

Potensi dan Pemanfaatan Lahan Gambut Dangkal untuk Pertanian

Potential and Utilization of Shallow Peatland for Agriculture

Masganti, Khairil Anwar, Maulia Aries Susanti

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru 70712. Email: masgambut59@yahoo.com

Diterima 11 Mei 2017; Direview 29 Mei 2017; Disetujui dimuat 25 Juli 2017

Abstrak. Lahan gambut terbentuk karena adanya penambahan bahan organik segar yang lebih cepat daripada perombakannya, sehingga terjadi timbunan organik dari waktu ke waktu. Gambut Indonesia sangat potensial dimanfaatkan untuk penyediaan bahan pangan. Pemanfaatan lahan gambut yang lebih masif untuk memasok bahan pangan dipicu oleh (1) laju alih fungsi lahan pertanian, (2) penambahan jumlah penduduk, dan (3) keinginan menjadikan Indonesia sebagai lumbung pangan dunia. Tanah gambut dalam sistem klasifikasi tanah USDA termasuk dalam ordo Histosol. Tanah gambut juga dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat dekomposisi, kesuburan, fisiografi, proses pembentukan, bahan penyusun dan ketebalan gambut. Berdasarkan ketebalan gambut, tanah gambut dengan ketebalan 50-100 cm dikategorikan sebagai gambut dangkal/tipis. Karakteristik dan potensi lahan gambut antarlain ditentukan oleh sifat kimia, fisika dan biologi. Semakin tebal gambut, semakin rendah potensinya untuk budidaya tanaman pangan dan hortikultura. Potensi lahan gambut dangkal/tipis di Indonesia diperkirakan sekitar 5.241.473 ha atau 35,17% dari total luas lahan gambut Indonesia, tersebar di Pulau Papua (2.425.523 ha), Pulau Sumatera (1.767.303 ha), dan Pulau Kalimantan (1.048.611 ha). Lahan tersebut baru sebagian kecil dimanfaatkan petani untuk budidaya tanaman pangan, dan hortikultura dengan produktivitas yang tergolong rendah. Kebakaran lahan gambut dan faktor lainnya menyebabkan terjadinya dinamika luas lahan gambut tipis. Potensi gambut tipis dapat dimanfaatkan untuk budidaya tanaman pangan seperti padi, jagung, dan kedelai, tanaman hortikultura buah-buahan seperti nenas, pisang, pepaya, melon, dan tanaman hortikultura sayuran berupa tomat, pare, mentimun, cabai, kangkung, dan bayam. Kontribusi lahan gambut tipis terhadap produksi tanaman pangan dan hortikultura diperkirakan 50-60% dari total produksi lahan gambut.

Kata kunci: Potensi / Pemanfaatan / Gambut Dangkal / Pertanian

Abstract. Peatlands are formed by continuous addition of fresh organic materials faster than its decomposition, resulted in accumulation of undecomposed organic material from time to time. Indonesia's peatlands are highly potential to be cultivated to produce a variety of foods. The more massive use of peatlands to supply food is triggered by (1) the rate of conversion of agricultural land, (2) population growth, and (3) the desire to feed the world. In the USDA Classification System, peat soils belong to the order of Histosol. Peat soils may also be classified by decomposition rate, fertility, physiography, formation process, constituents and thickness of peat. Based on peat thickness, peat soil with thickness > 50-100 cm is categorized as shallow/thin peat. The characteristics and potentials of peatlands among other areas are determined by chemical, physical and biological characteristics. The thicker the peat, the lower the potential for cultivation of food crops and horticulture. Differences in classification results in differences in peat characteristics such as chemical, physical and biological properties. The potential of shallow peatlands in Indonesia is estimated at 5,241,473 ha or about 35.17% of Indonesia's total peatland area, spread over Papua (2,425,523 ha), Sumatra (1,767,303 ha) and Kalimantan (1,048,611 ha). Only a small proportion of shallow peatlands are used by farmers for cultivation of food crops and horticulture, but the productivity is low. Peatland fires and other factors have led to dynamics of widespread of shallow peatland. Shallow peatlands can be utilized for cultivation of food crops such as rice, corn, and soybeans, horticultural crops such as pineapple, banana, papaya, melon, and vegetable horticultural crops such as tomatoes, pare, cucumber, chilli, kale, and spinach. The contribution of shallow peatlands to the production of food crops and horticulture is estimated to be 50-60% of the total peatland production.

Keywords: Potency / Utilization / Shallow Peatland / Agriculture

PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan sumberdaya alam yang sangat potensial dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia. Indonesia merupakan negara keempat setelah Kanada, Uni Soviet dan Amerika Serikat yang memiliki lahan gambut yang

luas. Luas lahan gambut di Indonesia ditaksir 14,95 juta hektar tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua serta sebagian kecil di Sulawesi (Wahyunto *et al.* 2014).

Sebagai media tumbuh tanaman, lahan gambut telah lama dimanfaatkan petani untuk menghasilkan bahan pangan dan komoditas perkebunan (Rina dan

NoorGINAYUWATI 2007, Masganti dan Yuliani 2009, Masganti 2013). Semakin bertambahnya alih fungsi lahan pertanian subur di Pulau Jawa yang selama ini memasok 60% kebutuhan pangan Indonesia, sehingga lahan pertanian subur menjadi terbatas semakin menyadarkan betapa pentingnya lahan gambut bagi pembangunan pertanian, bahkan tidak berlebihan jika lahan gambut dikatakan sebagai lumbung pangan masa depan Indonesia (Haryono 2013, Masganti 2013).

Pemanfaatan lahan gambut yang lebih masif untuk memasok bahan pangan dipicu oleh (1) laju alih fungsi lahan pertanian, (2) penambahan jumlah penduduk, dan (3) keinginan menjadikan Indonesia sebagai lumbung pangan duni. Kondisi ini mengharuskan adanya usaha untuk meningkatkan kapasitas produksi pangan lahan gambut melalui pemanfaatan lahan dan penerapan teknologi. Mengandalkan lahan gambut sebagai pemasok bahan pangan pada masa mendatang didasarkan atas beberapa pertimbangan, yaitu (1) produktivitas masih rendah, (2) lahan potensial masih luas, (3) indeks pertanaman (IP) masih rendah, (4) lahan terdegradasi yang potensial masih luas, (5) pola produksi bahan pangan di lahan gambut bersifat komplementer dengan pola produksi bahan pangan di Pulau Jawa, dan (6) kompetisi pemanfaatan lahan untuk tujuan nonpertanian relatif rendah (Masganti 2013).

Produktivitas lahan gambut sangat tergantung dari pengelolaan dan tindakan manusia. Lahan gambut dikenal sebagai lahan yang rapuh atau rentan terhadap perubahan karakteristik yang tidak menguntungkan. Pengelolaan lahan gambut perlu hati-hati agar tidak terjadi perubahan karakteristik yang menyebabkan penurunan produktivitas lahan, apalagi menjadi tidak produktif. Salah satu pertimbangan yang harus diperhatikan dalam pemanfaatan lahan gambut adalah tingkat ketebalan gambut tersebut. Menurut Harjowigeno (1997), Adimihardja *et al.* (1998) dan Wahyunto *et al.* (2014) lahan gambut dengan ketebalan 50-100 cm tergolong lahan gambut dangkal/tipis. Semakin tebal gambut, semakin rendah potensinya untuk budidaya tanaman pangan.

