggres Soil Science Vol.2, 182-185, Amsterdam. The Netherlands.
- Pusat Penelitian Tanah. 1981. Survei Kapabilitas Tanah. Proyek Penelitian Pertanian Menujng Transmigrasi (P3MT). Pusat Penelitian Tanah. Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah. 1981. Pengukuran Luas Tanah Organosol dari Peta Tanah Bagan Indonesia tahun 1972. Dok. Puslitbang Tanak. Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1997. Statistik Sumberdaya Lahan/Tanah Indonesia. Puslitbangtanak, Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslitbangtanak). 2000. Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia, skala 1:1.000.000. Puslitbangtanak, Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Radjagukguk, B. 1997. Peat Soils of Indonesia: Location, classification and problems for sustainability. Pp 45-53. *In* Rieley, J.O. and S.E.Page (ed). Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands. Proceed. Intern. Symp. on Biodiversity, Environmental Importance, and Sustainability of Tropical Peat and Peatlands, Palangkaraya, 4-8 September 1995.
- Reiley, J.O, S.E. Page, S.H. Limin, and S. Winarti. 1997. The Peatland resources of Indonesia. Pp. 37-44. *In* Rieley, J.O. and S.E. Page (ed). Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatland. Proceed. Int. Symp. on Biodiversity, Environmental and Sustainability of Tropical Peatland. Palangkaraya, 4-8 September 1995.
- Rieley. 2002. The Wise Use of Mires and Peatlands. Pp. 236-240. *In* Jakarta Symposium Proceeding on Peatland for People Natural Resources Functions and Sustainable Management. BPPT and Indonesian Peat Association.
- Ritung, S., Wahyunto, K. Nugroho, Sukarman, Hikmatullah, Suparto, dan C. Tafakresnanto. 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250.000. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor, Indonesia.

- Sabiham, S., S.D. Tarigan, Hariyadi, I. Las, F. Agus, Sukarman, P. Setyanto, and Wahyunto. 2012. Organic carbon storage and management strategies for reducing carbon emission from peatlands: a case study in oil palm plantations in West and Central Kalimantan, Indonesia. *PEDOLOGIST* 55(3):246-254.
- Subagjo, H., Sudjadi, E. Suryatna, dan J. Dai. 1990. Wet Soil of Indonesia. Pp248-259. *In* Kimble, J.M. 1992 (ed). Proc. Eight Int. Soil Corell. Meeting (VIII ISCOM): Characterization, Classification, and Utilization of Wet Soils. USDA, SCS, National Soil Survey Center. Lincoln, Nebraska.
- Subagjo, H., N. Suharta, dan A.B. Siswanto. 2000. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. Hlm 21-65. *In* Abdurachman A. *et al.*, (ed). Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Puslittanak. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Subagjo. 2002. Penyebaran dan potensi tanah gambut di Indonesia untuk pengembangan pertanian. Hlm 197-222. *Dalam* Prosiding Lokakarya Kajian Status dan Sebaran Gambut di Indonesia, Bogor 25 Oktober 2002. Wetland International Indonesian Programme. Bogor.
- Suhardjo and I.P.G. Wijaja-Adhi. 1976. Chemical characteristics of peat soil in Indonesia. Peat and podzolic soils and their potential for agriculture in Indonesia. Pp 74-92. *In* Proceedings of ATA 106 Midterm Seminar. Tugu, October 13-14, 1976. Soil Research Institute. Bogor.
- Sukardi, M. and A. Hidayat. 1988. Extent and Distribution of Peat Soil of Indonesia. Third Meeting Cooperative Research on Problem Soils, CRIF. Bogor.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. Eleventh Edition. United States Departement of Agriculture. Natural Resources Conservation Services.
- Sutanto. 2002. Peranan Teknik Penginderaan Jauh untuk Survey Tanah. Hlm 55-64. *Dalam* Prosiding Pertemuan Teknis Pembakuan Sistem Klasifikasi dan Metode Survai Tanah. Cibinong-Bogor, 29-31 Agustus 1999. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Wahyunto, S. Ritung, Suparto, dan H. Subagjo. 2005. Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatera dan Kalimantan 2004. Wetland International Indonesian Programe. Bogor.
- Wahyunto, S. Ritung, Suparto, dan H. Subagjo. 2005. Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatera dan Kalimantan. Wetland International-Indonesian Programme. Bogor.
- Wahyunto, S. Ritung, Suparto, and H. Subagjo. 2004. Map of Peatland Distribution and its C content in Kalimantan. Wetland International-Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor, Indonesia.
- Wahyunto, S. Ritung, Suparto, and H. Subagjo. 2003. Map of peatland distribution and its C content in Sumatera. Wetland International-Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor, Indonesia.
- Widjaja-Adhi, I.P.G. 1992. Development of a deep tropical peatland for perennial crops. Pp 380-384. *In* Aminuddin, B.Y. (ed). Tropical Peat. Proceeding Intern. Symp. on Tropical Peatland, Kucing, Sarawak, Malaysia, 6-10 May, 1991.
- Widjaja-Adhi, I.P.G. 1997. Developing tropical peatlands for agriculture. Pp 293-300. *In* Rieley, J.O. and S.E page (ed). Biodiversity, and Sustainability of Tropical Peat and Peatlands. Palangkaraya 4-8 September 1995.