

## Teknologi Ramah Lingkungan dalam Budidaya Kelapa Sawit di Lahan Gambut Terdegradasi

### *Green Technology in Oil Palm Cultivation on Degraded Peatlands*

Masganti, Nurhayati, Rachmiwati Yusuf, dan Hery Widyanto

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau, Jl. Kaharudin Nasution No. 341, Pekanbaru, Riau. Email: masgambut59@yahoo.com

Diterima 5 Agustus 2015, Direview 12 Oktober 2015, Disetujui dimuat 11 Desember 2015

**Abstrak.** Lahan gambut merupakan lahan yang sangat potensial dimanfaatkan untuk tujuan pertanian. Selain fungsi produksi, lahan gambut juga berfungsi dalam sistem hidrologi dan lingkungan. Diperkirakan dari total 14,95 juta hektar lahan gambut Indonesia, sekitar 6,66 juta hektar lahan ini telah terdegradasi. Degradasi lahan gambut menyebabkan fungsi hidrologi, produksi, dan lingkungan menjadi berkurang yang ditandai dengan penurunan produktivitas, pada musim hujan terjadi banjir, dan pada musim kemarau terjadi kekeringan, bahkan kebakaran. Gambut yang terdegradasi mempunyai kesuburan tanah yang lebih rendah, daya pegang air dan porositas lebih rendah, dan jenis dan populasi mikroorganisme lebih sedikit. Degradasi lahan gambut disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pengelolaan air yang salah, penambangan, dan penebangan pohon. Kriteria gambut terdegradasi meliputi (a) kadar karbon < 35 t ha<sup>-1</sup>, atau (b) tanaman penutup tanahnya merupakan semak belukar atau lahan tersebut merupakan lahan terbuka bekas tambang. Meskipun terdegradasi, petani kelapa sawit banyak memanfaatkan lahan ini, sekitar 20-25% lahan gambut terdegradasi dimanfaatkan untuk budidaya kelapa sawit. Untuk itu diperlukan teknologi ramah lingkungan yang mampu menurunkan emisi GRK, meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani. Teknologi tersebut meliputi pengelolaan air menggunakan kanal blok, penggunaan amelioran Tankos dan tumpang Sari tanaman.

*Kata Kunci: Ramah Lingkungan / Budidaya / Kelapa Sawit / Gambut Terdegradasi*

**Abstract.** Peatlands are potential land used for agricultural purposes. In addition to the production function, peatlands also functions in hydrology and environmental systems. It is estimated that of a total of 14.95 million hectares of Indonesia's peatlands, about 6.66 million hectares of land has been degraded. Peatland degradation caused hydrological function, production, and the environment is reduced which is characterized by a decrease in productivity, floods in the rainy season, and droughts in the dry season, even a fire. Degraded peat has lower in soil fertility, water holding capacity and porosity, and less in the type and population of microorganisms. Peatland degradation caused by human activities such as poor water management is wrong, mining, and felling trees. Degraded peat criteria include (a) the carbon content <35 t ha<sup>-1</sup>, or (b) the land cover plants are shrubs or open land is a former mining land. Although degraded, oil palm growers are making use of this land, about 20-25% of degraded peat lands utilized for the cultivation of oil palm. It is necessary for environment friendly technologies that can reduce greenhouse gas emissions, improve productivity and income of farmers. These include water management technologies to use chanal block, use ameliorant Tankos and intercropped plants.

*Keywords: Environment Friendly / Cultivation / Oil Palm / Degraded Peat*

### PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan lahan yang sangat potensial dikembangkan sebagai lahan pertanian (Masganti 2013, Masganti *et al.* 2014a). Wahyunto *et al.* (2014) memperkirakan luas lahan gambut di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua 14,95 juta hektar. Menurut Rina dan NoorGINAYuwati (2007) dan Masganti (2013) sebagai media tumbuh, lahan gambut telah lama dimanfaatkan petani untuk menghasilkan bahan pangan. Akan tetapi sekitar 6,66 juta hektar lahan ini telah terdegradasi

(Wahyunto *et al.* 2014), sehingga produktivitasnya tergolong rendah (Las *et al.* 2012, Suriadikarta 2012).

Degradasi lahan gambut terjadi karena kesalahan akibat aktivitas manusia, khususnya dalam pengelolaan lahan. Tata air yang salah menjadi penyebab utama terjadinya degradasi lahan gambut (Masganti 2013, Masganti *et al.* 2014a). Selain itu degradasi juga disebabkan oleh kebakaran, dan kegiatan penambangan. Degradasi menyebabkan penurunan multifungsi gambut seperti produktivitas dan daya dukung lingkungan (*carrying capacity*).

Produktivitas lahan gambut sangat tergantung dari pengelolaan dan tindakan manusia. Beberapa peneliti melaporkan bahwa produktivitas lahan gambut menurun akibat degradasi kesuburan tanah, sifat fisika, dan biologi tanah (Maftuah *et al.* 2011, Masganti 2013, Maftuah *et al.* 2014). Kesuburan tanah gambut yang terdegradasi lebih rendah. Demikian juga dengan sifat fisika dan biologinya.

Lahan gambut yang terdegradasi mempunyai kemampuan memegang air lebih rendah (Nugroho dan Widodo 2001, Masganti 2012), sehingga pada musim hujan mudah mengalami banjir dan pada musim kemarau mudah kering dan terbakar serta efisiensi dan efektivitas pemupukan rendah (Masganti *et al.* 2002, Masganti 2013). Penurunan produktivitas lahan gambut menyebabkan sebagian lahan ditinggalkan atau ditelantarkan (Las *et al.* 2012, Masganti 2013, Wahyunto *et al.* 2014). Kondisi ini tentu tidak menguntungkan bagi pembangunan pertanian.

Kebakaran tidak saja menyebabkan penipisan lapisan gambut, sehingga mempercepat munculnya lapisan tanah mineral yang miskin hara, tetapi juga menyebabkan pencemaran melalui produksi gas rumah kaca (GRK) akibat pelepasan karbon dalam bentuk CO<sub>2</sub>. Kebakaran lahan gambut juga menyebabkan daya konservasi air kawasan gambut menjadi berkurang (Sarwani *et al.* 2006, Masganti *et al.* 2014a).