Sekitar 5.241.473 ha atau 35,17% dari total luas lahan gambut Indonesia tergolong gambut dangkal (Wahyunto *et al.* 2014), tersebar di Pulau Papua (2.425.523 ha), Pulau Sumatera (1.767.303 ha), dan Pulau Kalimantan (1.048.611 ha). Angka ini akan mengalami dinamika akibat adanya kebakaran lahan gambut dan faktor lainnya, sehingga menyebabkan penurunan ketebalan gambut menjadi kurang dari 100

cm. Potensi luas lahan gambut tipis terindikasi masih luas, tetapi pemanfaatannya masih terbatas karena keberadaannya yang terpencar-pencar dan aksesibilitasnya terbatas, sehingga secara ekonomi kurang menguntungkan, padahal berbagai teknologi untuk memanfaatkan lahan ini telah tersedia (Suriadikarta 2012, Nursyamsi *et al.* 2014).

Petani banyak memanfaatkan gambut tipis untuk budidaya tanaman pangan dan hortikultura dibandingkan dengan jenis tanaman lainnya (Masganti dan Yuliani 2009). Bahkan diperkirakan 50-60% produksi tanaman pangan dan hortikultura dihasilkan dari lahan ini, sehingga sangat potensial menjadi pemasok bahan pangan pada masa mendatang. Pemanfaatan lahan gambut tipis untuk memasok bahan pangan yang lebih masif, memerlukan informasi tentang potensi dan pemanfaatannya untuk tanaman pangan dan hortikultura.

PEMBENTUKAN DAN KARAKTERISTIK GAMBUT

Pembentukan gambut di wilayah tropika bermula dari adanya genangan di daerah rawa, danau maupun cekungan yang didukung oleh curah hujan yang tinggi sehingga proses pencucian basa-basa dan pemasaman tanah berlangsung intensif diikuti dengan penurunan aktivitas jasad renik perombak bahan organik (Rieley *et al.* 1996). Gambut yang terbentuk di daerah rawa belakang sungai terisi oleh limpasan air sungai yang membawa bahan erosi dari hulunya, sehingga timbunan gambut bercampur dengan bahan mineral disebut gambut topogen yang biasanya relatif subur.

Menurut Noor *et al.* (2015) pembentukan gambut merupakan proses transformasi dan translokasi. Proses transformasi merupakan proses pembentukan biomassa dengan dukungan nutrisi terlarut, air, udara, dan radiasi matahari. Proses translokasi merupakan pemindahan bahan oleh gerakan air dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah dan oleh gerakan angin (udara) akibat perbedaan tekanan. Akibat proses pembentukan biomassa dari sisa tumbuhan setempat lebih cepat dari proses perombakannya, maka terbentuklah lapisan bahan organik dari waktu ke waktu.

Proses pembentukan tanah gambut di Indonesia khususnya di Pulau Kalimantan telah dimulai sejak periode awal Holosen (Hardjowigeno 1997, Rieley dan Setiadi 1997). Page *et al.* (2002) dengan menggunakan teknik radio aktif memperkirakan umur gambut di

Kalimantan Tengah pada kedalaman 0,5-10,0 m. Gambut dengan kedalaman 0,5-1,0 m berumur 140 tahun dan gambut dengan kedalaman 8,0-10,0 m berumur 13.000-25.000 tahun. Gambut yang terdapat di Kalimantan Tengah merupakan gambut yang berumur lebih tua dibandingkan di provinsi lain di wilayah Kalimantan. Umur gambut di Serawak, Kalimantan Barat yang terletak di dasar kubah diperkirakan sekitar 4.300 tahun (Anshari 2010). Gambut yang terdapat di Muara Kanan, Kalimantan Timur diperkirakan terbentuk 3.850-4.400 tahun yang lalu. Sieffermann *et al.* (1998) menggunakan metode yang sama, menaksir umur gambut di Kalimantan Tengah yang berada pada kedalaman 1,0 m sekitar 6.230 tahun, dan yang berada pada kedalaman 5,0 m sekitar 8.260 tahun.

Menurut Anshari *et al.* (2010) dan Maas (2012) laju pembentukan gambut sangat lambat dan berbeda dari satu tempat dengan tempat lainnya. Laju pembentukan gambut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti (a) sumber dan neraca air, (b) kandungan mineral yang ada dalam air, (c) iklim yang meliputi curah hujan, suhu dan kelembaban, (d) tutupan vegetasi menyangkut kerapatan dan jenis vegetasinya, dan (e) pengelolaan setelah drainase (Hooijer *et al.* 2010, Husnain *et al.* 2014).

Andriese (1988) memperkirakan laju pembentukan gambut tidak lebih dari 3 mm per tahun pada kondisi hutan primer. Gambut yang terdapat di Barambai, Kalimantan Selatan kecepatan pembentukannya dilaporkan hanya 0,05 mm per tahun, artinya jika terjadi kebakaran yang menyebabkan berkurangnya lapisan gambut setebal 5 cm, diperlukan waktu 1.000 tahun untuk membentuk ketebalan gambut yang sama, meskipun dengan kualitas yang berbeda (Masganti 2013). Di Pontianak, Kalimantan Barat laju pembentukan gambut dilaporkan lebih cepat, yakni 0,13 mm per tahun. Pada awalnya, laju pembentukan gambut berlangsung nisbi cepat, akan tetapi dengan berubahnya lingkungan gambut akibat intervensi manusia, maka kecepatan tersebut semakin berkurang. Secara umum Sieffermann *et al.* (1998) dan Hooijer *et al.* (2012) menyebutkan bahwa kecepatan akumulasi gambut diperkirakan hanya 1,0 mm per tahun.

Gambut mempunyai karakteristik yang unik dan memiliki multifungsi seperti pengatur tata air, pengendali banjir, sebagai habitat (tempat hidup) aneka ragam jenis makhluk hidup dan sebagai gudang penyimpan karbon, sehingga berperan sebagai pengendali kestabilan iklim global (Jauhiainen *et al.* 2008, Page *et al.* 2009, Wibowo 2009). Perbedaan karakteristik gambut disebabkan adanya perbedaan bahan penyusun,

komposisi bahan penyusun, tingkat dekomposisi, ketebalan, lingkungan, lapisan substratum, dan proses pembentukannya (Jordan *et al.* 2007, Wiratmoko *et al.* 2008, Kononen *et al.* 2015).

