



# Policy Brief

Volume 12 No. 08 Tahun 2018

## **Pemulihan Vegetasi Alami Hutan Rawa Gambut Pascadegradasi**

Studi di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK)  
Tumbang Nusa, Pulang Pisau, Kalimantan Tengah

Dony Rachmanadi

Ringkasan  
Eksekutif  
(*Executive  
Summary*)

Hutan rawa gambut tropis merupakan ekosistem yang penting di Indonesia, luasnya meliputi 50% luas gambut tropis dunia (Page *et al.*, 2011) atau sekitar 14,9 juta hektar (Wahyunto *et al.*, 2014). Ekosistem ini memiliki fungsi penting yang berkontribusi dalam pemanasan global; sumber plasma nutfah; dan sebagai sumber mata pencaharian masyarakat (Rieley, 2016). Hutan rawa gambut telah terpapar berbagai bentuk gangguan baik kegiatan pengelolaan maupun aktivitas lainnya yang mengakibatkan kerusakan langsung pada komunitas pembentuk ekosistem maupun kerusakan rezim hidrologisnya sehingga menyebabkan degradasi hutan dan lahan gambut. Degradasi merupakan suatu penurunan kualitas struktur dan fungsi hutan atau lahan. Usaha perbaikan telah banyak dilakukan, salah satunya usaha pemulihan vegetasi baik pada skala penelitian maupun pengembangan dan telah didukung dengan berbagai kebijakan pemerintah tetapi belum menunjukkan hasil yang memuaskan. Kebijakan yang terkait dengan pemulihan vegetasi umumnya melakukan pendekatan berdasarkan permasalahan praktis di lapangan, misalkan pemulihan vegetasi dilakukan melalui penanaman tetapi apa dan bagaimana penanaman yang harus dilakukan belum sepenuhnya diketahui dan seharusnya pemulihan vegetasi tidak selalu harus melalui usaha penanaman saja. Penelitian disertasi ini mencoba untuk menawarkan suatu pendekatan permasalahan secara ilmiah berdasarkan sistem alam yang efisien yaitu suksesi. Berdasarkan hasil penelitian ini direkomendasikan beberapa hal dalam usaha pemulihan vegetasi hutan rawa gambut pascadegradasi yaitu 1) Perlunya penetapan kriteria dan indikator dalam pemulihan vegetasi hutan rawa gambut; 2) Perlunya alternatif tindakan dalam pemulihan vegetasi hutan rawa gambut selain usaha penanaman kembali; dan 3) Apabila diperlukan penanaman maka harus dilakukan pemilihan jenis yang tepat sesuai kondisi hutan rawa gambut pascadegradasi.

Eksplorasi hutan rawa gambut di Kalimantan Tengah sudah dimulai sejak lama dan secara intensif meningkat dramatis sejak tahun 1990-an (Murdiyarso & Lebel 2007). Graham *et al.* (2013) menyebutkan bahwa pemanfaatan kayu dan hasil hutan lainnya oleh masyarakat berupa usaha kecil dilakukan hingga tahun 1920-an dan pemanfaatan hutan oleh perusahaan berupa hak pengusahaan hutan dimulai sejak tahun 1971 hingga 1995. Periode tahun 1995–2008 dikenal sebagai masa penebangan liar (*illegal logging*) dan sebetulnya masih berlanjut hingga saat ini (Page *et al.*, 2009). Selain eksploitasi untuk mengambil manfaat dari hutan rawa gambut, juga terjadi usaha perubahan fungsi atau konversi lahan menjadi areal persawahan. Pada tahun 1990-an ekosistem ini dipandang sebagai suatu lahan yang potensial untuk dikembangkan sebagai lahan persawahan dalam rangka mendukung kebijakan nasional untuk swasembada beras (Anwar, 2000). Implementasi kebijakan tersebut yang dikenal dengan Proyek Pembukaan Lahan Gambut Sejuta Hektar (PPLG) menghasilkan pembukaan hutan dan lahan gambut untuk pencetakan lahan pertanian (sawah) dan pembuatan saluran drainase primer, sekunder dan tersier. Pembukaan hutan dan lahan gambut itu ternyata menyebabkan kerusakan ekosistem gambut dan pada akhirnya proyek tersebut dihentikan pada tahun 1999 (Verdiana, 2012), akan tetapi penghentian proyek tersebut tidak serta merta menghentikan dampak kerusakan yang terjadi karena telah berubahnya status hidrologi dan tutupan hutan pada ekosistem hutan rawa gambut tersebut (Boehm & Siegert 2001; Wosten *et al.*, 2008).