Beberapa peneliti melaporkan bahwa lahan gambut terdegradasi mengalami penurunan jenis dan jumlah populasi mikroorganisme (Agustina *et al.* 2001) dan berkurangnya atau bahkan musnahnya populasi satwa tertentu dalam kawasan gambut. Hal ini tentu tidak menguntungkan dalam proses reaksi kimia dan perkembangan ekologi gambut.

Meski telah mengalami degradasi, akan tetapi kenyataan lapang menunjukkan bahwa lahan ini banyak dimanfaatkan untuk tujuan pertanian. Tanaman perkebunan merupakan kelompok tanaman yang paling luas dibudidayakan di lahan gambut terdegradasi (Agus *et al.* 2013, Wahyunto *et al.* 2013, Masganti *et al.* 2014a). Diperkirakan sekitar 20-25% pertanaman kelapa sawit dibudidayakan di lahan gambut terdegradasi.

Berdasarkan kenyataan tersebut, maka diperlukan teknologi pengelolaan lahan gambut terdegradasi yang ramah lingkungan dalam budidaya kelapa sawit. Pengelolaan lahan gambut terdegradasi tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, tetapi juga harus mampu menurunkan emisi GRK, dan meningkatkan pendapatan petani.

## PENGERTIAN DAN PENYEBAB LAHAN GAMBUT TERDEGRADASI

Lahan gambut dikenal sebagai lahan yang rapuh atau rentan dengan perubahan karakteristik yang tidak menguntungkan. Oleh karena itu perlu pengelolaan tersendiri agar tidak terjadi perubahan karakteristik yang menyebabkan produktivitas lahan menurun, apalagi menjadi tidak produktif. Terdapat beberapa pengertian tentang lahan gambut terdegradasi seperti diuraikan berikut ini.

Penilaian terhadap degradasi lahan gambut dapat dilakukan berdasarkan dua hal, yakni (1) analisis laboratorium, dan (2) penampakan lapang. Rieley *et al.* (2008) dan Bappenas (2009) menentukan lahan gambut terdegradasi berdasarkan hasil analisis kandungan karbon (C) di atas permukaan tanah (*above ground carbon stock*). Lahan gambut dianggap terdegradasi jika penutup lahannya (*land cover*) mengandung karbon kurang dari 35 t ha<sup>-1</sup> (WRI 2012), Vegetasi/penutupan lahan yang mempunyai kandungan karbon < 35 t C ha<sup>-1</sup> setara dengan semak belukar. Lahan gambut yang ditumbuhi semak belukar ini pada musim kemarau sangat rawan terhadap kebakaran, dan mempercepat terjadinya penurunan permukaan tanah (*subsidence*). Kedua peristiwa tersebut memacu emisi GRK, terutama emisi karbon/CO<sub>2</sub> (Agus *et al.* 2012).

Penilaian gambut yang terdegradasi juga dapat didasarkan atas kajian jenis penutup lahan di lapangan (Wahyunto *et al.* 2014). Lahan gambut yang terdegradasi bisa dicirikan oleh (1) tanaman penutup tanahnya adalah semak belukar, dan (2) lahan tersebut merupakan lahan terbuka bekas tambang. Di lapangan, lahan demikian tidak dimanfaatkan petani atau terlantar. Hal ini disebabkan produktivitasnya yang rendah atau karena sumberdaya penunjang seperti air tidak tersedia, sehingga hanya semak belukar yang tumbuh. Penyebab lainnya adalah diperlukan input pupuk yang lebih tinggi untuk menghasilkan sejumlah bahan pangan akibat efisiensi dan efektivitas pemupukan yang menurun (Masganti *et al.* 2002, Masganti 2013).

Lahan gambut mempunyai multifungsi yakni fungsi hidrologi, produksi, dan ekologi yang sangat vital bagi kelangsungan hidup manusia (Sarwani *et al.* 2006, Masganti 2013). Lahan gambut yang terdegradasi pada dasarnya adalah lahan yang telah mengalami penurunan ketiga fungsi tersebut akibat aktivitas manusia. Ada lima indikator yang digunakan untuk menilai apakah lahan gambut telah terdegradasi, yakni (1) sudah ada penebangan pohon, (2) ada jalan *logging*,

(3) ada bekas kebakaran, (4) kondisi lahan kering/tidak tergenang, dan (5) adanya bekas penambangan (Wahyunto *et al.* 2014).

Paling tidak ada empat aktivitas manusia yang menyebabkan terjadinya degradasi lahan gambut, yakni (1) pembakaran lahan, (2) pengelolaan air yang salah, (3) penambangan, dan (4) penebangan pohon (Masganti 2013, Masganti *et al.* 2014a, Wahyunto *et al.* 2014).

Mudahnya lahan gambut terbakar pada musim kemarau dan banjir pada musim hujan menunjukkan telah terjadinya penurunan fungsi hidrologi, telah mengalami penurunan permukaan tanah (subsiden) sehingga posisinya lebih rendah dari daerah sekitarnya. Kebakaran lahan menyebabkan gambut menjadi hidrofobik, sehingga kemampuan memegang air menjadi sangat rendah, padahal dalam kondisi hidrofilik gambut mampu memegang air 5-30 kali beratnya.

Kebakaran menyebabkan penipisan lapisan gambut, sehingga memicu munculnya lapisan tanah mineral yang masam, sehingga produktivitas lahan menjadi rendah. Tidak itu saja, kebakaran juga menyebabkan berkurangnya jenis dan populasi mikroorganisme dalam gambut terdegradasi (Agustina *et al.* 2001) dan berkurangnya atau bahkan musnahnya populasi satwa tertentu dalam kawasan gambut, sehingga terjadi penurunan fungsi ekologi. Hal lain yang mungkin terjadi adalah munculnya mikroorganisme baru atau terjadinya dominansi mikroorganisme tertentu yang tidak menguntungkan bagi ekologi gambut. Jenis satwa tertentu atau tanaman tertentu bisa saja mengalami kepunahan atau tidak bisa berkembang secara maksimal akibat kondisi ekologi yang tidak mendukung.