Karakteristik tanah gambut sangat berbeda dengan tanah mineral (*Soil Survey Staff* 2010), berkaitan dengan sifat kimia, fisika, dan biologi. Karakteristik gambut dapat berubah akibat adanya tindakan manusia berupa pembukaan lahan, pembakaran lahan, pembuatan saluran drainase, dan penambangan (Page *et al.* 2012, Hirano *et al.* 2014, Masganti *et al.* 2015b).

Sifat kimia gambut yang menonjol dan berkaitan dengan pertanian meliputi kemasaman tanah, cadangan karbon, ketersediaan hara, KTK, kadar abu, asam organik, dan pirit, dan jenis stratum yang berada di bawah lapisan gambut (Szajdak *et al.* 2007, Fahmi *et al.* 2014). Sifat fisik meliputi daya simpan air, laju subsidensi, porositas tanah, dan berat isi. Jenis dan populasi mikroorganisme merupakan karakteristik yang berkaitan dengan sifat biologi gambut (Kusel *et al.* 2008, Dimitriu *et al.* 2010, Melling *et al.* 2013)

Tingkat kemasaman tanah menjadi faktor pembatas dalam pengembangan gambut untuk tujuan pertanian (Masganti 2003a). Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kemasaman tanah gambut tergolong sangat masam (Masganti 2003a, Subagyo 2006, Wiratmoko *et al.* 2008). Kemasaman tanah gambut disebabkan adanya hidrolisis asam-asam organik dan kondisi drainase yang jelek.

Gambut merupakan penyimpan karbon yang handal. Diperkirakan bahwa gambut dengan ketebalan 100 cm, mempunyai potensi cadangan karbon sebanyak 400-700 t ha⁻¹ (Page *et al.* 2011, Agus *et al.* 2012, Dommain *et al.* 2014). Kebakaran pada musim kemarau dapat mengurangi cadangan karbon, sekaligus menjadi bahan pencemar lingkungan dan penghambat pertumbuhan perekonomian (Hirano *et al.* 2007, Husnain *et al.* 2014).

Ketersediaan unsur hara pada tanah gambut sangat variatif. Unsur-unsur basa dalam gambut di suatu tempat ditemukan dalam kategori rendah, tetapi di tempat lain berkategori tinggi, sedangkan N dan P berkategori sedang sampai dengan sangat tinggi, tetapi tidak segera tersedia bagi tanaman (Masganti 2003a, Subagyo 2006, Wiratmoko *et al.* 2008). Masalah P yang dihadapi dalam pengembangan gambut adalah daya simpan P yang rendah (Masganti 2003b), dan daya penyediaan P yang juga rendah (Masganti *et al.* 2003, Jordan *et al.* 2007, Cheesman *et al.* 2012), sehingga diperlukan strategi peningkatan daya sedia P melalui penggunaan senyawa penjerap P yang efektif,

penggunaan fosfat alam, dan pengaturan waktu pemberian amelioran dan pupuk P, agar pemupukan P menjadi lebih efektif (Anwar dan Masganti 2006). Ketersediaan unsur-unsur mikro dalam gambut tergolong rendah hingga sangat rendah (Wiratmoko *et al.* 2008, Hartatik *et al.* 2011).

Kapasitas tukar kation (KTK) gambut tergolong tinggi sampai sangat tinggi. Hal ini disebabkan nilai KTK dalam gambut didominasi oleh H⁺ yang sekaligus menjadi sumber kemasaman. Tanah gambut diketahui memiliki nilai KTK tinggi, tetapi tidak menggambarkan ketersediaan unsur-unsur basa yang juga tinggi (Noor *et al.* 2015). Nilai KTK gambut berkisar dari 40-180 cmol₍₊₎ kg⁻¹ (Subagyo 2006, Wiratmoko *et al.* 2008, Hartatik *et al.* 2011).

Kadar abu menjadi faktor pembeda tingkat kesuburan gambut. Umumnya kadar abu gambut di Indonesia <2%, kecuali gambut yang terbakar atau telah dibudidayakan secara intensif mengandung abu yang lebih tinggi (Adi Jaya *et al.* 2001, Kurnain *et al.* 2001). Abu sering dimanfaatkan petani untuk menambah kesuburan lahan gambut, sekaligus meningkatkan produktivitas lahan. Kadar abu berbeda menurut kedalaman, semakin tebal gambut semakin rendah kadar abunya seperti di gambut rawa Lakbok dan Kamurang, di Banjar, Jawa Barat (Darmawijaya 1980), tetapi hal sebaliknya dilaporkan Kurnain *et al.* (2001) dan Masganti (2003a) untuk gambut Kalimantan Tengah.

Dekomposisi gambut menghasilkan asam-asam organik yang mempengaruhi tingkat kemasaman (Moore *et al.* 2011). Dua jenis asam organik yang

banyak ditemui dalam gambut adalah asam humat dan asam fulvat. Konsentrasi asam humat ditemukan lebih tinggi dalam gambut dengan tingkat dekomposisi rendah, sedangkan konsentrasi asam fulvat lebih tinggi dalam gambut yang terdekomposisi lebih lanjut. Tingkat kemasaman total asam humat lebih tinggi (Kusel *et al.* 2008, Dimitriu *et al.* 2010, Melling *et al.* 2013), sehingga nilai pH gambut yang belum matang lebih rendah. Asam organik lainnya yang terdapat dalam gambut adalah asam fenolat yang bersifat racun bagi tanaman dan menghambat perkembangan akar dan penyediaan hara (Hartatik *et al.* 2011, Moore *et al.* 2011).

Sebagian gambut pasang surut mempunyai substratum marin. Substratum ini bila mengalami ekpose akibat kekeringan yang menyebabkan pirit teroksidasi, berisiko mengalami peningkatan kemasaman dan pelarutan Fe²⁺ dan Mn²⁺ yang bersifat racun bagi tanaman (Fahmi *et al.* 2014, Noor *et al.* 2015). Pirit sebagai endapan marin jika teroksidasi menghasilkan H⁺ secara berlebihan, sehingga pH dapat turun menjadi 2,0-3,0. Akibatnya tanaman tidak bisa tumbuh, kecuali nenas yang dapat tumbuh dengan lingkungan ber pH 3,0 (Noor 2001). Beberapa sifat kimia lahan gambut dangkal dapat dilihat dalam Tabel 1.