Perubahan status hidrologi dan tutupan lahan menyebabkan lahan gambut menjadi kering dan rawan terhadap kebakaran (Usup *et al.*, 2004). Hal tersebut berakibat pada penurunan luasan tutupan hutan (deforestasi) dan penurunan kualitas lahan (degradasi) di ekosistem ini. Kerusakan tersebut menyebabkan perubahan lansekap dan hilangnya berbagai fungsi dan manfaat dari hutan rawa gambut (Page *et al.*, 2009). Perubahan lansekap ditunjukkan dengan terjadinya fragmentasi hutan dan

lahan, baik dengan kondisi masih ditemukan vegetasi berkayu dan membentuk hutan sekunder hingga pada kondisi lahan yang sangat terbuka karena sangat sedikitnya vegetasi berkayu dengan dominasi tumbuhan bawah dan semak belukar (Page *et al.*, 2009). Terjadi juga perubahan kondisi lingkungan seperti semakin berfluktuasinya tinggi muka air tanah, makin tingginya suhu dan intensitas cahaya pada areal yang sangat terbuka (Saito *et al.*, 2005), serta menurunnya kondisi tanah gambut baik fisik, kimia maupun biologinya (Page *et al.*, 1999; Graham and Page, 2012).

Beberapa usaha perbaikan atau restorasi hutan rawa gambut telah dilakukan, seperti pembendungan kanal drainase untuk mengembalikan fungsi hidrologinya, penanaman kembali dan perbaikan mata pencaharian masyarakat sekitar hutan (Page *et al.*, 2009; Graham *et al.*, 2016). Salah satu pembendungan kanal yang telah dilakukan adalah di Blok C pada area eks PPLG dan dampak perbaikannya terus dilakukan pemantauan (Jaenicke *et al.*, 2011). Perbaikan fungsi hidrologi ini diharapkan dapat memicu regenerasi alam agar lebih cepat, menurut Hoscilo *et al.* (2008) regenerasi alam yang terjadi setelah kebakaran dan pada kawasan yang rusak kondisi hidrologinya ternyata belum mampu melindungi permukaan tanah gambut yang terbuka sehingga proses degradasi terus berlanjut. Penanaman kembali untuk mempercepat perbaikan ekosistem ini ternyata keberhasilannya juga masih rendah apabila dilihat dari survival tanaman (Ismail *et al.*, 2007; Giesen, 2009; Van Eijk *et al.*, 2009; Nilus *et al.*, 2011).

Uraian di atas menunjukkan bahwa pendekatan rehabilitasi pada lahan gambut terdegradasi belum sepenuhnya diketahui sehingga usaha penanaman yang dilakukan masih rendah keberhasilannya. Pendekatan yang ideal adalah pendekatan yang didasarkan pada dinamika vegetasi dan suksesi yang terjadi pada ekosistem tersebut. Mempelajari dinamika vegetasi yang terjadi dan faktor-faktor apa yang memengaruhinya akan menghasilkan suatu pendekatan yang ideal dalam rangka usaha pemulihan vegetasi hutan dan lahan rawa gambut pascadegradasi.

Fakta/Kondisi Saat Ini  
(Existing Condition)

Pendekatan yang saat ini digunakan dalam rehabilitasi hutan rawa gambut dapat dikelompokkan ke dalam 2 (dua) pendekatan yaitu 1) Pendekatan secara teknis kegiatan; dan 2) Pendekatan secara manajemen keproyekan. Pendekatan teknis kegiatan dilakukan berdasarkan permasalahan praktis (*practical problems*) di lapangan yaitu situasi masalah yang dihadapi. Situasi masalah yang umumnya dikemukakan adalah tergenangnya kondisi lahan rehabilitasi, rendahnya kesuburan lahan dan kondisi keasaman tanah yang tinggi. Pemahaman terhadap situasi masalah ini memunculkan kegiatan rehabilitasi berupa persiapan lahan menggunakan gundukan untuk penanaman, pemberian kapur untuk persiapan lahan dan pemupukan secara konvensional. Apabila pendekatan dilakukan secara ilmiah maka situasi masalah yang ada tadi sebetulnya merupakan sifat alami dari ekosistem hutan rawa gambut sehingga tidak diperlukan tindakan-tindakan seperti tersebut di atas. Pendekatan kedua yang digunakan dalam rehabilitasi hutan rawa gambut adalah berdasarkan target luasan

dan jumlah bibit yang ditanam, misalkan pada tahun tertentu harus dilakukan penanaman seluas sekian hektar dan untuk lahan rawa gambut bibit yang harus bertahan hidup sebanyak 600 tanaman per hektar dengan satuan biaya yang tidak disesuaikan dengan kondisi lahan yang akan direhabilitasi.