Produktivitas lahan gambut yang menurun juga mengindikasikan telah terjadinya penurunan fungsi produksi. Pengelolaan air yang tidak tepat tidak saja menyebabkan berkurangnya kesuburan tanah, tetapi juga menyebabkan berkurangnya efisiensi dan efektivitas pemupukan (Masganti *et al.* 2002). Kondisi ini menyebabkan lebih tingginya input yang diperlukan untuk menghasilkan bahan pangan, sehingga mengurangi pendapatan petani (Masganti 2013). Pembangunan kanal yang tidak terkontrol untuk mengeluarkan kayu dapat menyebabkan degradasi lahan gambut. Pengelolaan air yang tidak tepat juga dapat terjadi akibat desain saluran dan pintu air yang menyebabkan drainase berlebihan. Dimensi saluran yang terlalu lebar dan dalam menyebabkan drainase yang berlebihan,

sehingga lahan gambut yang awalnya cukup produktif bila ditanami padi, menjadi terlantar.

Kegiatan penambangan pada umumnya terjadi pembalikan profil tanah dan menyisakan lahan gundul. Tambang batubara misalnya merubah topografi yang semula berbentuk gunung menjadi lembah yang tidak ditumbuhi oleh tanaman. Tindakan rehabilitasi pasca tambang merupakan langkah bijaksana untuk meminimalkan penurunan ketiga fungsi utama lahan gambut. Tanah-tanah terbuka bekas tambang biasanya menyebabkan degradasi yang tergolong berat dan sulit dipulihkan.

Penebangan kayu oleh pemilik HPH yang tanpa diimbangi dengan rehabilitasi, penebangan liar, dan konversi lahan berhutan menjadi perkebunan kelapa sawit yang tidak memperhatikan aspek ekologi kawasan merupakan daftar aktivitas manusia yang memicu terjadinya degradasi lahan gambut.

## **KARAKTERISTIK GAMBUT TERDEGRADASI**

Terjadinya degradasi pada lahan gambut menyebabkan perubahan terhadap karakteristik unik gambut yang meliputi sifat kimia, fisika, dan biologi. Berikut diuraikan perubahan ketiga karakteristik tanah gambut akibat degradasi.

### **Sifat Kimia**

Degradasi lahan gambut menyebabkan tingkat kesuburan tanah menjadi berkurang (Maftuah *et al.* 2011, Masganti 2003, Maftuah *et al.* 2014). Tanah gambut yang terdegradasi mempunyai nilai pH yang lebih rendah, kadar P-tersedia dan jumlah unsur-unsur basa serta kadar abu yang lebih rendah.

Kebakaran lahan gambut akan mempercepat munculnya lapisan tanah mineral yang miskin pada bagian bawah permukaan tanah gambut (Hartatik *et al.* 2001). Hal ini akan menambah daftar permasalahan dalam budidaya tanaman karena sulit tumbuh pada kondisi demikian. Oleh karena itu diperlukan jumlah pupuk yang lebih banyak dan bahan pembenah tanah/amelioran untuk mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman (Masganti 2003) karena berkurangnya efisiensi dan efektivitas pemupukan (Masganti *et al.* 2002).

Tanah gambut yang terdegradasi mempunyai kadar N-total yang lebih rendah. Hal ini disebabkan gambut yang terdegradasi akibat kebakaran

menyebabkan N dalam tanah juga berkurang atau bahkan hilang. Penyebab lainnya adalah lebih rendahnya populasi mikroorganisme dalam tanah gambut yang terdegradasi (Agustina *et al.* 2001) menyebabkan proses pembebasan N dari dalam tanah berlangsung lambat (Tan 1994), sehingga kadar N-total menjadi rendah.

Ketersediaan P dalam tanah gambut yang terdegradasi selalu lebih rendah. Kondisi ini disebabkan kadar asam-asam organik dalam gambut yang tinggi. Diketahui bahwa asam-asam organik mempunyai muatan negatif, sehingga tidak bisa mengikat P. Penyebab lainnya adalah terbatasnya populasi mikroorganisme pengurai P dalam gambut yang terdegradasi (Agustina *et al.* 2001). Selain itu kadar unsur-unsur basa dalam tanah gambut yang tidak terdegradasi lebih tinggi, sehingga daya menyimpan P menjadi lebih tinggi (Masganti *et al.* 2004). Ketersediaan P yang lebih tinggi dalam tanah gambut yang tidak terdegradasi juga disebabkan karena kandungan OH-fenolat yang lebih rendah. Molekul-molekul organik dengan kandungan gugus OH-fenolat yang tinggi menyebabkan daya menyimpan P menjadi rendah (Masganti 2003).

Tanah gambut yang tidak terdegradasi mempunyai kadar unsur-unsur basa yang lebih tinggi (Maftuah *et al.* 2011, Masganti 2003, Maftuah *et al.* 2014). Kondisi ini disebabkan kadar abu dalam gambut yang tidak terdegradasi lebih tinggi (Tabel 1). Abu merupakan sumber unsur-unsur basa dalam tanah gambut dan menjadi penciri tingkat kesuburan.

### Sifat Fisika

Sifat fisika tanah gambut yang banyak mengalami perubahan akibat degradasi umumnya berkaitan dengan kemampuan memegang air (Nugroho dan Widodo 2001, Kurnain *et al.* 2001, Masganti 2012). Berbagai hasil penelitian memperlihatkan bahwa degradasi lahan gambut menyebabkan penurunan yang signifikan terhadap kemampuan gambut menyimpan air.

Tabel 2 memperlihatkan bahwa degradasi tanah gambut menyebabkan persentase ruang pori menjadi berkurang (Haris *et al.* 1998, Nugroho dan Widodo 2001). Penurunan persentase ruang pori menyebabkan jumlah air yang dapat disimpan gambut menjadi berkurang. Hal ini juga tercermin dari berkurangnya jumlah air pada keadaan kapasitas lapang dalam gambut terdegradasi.

Penurunan kemampuan menyimpan air menyebabkan lahan gambut rentan terhadap kebakaran pada musim kemarau dan mudah mengalami banjir pada musim hujan. Kebakaran lahan gambut menyebabkan koloid-koloid penyusun gambut yang bersifat hidrofilik mengalami penurunan konsentrasi, sehingga daya simpan air menjadi berkurang (Haris *et al.* 1998, Nugroho dan Widodo 2001, Masganti 2012).