Gambut diketahui memiliki kemampuan spektakuler dalam menyimpan air. Hal ini tercermin dari kadar air gambut yang berkisar 289-1.057%, tergantung dari tingkat dekomposisinya (Andriess 1988). Gambut yang lebih matang mempunyai kadar air yang lebih rendah (Masganti 2003a, Wosten *et al.* 2008). Kemampuan gambut menyimpan air dapat mencapai 20 kali berat keringnya (Andriess 1988),

Tabel 1. Sifat kimia tanah gambut dangkal

Table 1. Chemical characteristics of shallow peat soils

No.	Sifat kimia	Nilai*	Kriteria**
1.	pH H ₂ O (1:5)	3,8 - 4,1	Sangat masam
2.	C-organik (%)	28,70 - 41,98	Sangat tinggi
3.	N-total (%)	0,74 - 1,50	Sangat tinggi
4.	P ₂ O ₅ Bray I (ppm)	17,9 - 71,8	Sedang- sangat tinggi
5.	Ca-dd (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	2,46 - 12,03	Rendah-tinggi
6.	Mg-dd (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	3,73 - 14,21	Sangat tinggi
7.	K-dd (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0,28 - 0,76	Sangat tinggi
8.	Na-dd (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0,94 - 2,46	Tinggi-sangat tinggi
9.	KTK (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	84,5 - 100,7	Sangat tinggi
10.	Kejenuhan basa (%)	12,0 - 40,0	Rendah-sedang
11.	Kejenuhan Al (%)	23 - 73	Tinggi- Sangat tinggi
12.	Pirit (%)	0,93 - 1,20	Rendah

* Subagyo (2006)

** Lembaga Penelitian Tanah (1983) dalam Hardjowigeno (1987)

tetapi jika gambut mengalami drainase yang berlebih dan kebakaran, maka gambut menjadi hidrofobik atau benci air, sehingga daya simpan airnya menurun drastis (Masganti 2012), bahkan menghasilkan nilai yang bias dalam analisis sifat kimia di laboratorium (Masganti 2005, 2006).

Salah satu sifat fisik yang harus diperhatikan dalam pengembangan gambut untuk tanaman tahunan atau perkebunan adalah laju subsidensi. Agus *et al.* (2012) dan Masganti *et al.* (2015b) melaporkan bahwa tanaman perkebunan yang dibudidayakan di lahan gambut sering gagal panen atau produktivitasnya rendah karena mengalami "gangguan fisik" akibat subsidensi. Subsidensi gambut terjadi disebabkan proses dekomposisi yang lebih cepat akibat pembukaan lahan, pembuatan drainase yang intensif, fase perkembangan tanaman, populasi tanaman, dan kebakaran. Laju subsidensi pada tahun pertama pembukaan lahan lebih cepat dari tahun setelahnya dan akan stabil pada tahun 8-10 (Harjowigeno 1997, Hooijer *et al.* 2012). Berdasarkan pertimbangan tersebut, Masganti *et al.* (2015a) mengusulkan perlunya pengelolaan air yang tepat untuk menghambat laju subsidensi gambut dan meningkatkan produktivitas.

Nugroho dan Widodo (2001) melaporkan porositas gambut 83,62-95,13%. Daya simpan air gambut yang tinggi berkaitan erat dengan porositas tanah. Semakin tinggi porositas, semakin tinggi daya simpan air gambut. Porositas gambut ditentukan oleh tingkat dekomposisinya (Nugroho dan Widodo 2001, Masganti 2003a, Jordan *et al.* 2007). Gambut fibrik mempunyai porositas yang lebih tinggi daripada hemik dan saprik. Pemanasan terhadap gambut menyebabkan porositas menurun (Nugroho dan Widodo 2001).

Berat isi (*bulk density*) menggambarkan tentang berat kering padatan gambut dalam volume tertentu. Semakin tinggi nilai berat isi, maka semakin matang gambut tersebut (Nugroho dan Widodo 2001, Masganti 2003a). Gambut fibrik biasanya mempunyai berat isi $<0,10 \text{ g cm}^{-3}$, gambut hemik $0,10\text{-}0,20 \text{ g cm}^{-3}$ dan gambut saprik $>0,20 \text{ g cm}^{-3}$.

Selain berfungsi untuk menjamin ketersediaan air, gambut juga berperan sangat penting dalam menjaga kualitas lingkungan (Suriadikarta 2012, Nursyamsi *et al.* 2014, Masganti *et al.* 2015b). Mikroorganisme berperan penting dalam perombakan bahan organik (Dimitriu *et al.* 2010, Andersen *et al.* 2013). Secara garis besar ada tiga kelompok mikroorganisme dalam lingkungan gambut yang berfungsi dalam (1) perombakan awal seperti golongan jamur dan bakteri,

baik yang bersifat aerob maupun anaerob, (2) perkembangan atau penebalan gambut seperti jamur dan bakteri yang bersifat aerob atau anaerob, dan (3) perombakan lanjut setelah lahan terdrainase seperti golongan jamur dan bakteri aerob.

Kurang tersedianya P dalam gambut untuk tanaman dapat ditingkatkan melalui pemanfaatan mikroorganisme pelarut P (Agustina *et al.* 2001, Andersen *et al.* 2013), akan tetapi kepadatan populasi mikroorganisme pelarut P dalam gambut tergolong rendah (Kusel *et al.* 2008, Melling *et al.* 2013), sehingga perlu langkah khusus untuk menciptakan lingkungan yang kondusif bagi perkembangan mikroorganisme tersebut.

KLASIFIKASI GAMBUT

Berdasarkan kandungan bahan organiknya, tanah dikelompokkan menjadi tanah organik dan tanah mineral (Soil Survey Staff 2010). Tanah organik adalah tanah-tanah yang komposisi penyusunnya didominasi bahan organik dan dicirikan oleh kandungan bahan organik yang tinggi dengan bahan mineral nisbi rendah. Kelompok tanah mineral adalah tanah-tanah yang didominasi oleh bahan mineral dengan kandungan bahan organik yang rendah.

Tanah gambut berdasarkan klasifikasi tanah (taksonomi tanah) termasuk dalam ordo Histosol (Soil Survey Staff 2010), yang berasal dari bahasa Yunani, *histos* yang berarti jaringan. Tanah gambut dicirikan oleh adanya lapisan gambut dengan ketebalan lebih dari 40 cm dan mengandung bahan organik lebih dari 30% jika fraksi mineralnya mengandung lempung sebesar 60%, atau mengandung bahan organik lebih dari 20% jika fraksi mineralnya tidak mengandung lempung.

Pengelompokan tanah gambut dapat dilakukan dari berbagai sudut pandang. Sifat fisika tanah gambut, khususnya hidroliknya ditentukan oleh tingkat dekomposisi bahan organiknya. Pengelompokan gambut berdasarkan tingkat dekomposisi bahan organik dan berat volume menghasilkan tiga macam gambut, yakni (1) fibrik, (2) hemik, dan (3) saprik (Rieley *et al.* 1996, Adimihardja *et al.* 1998). Gambut fibrik adalah gambut yang tingkat kematangannya paling rendah, sehingga masih banyak mengandung serabut yakni $>66\%$, berat isi $<0,1 \text{ g.cm}^{-3}$, kandungan air lebih dari 850%, berwarna coklat kuning cerah-coklat kemerahan. Gambut hemik merupakan gambut transisi, kandungan serabutnya 33-66%, berat isi $0,1\text{-}0,19 \text{ g.cm}^{-3}$, kandungan

air 450-850%, warna coklat kelabu kelam-coklat kemerahan kelam. Gambut saprik merupakan gambut yang paling matang, dicirikan oleh kandungan serabut paling rendah yakni <33%, berat isi $\geq 0,2 \text{ g.cm}^{-3}$, kandungan air <450%, warna kelabu sangat kelam-kelam hitam.