Keberhasilan kegiatan rehabilitasi baru dinilai secara fisik keproyekan yaitu luasan yang ditanami dan jumlah tanaman yang dapat bertahan hidup. Pendekatan yang dilakukan ini memiliki kelemahan kegiatan rehabilitasi hanya dilakukan berdasarkan bibit yang ada di penangkar saat itu tetapi tidak direncanakan dalam suatu konsep menyusun struktur hutan. Sebetulnya, rehabilitasi untuk mengembalikan kondisi hutan seharusnya memiliki cakupan kriteria yang lebih luas untuk menyatakan keberhasilan suatu usaha rehabilitasi. Salah satu aspek yang belum banyak mendapat perhatian adalah bagaimana pemilihan jenis tanaman yang diperlukan agar sesuai dengan sekuen kehadiran jenis penyusun hutan rawa gambut.

Metode  
(Method)

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang dilakukan melalui rangkaian beberapa penelitian untuk melihat gradasi kerusakan vegetasi, potensi regenerasi, faktor lingkungan yang berpengaruh, seleksi dan pengujian faktor lingkungan tersebut. Analisis yang

dilakukan meliputi analisis vegetasi dan analisis varian dalam menilai gradasi kerusakan vegetasi, potensi regenerasi dan faktor lingkungan yang diamati. Analisis multivariat dan regresi dalam melakukan seleksi dan pengujian faktor lingkungan

Pilihan dan Rekomendasi Kebijakan  
(Policy Options and Recommendations)

Pilihan dan rekomendasi kebijakan yang dikemukakan dalam *policy brief* ini diarahkan pada kondisi hutan rawa gambut pascadegradasi. Penyebab degradasi hutan rawa gambut diawali dengan eksploitasi hutan yang berlebihan, alih fungsi lahan yang tidak sesuai dengan kondisi asli ekosistem gambut hingga terjadinya kebakaran hutan dan lahan yang berulang sebagai dampak dari berubahnya kondisi lingkungan ekosistem gambut. Kebijakan ini diharapkan dapat memperbaiki kondisi ekosistem yang terdegradasi yaitu kondisi ekosistem yang telah menurun struktur dan fungsinya. Penurunan struktur dan fungsi hutan ini bergradasi yaitu semakin besar apabila menuju tepi kawasan hutan.

Berdasarkan hasil penelitian ini, rekomendasi kebijakan yang dikemukakan dapat dijabarkan dengan struktur kebijakan sebagai berikut 1) Sukses alami dapat memiliki kemampuan yang kuat dalam pemulihan ekosistem berdasarkan gradasi kerusakan yang terjadi; 2) Warisan ekologi dalam suatu ekosistem merupakan sumber regenerasi yang harus diperhatikan pada setiap gradasi kerusakan yang terjadi; 3) Masih diperlukan pembinaan hutan untuk menunjang sukses alami dan mengatasi ancaman jenis yang bersifat invasif. Struktur kebijakan tersebut perlu didukung beberapa hal, yaitu 1) Perlunya penetapan kriteria dan indikator dalam pemulihan vegetasi hutan rawa gambut;

2) Perlunya alternatif tindakan dalam pemulihan vegetasi hutan rawa gambut selain usaha penanaman kembali; dan 3) Apabila diperlukan penanaman maka harus dilakukan pemilihan jenis yang tepat sesuai kondisi hutan rawa gambut pascadegradasi. Berdasarkan struktur kebijakan yang dikemukakan dan asumsi yang digunakan maka eksistensi orang atau pelaku menjadi faktor penting dalam mengawal pemulihan ekosistem hutan

rawa gambut. Temuan penelitian ini akan memberikan *input* untuk efisiensi kegiatan pemerintah dalam pemulihan ekosistem hutan rawa gambut.