Konsekuensi berkurangnya kemampuan tanah gambut memegang air adalah berkurangnya cadangan air yang dapat dimanfaatkan manusia. Setiap meter kubik tanah gambut mampu menyimpan 850 liter air,

Tabel 1. Perbandingan sifat kimia tanah gambut terdegradasi dengan tanah gambut tidak terdegradasi

Table 1. Comparison of chemical properties of degraded peat and peat are not degraded

No.	Sifat kimia	Kondisi tanah gambut	
		Terdegradasi	Tidak terdegradasi
1.	pH H <sub>2</sub> O	3,16 - 3,45	3,41 - 3,86
2.	N-total (%)	0,28 - 0,71	1,12 - 3,41
3.	C-organik (%)	30,62 - 41,83	38,91 - 57,24
4.	P-tersedia (ppm)	7,2 - 9,6	16,4 - 22,1
5.	Ca-dd (me 100g <sup>-1</sup> )	0,74 - 0,93	0,87 - 1,21
6.	Mg-dd (me 100g <sup>-1</sup> )	0,31 - 0,52	0,56 - 1,03
7.	K-dd (me 100g <sup>-1</sup> )	0,20 - 0,36	0,31 - 0,74
8.	Na-dd (me 100g <sup>-1</sup> )	0,36 - 0,50	0,31 - 0,89
9.	Al-dd (me 100g <sup>-1</sup> )	0,86 - 2,17	0,63 - 1,29
10.	Kadar abu (%)	0,39 - 0,86	0,74 - 2,15
11.	Karboksilat (me 100g <sup>-1</sup> )	170 - 256	238 - 397
12.	OH-fenolat (me 100g <sup>-1</sup> )	417 - 536	381 - 463

Sumber: Data diolah dari Maftuah *et al.* (2011), Masganti (2003), Maftuah *et al.* (2014)

Tabel 2. Perbandingan sifat fisika tanah gambut terdegradasi dengan tanah gambut tidak terdegradasi

Table 2. Comparison of soil physical properties degraded peat and peat are not degraded

No.	Sifat fisika	Kondisi tanah gambut	
		Terdegradasi	Tidak terdegradasi
1.	Kadar air kapasitas lapang (% berat)	166,18 - 280,42	378,32 - 529,41
2.	Berat volume (g cm <sup>-3</sup> )	0,12 - 0,27	0,08 - 0,16
3.	Porositas (%)	72,21 - 84,39	87,19 - 96,38

Sumber: data diolah dari Haris *et al.* (1998), Nugroho dan Widodo (2001), Masganti (2012)

sehingga dalam satu hektar lahan gambut berketebalan 1 meter mampu menyimpan 88,6 juta liter air. Jika kebutuhan air setiap penduduk rata-rata 85 liter per hari, maka setiap hektar tanah gambut dengan kedalaman 1 m, mampu menyediakan air 274 jiwa per tahun (Sarwani *et al.* 2006, Noor 2010).

### Sifat Biologi

Gambut mempunyai peranan penting dalam kelangsungan ekosistem. Selain itu gambut juga mempunyai fungsi-fungsi biologis yang sangat penting dalam menjaga kualitas lingkungan (Sarwani *et al.* 2006). Ketersediaan hara dan degradasi senyawa-senyawa yang sulit terurai seperti lignin pada lingkungan dapat terjadi karena bantuan mikroorganisme (Tan 1994).

Kebakaran lahan gambut menyebabkan sebagian, bahkan mikroorganisme tertentu dapat mengalami kepunahan. Oleh karena itu jenis mikroorganisme dalam gambut yang terdegradasi lebih sedikit (Agustina *et al.* 2001). Kondisi ini menyebabkan aktivitas mikroorganisme menjadi kurang intensif.

Kemampuan mikroorganisme pelarut P mempengaruhi kelarutan P dalam gambut ditentukan oleh populasi mikroorganisme pelarut P (Tan 1994). Agustina *et al.* (2001) melaporkan bahwa populasi mikroorganisme pelarut P dalam tanah gambut yang terdegradasi dari Bereng Bengkel dan Pangkoh, Kalimantan Tengah hanya sekitar 10.000 sel per gram gambut, padahal untuk menjamin agar ketersediaan dan serapan P tanaman jagung maksimal, tanah harus diinokulasi dengan *Aspergillus niger* menggunakan konsentrasi 1.000.000 sel per gram tanah.

## TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN UNTUK KELAPA SAWIT

### Pengelolaan Air

Air merupakan kebutuhan utama setiap makhluk hidup. Salah satu faktor yang sangat menentukan keberhasilan budidaya tanaman di lahan gambut adalah

pengelolaan air (Masganti *et al.* 1994, Sarwani *et al.* 1994, Masganti 2013). Produksi tanaman yang maksimal harus didukung oleh pengelolaan air yang tepat. Pengelolaan air harus mampu menjamin ketersediaan air sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Pengelolaan air mempunyai fungsi ganda, selain menjamin kebutuhan air tanaman juga menjaga kondisi aerasi bagi mikroorganisme, mengendalikan reaksi kimia tanah dan perkembangan perakaran tanaman.

Kesalahan dalam pengelolaan air mempercepat degradasi lahan (Masganti 2013, Masganti *et al.* 2014a). Pengelolaan air di lahan gambut bersifat lebih kompleks karena (a) dekomposisi bahan organik yang berlangsung secara simultan menghasilkan asam-asam organik yang menyebabkan peningkatan emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> (metana) dan senyawa-senyawa yang dapat meracuni tanaman, (b) gambut mudah menyerap air dan mudah kehilangan air akibat pemanasan, sehingga pada musim hujan mengalami risiko banjir dan pada musim kemarau mengalami kekeringan, bahkan kebakaran, (c) pengeringan atau drainase yang berlebihan mempercepat penurunan permukaan gambut, sehingga lapisan pirit atau kuarsa yang terdapat di bawah lapisan gambut dangkal akan lebih cepat muncul ke permukaan, dan (d) pergerakan air yang dinamik/berlebihan dapat menyebabkan sebagian hara yang berasal dari pupuk terbawa keluar areal pertanaman (Sarwani *et al.* 2006, Masganti dan Yuliani 2009, Masganti 2013).