Potensi pemanfaatan gambut untuk budidaya tanaman pangan harus memperhatikan tingkat ketebalan gambut. Berdasarkan ketebalannya, tanah gambut dibedakan menjadi (1) gambut dangkal, jika ketebalan gambutnya 0,5m- < 1 m, (2) gambut sedang, jika ketebalan gambutnya 1-3 m, dan (3) gambut dalam, jika ketebalan gambutnya > 3 m (Hardjowigeno 1997), sedangkan Adimihardja *et al.* (1998) membagi tanah gambut menjadi empat kategori, yakni (a) gambut dangkal/tipis jika ketebalannya 50-100 cm, (b) gambut sedang jika ketebalannya 101-200 cm, (c) gambut dalam jika ketebalannya 201-300 cm, dan (d) gambut sangat dalam jika ketebalannya lebih dari 300 cm. Tanah gambut yang mempunyai ketebalan kurang dari 50 cm dikategorikan sebagai tanah bergambut. Pembagian yang lebih rinci dilakukan oleh Wahyunto *et al.* (2014) menjadi enam kategori, yakni (1) sangat dangkal/sangat tipis, jika ketebalan gambut < 50 cm, (2) dangkal/tipis, jika ketebalan gambut 50-100 cm, (3) sedang, jika ketebalan gambut 101-200 cm (d) dalam/tebal, jika ketebalan gambut 201-400 cm, (e) sangat dalam/sangat tebal, jika ketebalan gambut 401-800 cm, dan (f) dalam sekali/tebal sekali, jika ketebalan gambut 801-1.200 cm. Semakin tebal tanah gambut, semakin rendah potensinya untuk budidaya tanaman pangan dan hortikultura (Hardjowigeno 1997, Adimihardja *et al.* 1998).

Tingkat kesuburan tanah juga menjadi pembeda untuk mengelompokkan gambut ke dalam beberapa kelompok (Sitorus *et al.* 1999). Pengelompokan tersebut didasarkan atas kadar abu gambut, yaitu (a) *eutrofik* adalah gambut dengan tingkat kesuburan tinggi atau kadar abunya >8%, (b) *mesotrofik* adalah gambut dengan tingkat kesuburan sedang atau mempunyai kadar abu >2% hingga 8%, dan (c) *oligotropik* adalah gambut dengan tingkat kesuburan paling rendah atau kadar abunya $\leq 2\%$. Berdasarkan kriteria tersebut, gambut yang terdapat di Pulau Kalimantan umumnya adalah oligotrofik.

Faktor pembeda berikutnya adalah lingkungan pembentukan atau fisiografi gambut (Rieley *et al.* 1996). Berdasarkan faktor tersebut, gambut diklasifikasikan menjadi empat kategori, yakni (a) gambut cekungan (*basin peat*), gambut yang terbentuk di daerah cekungan,

lembah sungai atau rawa belakang (*backswamp*), (b) gambut sungai (*river peat*), gambut yang terbentuk di sepanjang sungai yang masuk ke daerah lembah kurang dari 1 km. Gambut ini juga sering disebut gambut pedalaman, misalnya gambut yang terdapat di sepanjang Sungai Barito, Sungai Kapuas, dan Sungai Mentangai, Kalimantan Tengah, (c) gambut dataran tinggi (*highland peat*), gambut yang terbentuk di punggung-punggung bukit/pegunungan, seperti yang terdapat di Pegunungan Tigi (Papua), dan Pegunungan Dieng (Jawa Tengah), dan (d) gambut pantai (*coastal peat*), gambut yang terbentuk di sepanjang pantai.

Menurut Rieley *et al.* (1996) dengan memperhatikan proses pembentukannya, gambut dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yakni (a) gambut ombrogen, gambut yang pembentukannya dipengaruhi oleh curah hujan, (b) gambut topogen, gambut yang pembentukannya dipengaruhi oleh keadaan topografi (cekungan) dan air tanah, dan (c) gambut pegunungan, gambut yang pembentukannya dipengaruhi oleh gunung atau bukit, biasanya gambut ini lebih subur daripada gambut topogen.

Pembeda terakhir untuk mengelompokkan gambut adalah berdasarkan bahan penyusun atau bahan asal gambut menjadi tiga kelompok, yakni (a) gambut lumutan (*sedimentary/moss peat*), gambut yang tersusun dari campuran tanaman air dari family *Liliaceae*, termasuk plankton dan sejenisnya, (b) gambut seratan (*fibrous/sedge peat*), gambut yang tersusun dari tanaman sphagnum dan sejenisnya, dan (c) gambut kayuan (*woody peat*), gambut yang tersusun dari jenis pohon-pohonan dan tanaman semak-semak atau pakupakuan yang ada di bawahnya.

PEMANFAATAN LAHAN GAMBUT DANGKAL

Lahan gambut tidak saja dimanfaatkan sebagai media tumbuh tanaman, tetapi juga sekaligus sebagai tempat tinggal dan sumber mata pencaharian petani. Sebagai media tumbuh, lahan ini telah ratusan tahun dimanfaatkan petani untuk mendukung kehidupan mereka (Rina dan Noorinayuwati 2007, Masganti dan Yuliani 2009, Masganti 2013). Lahan gambut mempunyai berbagai kendala untuk dimanfaatkan sebagai media tumbuh, sehingga diperlukan strategi, yakni langkah-langkah utama yang diperlukan untuk mencapai tujuan secara efisien dan efektif. Salah satu strategi yang diperlukan adalah pemilihan komoditas. Tidak semua komoditas dapat berkembang baik di

lahan gambut dangkal. Secara umum komoditas yang berkembang di lahan gambut dangkal dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yakni (1) tanaman pangan/palawija, (2) tanaman hortikultura, dan (3) tanaman tahunan (Suriadikarta 2012, Nursyamsi *et al.* 2014, Masganti *et al.* 2015b).

Pemilihan komoditas berkaitan erat dengan tipologi luapan, musim, nilai ekonomis komoditas, dan ketersediaan teknologi. Penataan lahan pada daerah produksi membuka peluang untuk membudidayakan komoditas-komoditas seperti padi, jagung, kedelai, jeruk, sayuran, kelapa, karet dan kelapa sawit. Komoditas hortikultura (sayuran dan buah-buahan) memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi daripada tanaman pangan, tetapi memerlukan teknik budidaya yang lebih intensif (Masganti 2013).

Pertimbangan lain yang harus diperhatikan dalam memanfaatkan lahan gambut dangkal adalah sistem perakaran tanaman. Tanaman tahunan tidak direkomendasikan untuk dibudidayakan di lahan ini karena memerlukan daerah perakaran yang lebih luas dan dalam. Ketebalan gambut dangkal terbatas, sehingga sangat berbahaya jika perakaran tanaman tahunan menyentuh tanah lapisan bawah yang mengandung senyawa bersifat toksik. Demikian juga jika substratum gambut berupa pasir kuarsa yang miskin hara, sehingga perlu input hara dan pupuk organik yang lebih banyak. Selain itu tanah berpasir mempunyai daya simpan air yang rendah, sehingga tidak hanya memerlukan input air yang lebih banyak, tetapi risiko tanaman mengalami kekeringan atau layu lebih besar. Oleh karena itu pemanfaatan lahan gambut dangkal hanya untuk budidaya tanaman pangan dan hortikultura.