Kriteria dan indikator yang menentukan alternatif tindakan maupun kriteria dan indikator keberhasilan suatu usaha pemulihan vegetasi hutan rawa gambut terdegradasi diuraikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kriteria dan indikator untuk alternatif tindakan dan keberhasilan pemulihan vegetasi hutan rawa gambut terdegradasi

No.	Parameter	Kriteria dan Indikator untuk alternatif tindakan	Kriteria dan Indikator keberhasilan pemulihan vegetasi
1.	Indeks keanekaragaman vegetasi	Semakin rendah nilai indeks keanekaragaman vegetasi (penanaman intensif)	Semakin tinggi nilai indeks keanekaragaman vegetasi (Nilai indeks: 1 -2 = rendah; 2 -3 = sedang; > 3 = tinggi)
2.	Komposisi jenis	Semakin rendah komposisi jenis vegetasi (penanaman intensif)	Semakin tinggi komposisi jenis vegetasi (Lihat Tabel 2)
3.	Struktur vegetasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ditemukan vegetasi pada semua tingkat pertumbuhan :</li> <li>- pembinaan permudaan alam</li> <li>- Vegetasi tidak memiliki tingkat pertumbuhan yang lengkap :</li> <li>- penanaman</li> <li>- Sebaran kelas diameter tidak proporsional : penanaman dan pembinaan permudaan</li> </ul>	Tingkat pertumbuhan vegetasi dan sebaran kelas diameter yang proporsional (sebaran kelas diameter membentuk kurva J terbalik dengan nilai indeks Gini < 0,4)
4.	Kehadiran jenis invasif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ditemukan jenis invasif (cth. akasia) : penanaman dan pemeliharaan intensif</li> <li>- Nilai penting terfokus pada sedikit jenis dengan nilai ang tinggi (200%) : penanaman perkayaan dan pemeliharaan intensif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perkembangan jenis invasif dapat ditekan dan dihilangkan.</li> <li>- Nilai penting tersebar secara proporsional pada banyak jenis</li> </ul>
5.	Kehilangan jenis penyusun klimaks	Tidak ditemukan jenis berikut : ramin ( <i>Gonystylus bancanus</i> ), meranti ( <i>Shorea teysmanniana</i> , <i>Shorea pallidifolia</i> ), kapur naga ( <i>Calophyllum macrocarpum</i> ), kempas ( <i>Koempasia malaccensis</i> ), punak ( <i>Tetramerista glabra</i> ), nyatoh ( <i>Palaquium</i> sp.) dan kapur ( <i>Dipterocarpus caudiferus</i> ) atau memiliki nilai penting yang sangat rendah (<30% ): penanaman perkayaan	Survival jenis klimaks > 60%
6.	Potensi regenerasi (sumber propagul): simpanan anakan alam, guguran buah, biji yang tersimpan di lapisan tanah dan kemampuan bertunas.	Semakin rendah potensi regenerasi , yaitu ekosistem telah kehilangan 1 dari 4 potensi regenerasi yang terdiri dari : potensi biji di lapisan tanah, potensi guguran buah, potensi anakan alam dan potensi bertunas/vegetatif (penanaman intensif)	Semakin tinggi potensi regenerasi yang ditemukan.
7.	Modus persebaran biji (agen penyebar dan kapasitasnya)	Terjadi perubahan modus persebaran biji dan semakin menurunnya kapasitas agen persebaran biji: penanaman intensif	Modus persebaran biji lengkap (angin, hewan dan lainnya) dan kapasitasnya meningkat, ditunjukkan dengan peningkatan keanekaragaman fauna (cth. Burung)
8.	Perubahan kondisi tapak (kondisi genangan dan kompetisi cahaya)	Hilangnya mikrotopografi dan semakin terbukanya lahan: penanaman intensif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tingginya survival tanaman dan terbentuknya mikrotopografi.</li> <li>- Kemampuan tanaman untuk memfasilitasi kehadiran jenis vegetasi lain.</li> <li>- Meningkatnya kondisi tutupan lahan.</li> </ul>

Kriteria dan indikator yang dikemukakan dalam Tabel 1 dapat lebih diperdalam berdasarkan tipologi kondisi lahan yang ditemukan berdasarkan Tabel 2. Hal ini perlu dijelaskan untuk menunjukkan bagaimana degradasi hutan rawa gambut dapat ditunjukkan dari gradasi vegetasi yang terjadi.