Kompleksitas yang dihadapi dalam pengelolaan air di lahan gambut menuntut desain dimensi saluran air dan jenis pengelolaan air yang diperlukan berdasarkan permasalahan yang dihadapi. Oleh karena itu pengelolaan air di lahan gambut harus mampu (1) mencegah/mengurangi risiko banjir pada musim hujan melalui pengaturan drainase yang lebih intensif, (2) mencegah/mengurangi risiko kekeringan atau kebakaran pada musim kemarau melalui pengaturan tinggi muka air tanah, (3) mencegah/mengurangi subsidensi gambut melalui pengaturan tinggi muka air di saluran, (4) meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemupukan melalui pengaturan buka-tutup saluran *inlet-outlet*, (5)

menurunkan kadar asam-asam organik dan senyawa-senyawa beracun melalui pemisahan saluran *inlet* dan *outlet*, dan (6) memberikan kelembaban yang ideal bagi tanaman sesuai dengan jenis tanaman dan perkembangan tanaman melalui pengaturan tinggi muka air tanah.

Pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian berkelanjutan harus memperhatikan pengelolaan air yang disesuaikan dengan karakteristik lahan gambut setempat, dan komoditas yang akan dikembangkan.

Salah satu komponen penting dalam pengelolaan air di lahan gambut adalah bangunan pengendali berupa pintu air di setiap saluran. Pintu air berfungsi untuk mengatur muka air tanah supaya tidak terlalu dangkal dan tidak terlalu dalam (Agus dan Subiksa 2008). Tinggi permukaan air yang diperlukan tanaman berbeda, terutama karena perbedaan sistem perakarannya.

Tanaman kelapa sawit di Indonesia dibudidayakan oleh petani swadaya, perusahaan besar swasta (PBS), dan perusahaan besar negara (PTPN). Di Provinsi Riau, PBS dan PTPN V melakukan pengelolaan air dengan membuat pintu-pintu air untuk mengatur ketinggian air 60-80 cm. Hal ini tidak berbeda jauh dengan ketinggian yang disarankan Ambak dan Melling (2000), yakni 50-70 cm. Lebar saluran bervariasi yakni 80-150 cm dengan kedalaman saluran 80-100 cm. Sedangkan petani belum banyak melakukan pengelolaan air, banyak saluran yang dibuat tidak dilengkapi dengan pintu air. Perbedaan tersebut menyebabkan produktivitas kelapa sawit rakyat lebih rendah sekitar 25% dan 30% dari PTPN V dan swasta (Disbun Provinsi Riau 2014, Masganti *et al.* 2014a). Pengamatan lapang menunjukkan bahwa di kebun sawit masyarakat ketinggian air di saluran ada yang >100 cm dari permukaan tanah gambut, sehingga laju subsidensi gambut menjadi cepat. Pengelolaan air dengan menggunakan kanal blok di perkebunan rakyat meningkatkan produktivitas kelapa sawit rakyat (Masganti *et al.* 2014b). Hal ini disebabkan efisiensi dan

efektivitas pemupukan lebih baik. Pengelolaan air tidak saja menyebabkan peningkatan produktivitas kelapa sawit, tetapi juga menekan emisi GRK (Wahyuni *et al.* 2014), meningkatkan pendapatan petani (Nurhayati *et al.* 2014), dan menurunkan laju subsidensi (Tabel 3).

Pengelolaan air yang tepat menyebabkan laju subsidensi gambut melambat. Hal ini disebabkan laju dekomposisi gambut yang rendah akibat lahan gambut selalu basah/tergenang (Nugroho dan Widodo 2001, Agus dan Subiksa 2008). Dekomposisi gambut akan mempercepat pelepasan CO<sub>2</sub> ke udara, sehingga emisi GRK meningkat. Pengelolaan air tentunya sangat menguntungkan dalam pengembangan pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan, mampu meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi.

### Pemberian Amelioran

Ameliorasi atau pemberian zat pembenah tanah merupakan salahsatu tindakan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas tanaman di lahan gambut (Hartatik dan Nugrogo 2001, Masganti 2013, Masganti *et al.* 2014b). Pemberian amelioran menyebabkan kelapa sawit mampu membentuk pelepah 7-12 helai lebih banyak dari yang tidak diberi amelioran atau kontrol (Masganti *et al.* 2014b). Kelebihan ini merupakan hal yang sangat penting untuk mendukung integrasi sawit-sapi di lahan gambut. Tambahan pelepah tersebut dapat memenuhi kebutuhan bahan pakan satu ekor sapi (Parulian 2009). Selain itu, kelapa sawit yang diberi amelioran juga mempunyai tajuk yang lebih lebar (Masganti *et al.* 2014b) dan produktivitas yang lebih tinggi (Masganti *et al.* 2014b, Salwati *et al.* 2014).

Pengaruh amelioran terhadap pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit berbeda menurut sumber amelioran yang digunakan (Jamil *et al.* 2012, Masganti *et al.* 2014b). Di Provinsi Riau, kelapa sawit yang

Tabel 3. Produktivitas kelapa sawit, emisi GRK dan laju subsidensi akibat pengelolaan air di lahan gambut terdegradasi

Table 3. Productivity palm, GHG emissions, and the rate of subsidence due to water management in degraded peatland

No.	Pengelolaan air	Produktivitas kg ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	Emisi GRK t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>	Laju subsidensi cm 2th <sup>-1</sup>
1.	Tidak dikelola	1.385	97,2	3,8
2.	Kanal blok	1.875	64,6	2,7
	Selisih	490	32,6	1,1

Sumber : 1 = Masganti *et al.* (2014b), 2 = Wahyuni *et al.* (2014)



Gambar 1. Pengelolaan air untuk tanaman kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi di Provinsi Riau  
Figure 1.

Tabel 4. Pengaruh ameliorasi terhadap total produksi, GRK, dan keuntungan usahatani kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi

Table 4. *Effect of amelioration of total production, GHG, and the profits of oil palm farming in degraded peatland*

No.	Parameter dan perlakuan	Lokasi	
		Jambi	Riau
1.	Hasil (t ha <sup>-1</sup> thn <sup>-1</sup> ) <sup>(1,2)</sup>		
	Tanpa amelioran	11,11	18,51
	Diberi amelioran	17,03	19,67
	Selisih	5,92	1,16
2.	Emisi GRK (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> thn <sup>-1</sup> ) <sup>(3,4)</sup>		
	Tanpa amelioran	24,6	28,0
	Diberi amelioran	18,5	24,3
	Selisih	6,1	3,7
3.	Keuntungan (Rp ha <sup>-1</sup> ) <sup>(5,6)</sup>		
	Tanpa amelioran	2.544.955	15.129.732
	Diberi amelioran	11.078.395	15.522.795
	Selisih	8.533.440	423.063

Sumber: 1 = Salwati *et al.* (2014), 2 = Masganti *et al.* (2014b), 3 = Adriany *et al.* (2014), 4 = Setyanto *et al.* (2014), 5 = Mamat *et al.* (2014), 6 = Nurhayati *et al.* (2014)

diameliorasi dengan amelioran tandan kosong (Tankos) kelapa sawit memperlihatkan performa agronomi lebih baik yang diperlihatkan dari kemampuan membentuk pelepah dan lebar tajuk (Masganti *et al.* 2014b). Hal ini disebabkan kandungan Ca, Mg, dan S dalam amelioran Tankos lebih tinggi. Amelioran yang mengandung kadar hara lebih tinggi menyebabkan pertumbuhan tanaman lebih baik (Subiksa 2000, Hartatik dan Nugroho 2001, Subiksa *et al.* 2009), sehingga produktivitasnya lebih tinggi (Masganti *et al.* 2014b, Salwati *et al.* 2014).