Tanaman Pangan

Haryono (2013) dan Masganti (2013) melaporkan bahwa lahan gambut merupakan kontributor penting dalam penyediaan bahan pangan. Padi, jagung dan kedelai (Pajale) merupakan jenis tanaman yang banyak dibudidayakan di lahan gambut dangkal (Masganti *et al.* 2015b). Tanaman Pajale, terutama padi merupakan jenis tanaman yang telah lama dibudidayakan petani di lahan gambut dangkal. Tanaman ini berkembang karena (1) secara tradisional petani telah menguasai teknik budidayanya, (2) pengelolaan air lebih mudah, (3) dorongan budaya untuk menghasilkan bahan pangan, (4) menjadi sandaran perekonomian

keluarga, dan (5) menyerap tenaga kerja baik langsung maupun tidak langsung.

Salah satu kunci utama dalam budidaya Pajale di lahan gambut dangkal adalah pengelolaan air, terutama berkaitan dengan pengaturan tinggi permukaan air tanah (Masganti *et al.* 2015a, 2015b). Budidaya Pajale di lahan gambut dangkal memerlukan kedalaman air 20-50 cm dari permukaan tanah. Pengaturan tersebut bertujuan agar perakaran tanaman berkembang dengan baik, dan tidak menyebabkan genangan (kecuali untuk tanaman padi yang pada fase tertentu memerlukan genangan), sehingga suplai oksigen tercukupi. Pengelolaan air tidak hanya memberikan jaminan ketersediaan air untuk kebutuhan tanaman, tetapi juga harus menjaga kondisi aerasi yang baik bagi mikroorganisme, mengendalikan reaksi kimia tanah dan perkembangan perakaran tanaman.

Komoditas Pajale biasa ditanam secara monokultur dan tumpangsari dengan tanaman perkebunan seperti kelapa sawit dan kelapa. Menurut Masganti *et al.* (2015a, 2015b) untuk meningkatkan kontribusi lahan gambut dangkal dalam menyediakan bahan pangan perlu memanfaatkan lahan perkebunan kelapa sawit dan kelapa yang belum menghasilkan dan tanaman tua atau tanaman yang sudah rusak.

Selain ketiga komoditas diatas, ubikayu dan ubijalar juga banyak dibudidayakan di lahan gambut dangkal (Suriadikarta 2012, Masganti *et al.* 2015b). Kedua komoditas ini berkembang karena umumnya tanaman ini tidak memerlukan syarat tumbuh yang spesifik, terutama berkaitan dengan hara dan serangan organisme pengganggu tanaman. Tanaman ini tidak memerlukan perawatan yang intensif, sehingga petani mempunyai waktu luang yang lebih banyak untuk kegiatan lainnya.

Tanaman Hortikultura

Tanaman hortikultura berkembang baik di lahan gambut dangkal karena: (1) sistem perakaran yang lebih dangkal, sehingga memerlukan air yang lebih sedikit, (2) nilai produk yang menguntungkan dan diperlukan konsumen setiap hari, dan (3) beberapa jenis hortikultura sayuran dapat dipanen dalam waktu yang lebih singkat. Keberhasilan budidaya tanaman hortikultura di lahan gambut dangkal tidak terlepas dari kemampuan petani mengelola air, terutama dalam pengaturan ketinggian permukaan air tanah. Masganti *et al.* (2015a) menyarankan kedalaman air untuk budidaya tanaman

hortikultura di lahan gambut dangkal adalah 20-100 cm, tergantung jenis tanaman yang dibudidayakan.

Pertimbangan membudidayakan tanaman hortikultura di lahan gambut adalah untuk memunculkan sentra-sentra penghasil tanaman hortikultura. Sebagai contoh, Kelurahan Kelampangan, Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah menjadi pemasok sayuran bagi masyarakat Kota Palangkaraya (Masganti dan Yuliani 2009). Kawasan lain yang juga menjadi sentra tanaman hortikultura di Palangkaraya adalah Kelurahan Kereng Bengkirai. Contoh lainnya tanaman lidah buaya dikembangkan secara baik oleh etnik Tiongkok di Kalimantan Barat (Masganti 2013).

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan lapang diketahui bahwa jenis tanaman hortikultura buah-buahan yang berkembang di lahan gambut dangkal diantaranya nenas, pisang, pepaya, semangka, melon, sedangkan jenis sayuran meliputi tomat, pare, mentimun, cabai, kangkung dan bayam (Suriadikarta 2012, Masganti 2013, Masganti *et al.* 2015a). Selain ditanam secara monokultur, tanaman hortikultura juga dibudidayakan secara tumpangsari dengan tanaman perkebunan, bahkan dengan tanaman pangan untuk meningkatkan produktivitas lahan dan mengurangi risiko kegagalan.

PENUTUP

Lahan gambut Indonesia sangat potensial dimanfaatkan untuk penyediaan bahan pangan. Pemanfaatan lahan gambut yang lebih masif untuk memasok bahan pangan dipicu oleh (1) laju alih fungsi lahan pertanian, (2) pertambahan jumlah penduduk, dan (3) keinginan menjadikan Indonesia sebagai lumbung pangan dunia.

Berdasarkan ketebalan gambut, tanah gambut dengan ketebalan 50-100 cm dikategorikan sebagai gambut dangkal/tipis. Semakin tebal gambut, semakin rendah potensinya untuk budidaya tanaman pangan dan hortikultura.

Potensi lahan gambut dangkal/tipis di Indonesia diperkirakan 5.241.473 ha atau 35,17% dari total luas lahan gambut Indonesia, tersebar di Pulau Papua (2.425.523 ha), Pulau Sumatera (1.767.303 ha), dan Pulau Kalimantan (1.048.611 ha). Potensi tersebut dapat dimanfaatkan untuk budidaya tanaman pangan seperti padi, jagung, dan kedelai, tanaman hortikultura seperti nenas, pisang, pepaya, dan melon, dan tanaman hortikultura sayuran seperti tomat, pare, mentimun, cabai, kangkung, dan bayam. Kontribusi lahan gambut