Pemulihan vegetasi berupa tindakan penanaman, baik penanaman perkayaan

maupun penanaman total secara intensif, pemilihan jenisnya didasarkan pada sifat jenis dalam mengatasi kondisi lingkungan yang menjadi pembatas utama yaitu kondisi genangan dan kompetisi cahaya. Pemilihan jenis yang tepat akan menjamin keberhasilan usaha pemulihan vegetasi. Alternatif jenis tumbuhan yang dapat digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Gradasi vegetasi di hutan rawa gambut terdegradasi

Gradasi Vegetasi	Jumlah jenis	kerapatan-frekuensi-dominansi terpusat	Referensi
<100 individu pohon per hektar	< 5 jenis	>70% terpusat pada satu jenis (pioner)	Penelitian ini
100–200 individu pohon per hektar	5–10 jenis	50–70% terpusat pada satu jenis (pioner)	Penelitian ini
200–400 individu pohon per hektar	10–30 jenis	20–50% terpusat pada satu jenis (mulai ditemukan jenis klimaks)	Penelitian ini
400–600 individu pohon per hektar	30–65 jenis	Kerapatan, frekuensi dan dominansi jenis mulai merata.	Penelitian ini
>600 individu pohon per hektar	>65 jenis	Kerapatan, frekuensi dan dominansi jenis merata pada jenis yang ditemukan.	Morley, 1981; Philip, 1998; Daryono, 1994; Simbolon, 2008; Page <i>et al.</i> , 2009; van Eijk <i>et al.</i> , 2009; Giesen, 2009; Mirmanto, 2010; Blackham <i>et al.</i> , 2014.

Tabel 3. Alternatif jenis tumbuhan dalam usaha pemulihan vegetasi hutan rawa gambut terdegradasi

No	Jenis	Sifat terhadap genangan	Sifat terhadap kompetisi cahaya	Referensi
1.	Tumih ( <i>Combretocarpus rotundatus</i> )	Toleran	Area terbuka	Penelitian ini
2.	Terentang ( <i>Camposperma coriaceum</i> )	Toleran	Area terbuka	Penelitian ini
3.	Gerunggang ( <i>Cratoxylum glaucum</i> )	Intoleran saat awal tanam	Area terbuka	Penelitian ini
4.	Meranti batu ( <i>Shorea pallidifolia</i> )	Intoleran	Perlu naungan	Penelitian ini
5.	Pulai pipit ( <i>Alstonia spatulata</i> )	Toleran	Area terbuka	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
6.	Bintangur ( <i>Calophyllum hosei</i> )	Toleran	Perlu naungan	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
7.	Kapur naga ( <i>Calophyllum sclerophyllum</i> )	Toleran	Perlu naungan	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
8.	Resak ( <i>Cotylelobium</i> sp.)	Intoleran	Perlu naungan	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
9.	Alau ( <i>Dacrydium pectinatum</i> )	Toleran	Perlu naungan	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
10.	Mahirangan ( <i>Diospyros bantamensis</i> )	Toleran	Perlu naungan	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
11.	Mandarahan ( <i>Knema mandarahan</i> )	Intoleran	Area terbuka	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
12.	Pampaning ( <i>Lithocarpus</i> sp.)	Intoleran	Perlu naungan	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
13.	Nyatoh ( <i>Palaquium</i> sp.)	Intoleran	Perlu naungan	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
14.	Lilin-lilin ( <i>Parartocarpus venenosus</i> )	Intoleran	Area terbuka	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
15.	Papung ( <i>Sandoricum beccanarium</i> )	Intoleran	Area terbuka	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
16.	Medang telur ( <i>Stemonourus scorpioides</i> )	Toleran	Area terbuka	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)
17.	Mahalilis ( <i>Syzygium</i> spp.)	Toleran	Area terbuka	(Rachmanadi <i>et al.</i> , 2014)

Keterangan: Jenis-jenis yang diteliti didapatkan di areal BOSF-Mawas, Mantangai, Kuala Kapuas; areal KHDTK Tumbang Nusa, Pulang Pisau, areal CIMTROP, Sebangau; dan kelompok hutan Katingan di Kalimantan Tengah.



Struktur kebijakan tersebut memberikan keuntungan berupa meningkatnya keberhasilan usaha pemulihan vegetasi, dapat menunjukkan rangkaian perkembangan vegetasi menuju formasi hutan rawa gambut sebelum terdegradasi dan tercapainya efektivitas dalam usaha pemulihan vegetasi. Adapun langkah-langkah praktis yang perlu untuk diimplementasikan adalah 1) perlu memahami karakter ekosistem hutan

rawa gambut dan tipologi kerusakan berdasarkan gradasi kerusakan vegetasi yang terjadi, 2) mengetahui potensi regenerasi alam pada setiap gradasi kerusakan, 3) mengetahui kondisi tapak yang mendukung pemulihan, 4) penanaman secara tepat dengan memperhatikan kaidah urutan kehadiran jenis-jenis sere dalam suksesi atau kehadiran jenis-jenis ekosistem hutan rawa gambut dalam proses suksesi.