Tabel 5 dan 6 memperlihatkan bahwa total produksi tertinggi dan emisi GRK terendah dalam budidaya kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi dihasilkan dari tanaman yang diameliorasi dengan Tankos, meskipun pendapatan yang dihasilkan lebih rendah. Hal ini membuktikan bahwa amelioran ini baik

dimanfaatkan untuk budidaya tanaman kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi. Paling tidak ada empat persyaratan dalam memilih jenis amelioran, yakni (1) menurunkan emisi GRK, (2) meningkatkan produktivitas, (3) meningkatkan pendapatan petani, dan (4) bahan tersebut tersedia di lapangan. Oleh karena itu, dalam budidaya kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi disarankan menggunakan amelioran Tankos.

Pemanfaatan amelioran Tankos dalam budidaya kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi sangat prospektif, terutama berkaitan dengan syarat keempat karena bahannya melimpah. Langkah yang harus dilakukan adalah melatih dan memfasilitasi petani dengan peralatan atau alsin agar secara mandiri mampu memproduksi amelioran tersebut. Hal ini tentu akan mengurangi biaya produksi, sekaligus meningkatkan pendapatan. Langkah ini perlu dilakukan untuk mengu-

Tabel 5. Pengaruh jenis amelioran terhadap total produksi, GRK, dan keuntungan usahatani kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi di Provinsi Riau

Table 5. Effect of some ameliorant to total production, GHG, and profits farming of oil palm on degraded peatland in Riau Province

No.	Perlakuan	Parameter		
		Total produksi <sup>(1)</sup>	Emisi GRK <sup>(2)</sup>	Keuntungan <sup>(3)</sup>
		kg ha <sup>-1</sup> thn <sup>-1</sup>	t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup>	Rp ha <sup>-1</sup>
1.	Pukan	19.613	25,0	14.808.055
2.	Tankos	20.057	17,0	14.466.855
3.	Pugam	19.326	31,0	17.383.475

Sumber : 1 = Masganti *et al.* (2014b), 2 = Setyanto *et al.* (2014), 3 = Nurhayati *et al.* (2014)

Tabel 6. Pengaruh jenis amelioran terhadap total produksi, GRK, dan keuntungan usahatani kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi di Provinsi Jambi

Table 6. The effect of the type ameliorant to total production, GHG, and the profits of oil palm farming in degraded peatland in Jambi Province

No.	Perlakuan	Parameter		
		Total produksi <sup>(1)</sup>	Emisi GRK <sup>(2)</sup>	Keuntungan <sup>(3)</sup>
		kg ha <sup>-1</sup> thn <sup>-1</sup>	t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup>	Rp ha <sup>-1</sup>
1.	Pukan	17,18	17,84	10.671.955
2.	Tankos	17,09	15,12	9.422.955
3.	Pugam	16,83	22,51	13.140.275

Sumber : 1 = Salwati *et al.* (2014), 2 = Adriany *et al.* (2014), 3 = Mamat *et al.* (2014)

rangi "pengurusan hara" tanah gambut yang terbawa melalui produksi tandan.

### Tumpangsari Kelapa Sawit

Tumpangsari adalah usaha yang dilakukan untuk meningkatkan pendapatan petani melalui penanaman secara bersamaan pada lahan yang sama. Tumpangsari kelapa sawit dengan nanas dilakukan dengan menanam delapan bibit nanas dalam setiap empat pohon kelapa sawit dengan jarak tanam 1,75 x 1,50 m (Masganti *et al.* 2014b).

Tabel 7 menunjukkan bahwa tumpangsari kelapa sawit dengan nanas meningkatkan total produksi kelapa sawit, menurunkan emisi GRK, dan meningkatkan pendapatan petani. Hal ini mungkin disebabkan terciptanya iklim mikro yang menguntungkan, terutama berkaitan dengan ketersediaan hara (Masganti *et al.* 2002), sehingga pertumbuhan dan produksi kelapa sawit lebih tinggi.

Iklim mikro yang lebih baik juga menjaga agar dekomposisi bahan organik gambut tidak berlangsung cepat, sehingga emisi GRK lebih sedikit. Bahkan pada musim kemarau, tumpangsari juga dapat berfungsi sebagai pemutus jembatan api. Selain itu, dengan

adanya tanaman tumpangsari risiko petani tidak panen menjadi berkurang, dan petani "dipaksa" untuk lebih sering ke kebun sawitnya, sehingga bisa melakukan monitoring dan pemeliharaan yang lebih intensif.

### PENUTUP

Lahan gambut merupakan lahan yang sangat potensial dimanfaatkan untuk tujuan pertanian. Akan tetapi sekitar 6,66 juta hektar lahan ini telah terdegradasi dari total 14,95 juta hektar.

Degradasi lahan gambut menyebabkan fungsi hidrologi, produksi, dan lingkungan menjadi berkurang yang ditandai dengan penurunan produktivitas, pada musim hujan terjadi banjir, dan pada musim kemarau terjadi kekeringan, bahkan kebakaran. Gambut yang terdegradasi mempunyai kesuburan tanah lebih rendah, daya pegang air dan porositas lebih rendah, dan jenis dan populasi mikroorganisme lebih sedikit.

Penyebab degradasi lahan gambut adalah aktivitas manusia seperti pengelolaan air yang kurang tepat, penambangan, pembakaran lahan, dan penebangan pohon. Kriteria gambut terdegradasi meliputi (a) bila penutupan vegetasinya masih alami, kadar karbon permukaan tanah gambut kurang dari 35 t ha<sup>-1</sup>, ini

setara dengan semak belukar atau (b) merupakan lahan terbuka bekas tambang.