tipis terhadap produksi tanaman pangan dan hortikultura diperkirakan 50-60% dari total produksi lahan gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja, A., K. Sudarman, dan D. A. Suriadikarta. 1998. Pengembangan lahan pasang surut: keberhasilan dan kegagalan ditinjau dari aspek fisiko kimia lahan pasang surut. Hlm 1-10. *Dalam* Sabran, M., M.Y. Maamun, A. Sjachrani, B. Prayudi, I. Moor dan S. Sulaiman (*Eds.*). Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Menunjang Akselerasi Pengembangan Lahan Pasang Surut. Balitbangtan, Puslitbangtan, Balittra. Banjarbaru.
- Adi Jaya, J.O. Rieley, T. Artiningsih, Y. Sulistiyanto, dan Y. Jagau. 2001. Utilization of deep tropical peatland for agriculture in Central Kalimantan, Indonesia. Hlm 125-131. *Dalam* Rieley, J.O., dan S.E. Page (*Eds.*). Jakarta Symposium Proceeding on Peatlands for People: Natural Resources Functions and Sustainable Management.
- Agus, F., Wahyunto, A. Dariah, E. Runtunuwu, E. Susanti dan W. Supriatna. 2012. Emission Reduction Options for Peatland in Kubu Raya and Pontianak Districts, West Kalimantan, Indonesia. *Jour. of Oil Palm Res.* 24:1378-1387.
- Agustina, S.E.R., B.M. Rahmawati, dan Sustiyah. 2001. Inventarisasi mikoriza vesicular arbuskula (MVA) pada tanah gambut Kalimantan Tengah. *J. Agri Peat* 2(2):46-52.
- Andersen, R., C. Wells, M. Macrae, dan J. Price. 2013. Nutrient mineralisation and microbial functional diversity in a restored bog approach natural conditions 10 years post restoration. *Soil Biology & Biochemistry* 64:37-47.
- Andriess, J.P. 1988. Nature and Management of Tropical Peat Soils. Soil Resources, Management & Conservation Service. FAO Land and Water Development Division. FAO, Rome. 165 p.
- Anshari, G.Z. 2010. A preliminary assessment of peat degradation in West Kalimantan. *Biogeosciences Discuss.* 7:3503-3520.
- Anshari, G.Z., M. Afifudin, M. Nuriman, E. Gusmayanti, L. Arianie, R. Susana, R.W. Nusantara, J. Sugardjito, dan A. Rafiastanto. 2010. Drainage and land use impacts on changes in selected peat properties and peat degradation in West Kalimantan Province, Indonesia, *Biogeosciences* 7:3403-3419.
- Anwar, K. dan Masganti. 2006. Effect of type of phosphate adsorbent compound and source of P fertilizer on phosphate retention capacity of the sapric peat material. *Tropical Peatlands* 6(6):22-27.
- Cheesman, A.W., B.L. Turner, dan K.R. Reddy. 2012. Soil phosphorus forms along a strong nutrient gradient in a tropical ombrotrophic wetland. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 76:1496-1506.
- Darmawijaya, I. 1980. Klasifikasi Tanah: Dasar Teori bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia,

- Hlm 196-202. Balai Penelitian Teh dan Kina Gambung, Bandung.
- Dimitriu, P.A., D. Lee, dan S.J. Grayston. 2010. An evaluation of the functional significance of peat microorganisms using a reciprocal transplant approach. *Soil Biology and Biochemistry* 42:65-71.
- Dommain, R., J. Couwenberg, P.H. Glaser, H. Joosten, dan I.N.N. Suryadiputra. 2014. Carbon storage and release in Indonesian peatlands since the last deglaciation. *Quaternary Science Reviews* 97:1-32.
- Fahmi, A., B. Radjaguguk, dan B.H. Purwanto. 2014. Interaction of peat soil and sulphidic material substratum: role of peat layer and groundwater level fluctuations on phosphorus concentration. *J Tanah Trop* 19(3):161-169.
- Hardjowigeno, S. 1987. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo, Jakarta. 250 hal.
- Hardjowigeno, S. 1997. Pemanfaatan gambut berwawasan lingkungan. *Alami* 2(1):3-6.
- Hartatik, W., I G.M. Subiksa, dan Ai Dariah. 2011. Sifat kimia dan fisika lahan gambut. Hlm. 45-56. *Dalam* Neneng L. Nurida, A. Mulyani, dan F. Agus (Eds.). *Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. Balai Penelitian Tanah. Bogor
- Haryono. 2013. Strategi dan Kebijakan Kementerian Pertanian dalam Optimalisasi Lahan Sub-optimal Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. 11 halaman.
- Hirano, T., H. Segah, T. Harada, S. Limin, T. June, R. Hirata, dan M. Osaki. 2007. Carbon dioxide balance of a tropical peat swamp forest in Kalimantan, Indonesia. *Global Change Biology* 13:412-425.
- Hirano, T., K. Kusin, S. Limin, dan M. Osaki. 2014. Carbon dioxide emissions through oxidative peat decomposition on a burn tropical peatland. *Glob. Chang. Biol.* 20:555-65.
- Hooijer, A., S.E. Page, J.G. Canadell, M. Silvius, J. Kwadijk, Wo Hosten, dan J. Jauhiainen. 2010. Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences* 7:1505-1514.
- Hooijer, A., S.E. Page, J. Jauhiainen, W. Lee, Idris, dan G. Anshari. 2012. Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. *Biogeosciences* 9:1053-1071.
- Husnain, H., I G.P. Wigena, Ai Dariah, S. Marwanto, P. Setyanto, dan F. Agus. 2014. CO₂ emissions from tropical drained peat in Sumatra, Indonesia. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang* 19:845-862.
- Jauhiainen, J., S. Limin, H. Silvennoinen, dan H. Vasander. 2008. Carbon dioxide and methane fluxes in drainage affected tropical peat before and after hydrological restoration, *Ecology* 89:3503-3514.
- Jordan, S., S. Veltý, dan J. Zeitz. 2007. The influence of degree of peat decomposition on phosphorus binding forms in fens. *Mires and Peat* 2:1-10.
- Könönen, M., J. Jauhiainen, R. Laiho, K. Kusin, dan H. Vasander. 2015. Physical and chemical properties of tropical peat under stabilised land uses. *Mires and Peat* 16(8):1-13.
- Kurnain, A., T. Notohadikusumo, B. Radjaguguk, dan Sri Hastuti. 2001. The state of decomposition of tropical peat soil under cultivated and fire damage peatland. Hlm 168-178. *Dalam* Rieley, dan Page (Eds.). *Jakarta Symposium Proceeding on Peatlands for People: Natural Resources Functions and Sustainable Management*.
- Kusel, K., M. Blothe, D. Schulz, M. Reiche, dan H.L. Drake. 2008. Microbial reduction of iron and porewater biogeochemistry in acidic peatlands. *Biogeosciences* 5:1537-1549.
- Maas, A. 2012. Peluang dan konsekuensi pemanfaatan lahan gambut masa mendatang. Hlm xvii-xxiii. *Dalam* M. Noor *et al.* (Eds.). *Lahan Gambut : Pemanfaatan dan Pengembangannya untuk Pertanian*. Kanisius. Yogyakarta.
- Masganti. 2003a. Kajian Upaya Meningkatkan Daya Penyediaan Fosfat dalam Gambut Oligotrofik. Disertasi. Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta. 355 halaman.
- Masganti. 2003b. Pengaruh macam senyawa penjerap, dan sumber pupuk P terhadap daya penyimpanan hara bahan gambut saprik. *J. Tanah dan Air* 4(2):100-107.
- Masganti, T. Notohadikusumo, A. Maas, dan B. Radjaguguk. 2003. Pengaruh macam senyawa penjerap fosfat, dan sumber pupuk P terhadap daya penyediaan fosfat bahan gambut. *J. Tanah dan Iklim* 21:7-15.
- Masganti. 2005. Hidrofobisitas dan hasil analisis sifat kimia bahan gambut. *J. Tanah dan Air* 6(2):69-74.
- Masganti. 2006. Sample preparation and hydrophobicity of peat material. *Tropical Peatlands* 6(6):10-14.
- Masganti. 2012. Sample preparation for peat material analysis. Hlm 179-184 *Dalam* Husein *et al.* (Eds.). *Prosiding Workshop on Sustainable Management Lowland for Rice Production*.
- Masganti dan N. Yuliani. 2009. Arah dan strategi pemanfaatan lahan gambut di Kota Palangkaraya. *Agrapura* 4(2):558-571.
- Masganti. 2013. Teknologi inovatif pengelolaan lahan suboptimal gambut dan sulfat masam untuk peningkatan produksi tanaman pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 6(4):187-197.
- Masganti, M. Alwi, dan Nurhayati. 2015a. Pengelolaan air untuk budidaya pertanian di lahan gambut: kasus Riau. Hlm 62-87. *Dalam* Noor, M. *et al.* (Eds.). *Pengelolaan Air di Lahan Rawa Pasang Surut: Optimasi Lahan Mendukung Swasembada Pangan*. IAARD Press, Badan Litbang, Jakarta.
- Masganti, Nurhayati, R. Yusuf, dan H. Widyanto. 2015b. Teknologi ramah lingkungan dalam budidaya kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 9(2):99-108.
- Melling, L., C.S. Yun Tan, K.J. Goh, dan R. Hatano. 2013. Soil microbial and root respirations from three ecosystems in tropical peatland of sarawak, Malaysia. *J. Oil Palm Res* 25:44-57.
- Moore, S., V. Gauci, C.D. Evans, dan S.E. Page. 2011. Fluvial organic carbon losses from a Bornean blackwater river, *Biogeosciences* 8:901-909.