Meski terdegradasi, petani kelapa sawit banyak memanfaatkan lahan ini, sekitar 20-25% lahan gambut terdegradasi dimanfaatkan untuk budidaya kelapa sawit. Untuk itu diperlukan teknologi ramah lingkungan yang mampu menurunkan emisi GRK, meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani. Teknologi tersebut meliputi pengelolaan air menggunakan kanal blok, penggunaan amelioran Tankos dan tumpangsari kelapa sawit dengan tanaman semusim seperti nanas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriany, T.A., A. Wihardjaka, P. Setyanto, dan Salwati. 2014. Pengaruh Pemberian Amelioran pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut Provinsi Jambi terhadap Emisi CO<sub>2</sub>. Hlm 225-236. *Dalam* Wihardjaka *et al.* (Eds.). Prosiding Seminar Nasional: Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta, 18-19 Agustus 2014.
- Agus, F. dan I G.M. Subiksa. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor. Indonesia. 36 hlm.
- Agus, F., A. Mulyani, A. Dariah, Wahyunto, Maswar, and E. Susanti. 2012. Peat maturity and thickness for carbon stock estimation. Proceedings, 14th International Peat Congress, 3-8 June 2012, Stockholm, Sweden.
- Agus, F., A. Dariah, dan A. Jamil. 2013. Kontroversi pengembangan perkebunan sawit pada lahan gambut. Hlm 454-473. *Dalam* Haryono *et al.* (Eds.). Politik Pengembangan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD, Jakarta.
- Agustina, S.E.R., B.M. Rachmawati, dan Sustiyah. 2001. Inventarisasi micoriza vesicular arbuskula (MVA) pada tanah gambut Kalimantan Tengah. *J. Agri Peat* 2(2): 46-52.
- Ambak, K. dan L. Melling. 2000. Management practices for suitable cultivation of crop plants on tropical peatland. Hlm 119-134. *In* Proceeding of International Symposium on Tropical Peatlands. Hokaido University dan The Indonesia Institute of Science, Bogor.
- Bappenas. 2009. Reducing carbon Emission for Indonesian peatland. Interm Report of Multi diciplinary Study. Indonesian National Development Planning-Bappenas Republic of Indonesia.
- Dinas Perkebunan Provinsi Riau. 2014. Data Statistik Perkebunan Provinsi Riau. Dinas Perkebunan Provinsi Riau. Pekanbaru. 179 hlm.
- Haris, A., D. Herudjito, S. Sabiham, dan S.H. Adimidjaja. 1998. Sifat fisiko-kimia bahan gambut dalam hubungannya dengan proses kering tidak balik (*irreversible drying*). *Kalimantan Agrikultura* 5(2):91-99.
- Hartatik, W. dan K. Nugroho. 2001. Effect of different ameliorant sources to maize growth in peat soil from Air Sugihan Kiri, South Sumatera. Pp 103-108. *In* Rieley, J.O. and S.E. Page (Eds.). Jakarta Symposium Proceeding on Peatlands for People: Natural Resources Functions and Sustainable Management.
- Jamil, A., Nurhayati, I.N. Istina, Yunizar, dan H. Widyanto. 2012. Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Gambut Berkelanjutan Meningkatkan Sekuestrasi Karbon dan Mitigasi Gas Rumah Kaca di Provinsi Riau. Balai Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Riau, Pekanbaru. 49 hlm.
- Kurnain, A., T. Notohadikusumo, B. Radjaguguk, dan S. Hastuti. 2001. The state of decomposition of tropical peat soil under cultivated and fire damage peatland. Pp 168-178. *In* Rieley, dan Page (Eds.). Jakarta Symposium Proceeding on Peatlands for People: Natural Resources Functions and Sustainable Management.
- Las, I., M. Sarwani, A. Mulyani, dan M.F. Saragih. 2012. Dilema dan rasionalisasi kebijakan pemanfaatan lahan gambut untuk areal pertanian. Hlm 17-29 *Dalam* Husen *et al.* (Eds.). Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Maftuah, E., A. Maas, A. Syukur, dan B.H. Purwanto. 2011. Potensi bahan amelioran insitu dalam meningkatkan ketersediaan hara. Hlm 330-340. *Dalam* Ariyanto *et al.* (Eds.). Prosiding Kongres Nasional HTI X: Tanah untuk Kehidupan yang Berkualitas. Buku I.
- Maftuah, E., M. Noor, W. Hartatik, dan D. Nursyamsi. 2014. Pengelolaan dan Produktivitas Lahan Gambut untuk berbagai Komoditas Tanaman. 38 hlm (*unpublished*).
- Mamat, H.S., Neneng L. Nurida, Irawan, Sukarman, A. Mulyani, M. Fitriani, A. Saleh, dan I. Las. 2014. Potensi usahatani berkelanjutan di lahan gambut terdegradasi: analisis sosial ekonomi dan lingkungan. Hlm 63-80. *Dalam* Wihardjaka *et al.* (Eds.). Prosiding Seminar Nasional: Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta, 18-19 Agustus 2014.
- Masganti, M. Noor, dan K. Anwar. 1994. Pengelolaan air dan peningkatan produktivitas lahan pasang surut tipe A. *Dalam* Sarwani, M., M. Noor, dan M.Y. Mamun (Eds.). Pengelolaan Air dan Produktivitas Lahan Rawa Pasang Surut: Pengalaman dari Kalimantan Selatan dan Tengah. Balitbangtan, Puslitbangtan, Balittra. Banjarbaru.
- Masganti, T. Notohadikusumo, A. Maas, dan B. Radjaguguk. 2002. Efektivitas dan pemupukan P pada tanah gambut. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3(2):38-48.
- Masganti. 2003. Kajian Upaya Meningkatkan Daya Penyediaan Fosfat dalam Gambut Oligotrofik. Disertasi. Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta. 355 hlm.
- Masganti, T. Notohadikusumo, A. Maas, dan B. Radjaguguk. 2004. Pengaruh formulasi amelioran terhadap daya penyimpanan dan penyediaan fosfat bahan gambut. Hlm 179-186. *Dalam* Kurnia *et al.* (Eds.). Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. Buku II.
- Masganti dan N. Yuliani. 2009. Arah dan strategi pemanfaatan lahan gambut di Kota Palangkaraya. *Agripura* 4(2):558-571.