- Noor, M. 2001. Pertanian Lahan Gambut: Potensi dan Kendala. Kanisius. Yogyakarta. 174 hal.
- Noor, M., Masganti, dan F. Agus. 2015. Pembentukan dan karakteristik gambut Indonesia. *Dalam Agus et al. (Eds.). Lahan Gambut Indonesia: Pembentukan, Karakteristik, dan Potensi Mendukung Ketahanan Pangan*. IAARD Press. Hlm 7-32.
- Nugroho, K. dan B. Widodo. 2001. The effect of dry-wet condition to peat soil physical characteristic of different degree of decomposition. *Dalam Rieley, dan Page (Eds.). Jakarta Symposium Proceeding on Peatlands for People: Natural Resources Functions and Sustainable Management*. Hlm 94-102.
- Nursyamsi, D., S. Raihan, M. Noor, K. Anwar, M. Alwi, E. Maftuah, I. Khairullah, I. Ar-Riza, R.S. Simatupang, Noorinayuwati, dan Y. Rina. 2014. Buku Pedoman Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD Press. Jakarta. 68 hlm.
- Page, S.E., F. Siegert, J.O. Rieley, H.D.V. Boehm, A. Jaya, dan S. Limin. 2002. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature* 420:61-65.
- Page, S.E., A. Hoscilo, H. Wosten, dan J. Jauhiainen. 2009. Restoration ecology of lowland tropical peatlands in Southeast Asia-Current knowledge and future research directions. *Ecosystems* 12:888-905.
- Page, S.E., J.O. Rieley, dan C.J. Banks. 2011. Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology* 17(2):798-818.
- Page, S.E., F. Siegert, J.O. Rieley, H.D.V. Boehm, A. Jaya, dan S. Limin. 2012. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature* 420:61-65.
- Rieley, J.O., S.E. Page, dan B. Setiadi. 1996. Distribution of peatlands in Indonesia. *Dalam*. Lappalainen, E. (Ed.). *Global Peat Resources*. International Peat Society, Finland. Hlm 169-177.
- Rieley, J.O. dan B. Setiadi. 1997. Role of tropical peatlands in global carbon balance: preliminary finding from the peats of Central Kalimantan, Indonesia. *Alami* 2(1): 52-56.
- Rina, Y. dan Noorinayuwati. 2007. Persepsi petani tentang lahan gambut dan pengelolaannya. Hlm 95-107. *Dalam* Muhlis et al. (Eds.). *Kearifan Lokal Pertanian di Lahan Rawa*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Sieffermann, G., M. Fournier, S. Triutomo, M.T. Sadelman, dan M. Seemah. 1998. Velocity of tropical forest peat accumulation in Central Kalimantan Province, Indonesia (Borneo). pp. 90-98. *In Proc. of the 8th Int. Peat Congress, Leningrad, USSR*. Vol. 1.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. Eleventh Edition. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Services. USDA. Washington D. C. 869 halaman.
- Sitorus, S.R.P., Sriharyati, M. Selari, dan H. Subagyo. 1999. Pola penyebaran tanah gambut dan sifat-sifat tanah antara beberapa sungai utama pada areal pengembangan lahan gambut satu juta hektar propinsi Kalimantan Tengah. *Agrista* 4(1):50-63.
- Subagyo, H. 2006. Lahan rawa pasang surut. *Dalam*. Suriadikarta, D.A., U. Kurnia, H.S. Mamat, W. Hartatik, dan D. Setyorini (Eds.). *Karakteristik dan Pengelolaan Lahan*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Hlm 23-98.
- Suriadikarta, D.A. 2012. Teknologi pengelolaan lahan gambut berkelanjutan. *Jurnal Sumberdaya lahan Pertanian* 6(2):197-211.
- Szajdak, L., T. Brandyk, dan J. Szatyłowicz. 2007. Chemical properties of different peat-marsh soils from the Biebrza River Valley. *Agronomy Research* 5:165-174.
- Wahyunto, K. Nugroho, S. Ritung, dan Y. Sulaiman. 2014. Indonesian peatland map: method, certainty, and uses. Hlm 81-96. *Dalam* Wihardjaka et al. (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi*. Balitbangtan, Kementerian Pertanian.
- Wibowo, A. 2009. Peran lahan gambut dalam perubahan iklim global. *Jurnal Tekno Hutan Indonesia* 2(1):19-28.
- Wiratmoko, D. Winarna, S. Rahutomo, dan H. Santoso. 2008. Karakteristik gambut topogen dan ombrogen di Kabupaten Labuhan Batu Sumatera Utara untuk budidaya tanaman kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit* 16(3):119-126.
- Wosten, J.H.M., E. Clymans, S.E. Page, J.O. Rieley, dan S. H. Limin. 2008. Peat-water interrelationships in a tropical peatland ecosystem in Southeast Asia. *Catena* 73:212-224.