- Masganti. 2012. Sample preparation for peat material analysis. Pp 179-184. *In Husein et al. (Eds.)*. Prosiding Workshop on Sustainable Management Lowland for Rice Production.
- Masganti. 2013. Teknologi inovatif pengelolaan lahan suboptimal gambut dan sulfat masam untuk peningkatan produksi tanaman pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 6(4):187-197.
- Masganti, Wahyunto, Ai Dariah, Nurhayati, dan Rachmiwati. 2014a. Karakteristik dan potensi pemanfaatan lahan gambut terdegradasi di Provinsi Riau. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 8(1):47-54.
- Masganti, I G.M. Subiksa, Nurhayati, dan W. Syafitri. 2014b. Respon tanaman tumpangsari (sawit nanas) terhadap ameliorasi dan pemupukan di lahan gambut terdegradasi. Hlm 117-132. *Dalam Wihardjaka et al. (Eds.)*. Prosiding Seminar Nasional: Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Balitbangtan, Kementerian Pertanian. Jakarta, 18-19 Agustus 2014.
- Noor, M. 2010. Lahan Gambut: Pengembangan, Konservasi, dan Perubahan Iklim. Gadjahmada University Press. Yogyakarta.
- Nugroho, K. dan B. Widodo. 2001. The effect of dry-wet condition to peat soil physical characteristic of different degree of decomposition. Pp 94-102. *In Rieley, dan Page (Eds.)*. Jakarta Symposium Proceeding on Peatlands for People: Natural Resources Functions and Sustainable Management.
- Nurhayati, S. Saputra, A.D. Putra, I.N. Istina, A. Jamil. 2014. Pengelolaan kesuburan tanah, produktivitas, dan keuntungan sistem tumpangsari (kelapa sawit Nanas) di lahan gambut Provinsi Riau. Hlm 133-145. *Dalam Wihardjaka et al. (Eds.)*. Prosiding Seminar Nasional: Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta, 18-19 Agustus 2014.
- Parulian, T.S. 2009. Efek Pelepah Daun Kelapa Sawit dan Limbah Industrinya Sebagai Pakan terhadap Pertumbuhan Sapi Peranakan Ongole pada Fase Pertumbuhan. (<http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/7623>). 3 April 2014.
- Rieley, J.O., R.A.J. Wust, J. Jauhiainen, S.E. Page, H. Wösten, A. Hooijer, F. Siegert, S.H. Limin, H. Vasander, and M. Stahlhut. 2008. Tropical Peatlands: carbon stores, carbon gas emissions and contributions to climate change Processes. Pp 148-182. *In Strack, M. (Ed.)*. Peatlands and Climate Change. International Peat Society. Vapaudenkatu 12,40100 Jyväskylä. Finland.
- 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.
- Salwati, R. Purnamayani, Firdaus, dan L. Izhar. 2014. Respon tanaman kelapa sawit di lahan gambut terhadap berbagai amelioran (studi Kasus Desa Arang-arang Provinsi Jambi). Hlm 161-176. *Dalam Wihardjaka et al. (Eds.)*. Prosiding Seminar Nasional: Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta, 18-19 Agustus 2014.
- Sarwani, M., Masganti, dan M. Noor. 1994. Potensi, kendala dan peluang lahan pasang surut dalam perspektif pengembangan tanaman pangan. Hlm 1-13. *Dalam Sarwani et al. (Eds.)*. Pengelolaan Air dan Produktivitas Lahan Rawa Pasang Surut: Pengalaman dari Kalimantan Selatan dan Tengah. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru.
- Sarwani, M., Masganti, dan D. Irwandi. 2006. Pedoman Pengelolaan Lahan Gambut. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah. Palangka Raya. 32 hlm.
- Setyanto, P., T. Sopiawati, T.A. Adriani, A. Pramono, A. Hervani, S. Wahyuni, dan A. Wihardjaka. 2014. Emisi gas rumah kaca dari penggunaan lahan gambut dan pemberian bahan amelioran: sintesis lima lokasi penelitian. Hlm 45-62. *Dalam Wihardjaka et al. (Eds.)*. Prosiding Seminar Nasional: Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta, 18-19 Agustus 2014.
- Subiksa, I G.M. 2000. Ameliorasi lahan gambut untuk usahatani yang berkelanjutan. Hlm 379-390. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengembangan Pertanian di Lahan Rawa*. Puslitbangtan, Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Subiksa, I G.M., H. Suganda dan J. Purnomo. 2009. Pengembangan Formula Pupuk untuk Lahan Gambut Sebagai Penyedia Hara dan Menekan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Laporan Penelitian Kerja Sama antara Balai Penelitian Tanah dengan Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
- Suriadikarta, D.A. 2012. Teknologi pengelolaan lahan gambut berkelanjutan. *Jurnal Sumberdaya Lahan Pertanian* 6(2):197-211.
- Tan, K.H. 1994. Environmental Soil Science. Marcel Dekker Inc., New York. 304 hlm.
- Wahyuni, S., Nurhayati, H. Widyanto, A. Wihardjaka, dan P. Setyanto. 2014. Emisi Gas CO<sub>2</sub> dari tanah gambut yang ditanami kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) dan nanas (*Ananas cumocus*) dengan beberapa perlakuan amelioran. Hlm 237-248. *Dalam Wihardjaka et al. (Eds.)*. Prosiding Seminar Nasional: Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Balitbangtan, Kementerian Pertanian. Jakarta, 18-19 Agustus 2014.
- Wahyunto, Ai Dariah, D. Pitono, dan M. Sarwani. 2013. Prospek pemanfaatan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit di Indonesia. *Perspektif* 12(1):11-22.
- Wahyunto, K. Nugroho, S. Ritung, and Y. Sulaiman. 2014. Indonesian peatland map: method, certainty, and uses. Pp 81-96. *In Wihardjaka et al. (Eds.)*. Prosiding Seminar Nasional: Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Balitbangtan, Kemtan. Jakarta, 18-19 Agustus 2014.
- World Resources Institute (WRI). 2012. How to Identify Degraded Land for Sustainable Palm Oil in Indonesia. WRI-Sekala Working Paper, April 2012. World Resources Institute. Washington DC-USA.