## Kontak (Contacts)

Dony Rachmanadi,  
Peneliti Balai Litbang LHK Banjarbaru, Karyasiswa Program S3  
Email: donyresearch@gmail.com

## Catatan

Penulis adalah Peneliti Muda Bidang Silvikultur di Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Banjarbaru, Badan Litbang dan Inovasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

## Daftar Pustaka (References)

- Anwar, K. Hambatan lahan gambut rawa untuk pengembangan tanaman pangan dan upaya penanggulangannya. in *Pengelolaan Hutan Rawa Gambut dan Ekspose Hasil Penelitian Di Hutan Lahan Basah* (ed. Daryono, H., Y. Sidik, J., Mile, Y., Subagyo, E., T. Hadi, S., Akbar, A., dan Budiningsih, K.) 144–150 (Balai Teknologi Reboisasi Banjarbaru, 2000).
- Giesen, Wim. *Guidelines for the rehabilitation of degraded peat swamp forests in Central Kalimantan*. (2009).
- Graham, L. L. B., Turjaman, M., Page, S. E. Shorea balangeran and Dyera polyphylla (syn. Dyera lowii) as tropical peat swamp forest restoration transplant species: Effects of mycorrhizae and level of disturbance. *Wetl. Ecol. Manag.* **21**, 307–321 (2013).
- Graham, L. L. B., and Page, S. E. Artificial Bird Perches for the Regeneration of Degraded Tropical Peat Swamp Forest: A Restoration Tool with Limited Potential. *Restor. Ecol.* **20**, 631–637 (2012).
- Graham, L. L. B., Giesen, W. & Page, S. E. A common-sense approach to tropical peat swamp forest restoration in Southeast Asia. *Restor. Ecol.* 1–10 (2016). doi:10.1111/rec.12465
- Hoscilo, A., Page, S., Tansey, K. Repeated and extensive fire as the main driver of land cover change in block c of the former mega rice project. in *13th International Peat Congress 206–208* (International Peat Society, 2008).
- Ismail, P., K. Aziz, H., and Grippin, A. Restoring the wetland ecosystem: experience in peat swamp forest restoration trials in Peninsular Malaysia. in *Forestry & Forest Products Research* 233–242 (2007).
- Jaenicke, J., Englhart, S. & Siegert, F. Monitoring the effect of restoration measures in Indonesian peatlands by radar satellite imagery. *J. Environ. Manage.* **92**, 630–638 (2011).
- Murdiyasar, D. & Lebel, L. Local to global perspectives on forest and land fires in Southeast Asia. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.* **12**, 3–11 (2007).
- Nilus, R., Fah., L. Y., and Hastie, A. Species Selection Trial in Burnt Peat Swamp Vegetation in Southwest Coast of Sabah, Malaysia. *Rehabil. Trop. Rainfor. Ecosyst.* **24 – 25 Oct. 2011**, Kuala Lumpur 75–88 (2011).
- Page, S. E., Rieley, J. O. & Banks, C. J. Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Glob. Chang. Biol.* **17**, 798–818 (2011).
- Page, S. E., Rieley, J. O., Shotyck, W. & Weiss, D. Interdependence of peat and vegetation in a tropical peat swamp forest. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **354**, 1885–1897 (1999).
- Page, Susan., Hoscilo, Agata., Wösten, Henk., Jauhainen, Jyrki., Silvius, Marcel., Rieley, Jack., Ritzema, Henk., Tansey, Kevin., Graham, Laura., Vasander, Harri., Limin, Suwido. Restoration ecology of lowland tropical peatlands in Southeast Asia: Current knowledge and future research directions. *Ecosystems* **12**, 888–905 (2009).
- Phillips, V. D. Peat swamp ecology and sustainable development in Borneo. *Biodivers. Conserv.* **7**, 651–671 (1998).
- Rachmanadi, D., Susanti, P. D., Rusmana, Yuwati, T. W., Santosa, P. B., and Graham, L. L. B. *Response of peat swamp forest species to drought*. (2014).
- Saito, H., Shibuya, M., Tuah, S. J., Turjaman, M., Takahashi, K., Jamal, Y., Segah, H., Putir, P. E., Limin, S.H. Initial Screening of Fast-Growing Tree Species Being Tolerant of Dry Tropical Peatlands in Central Kalimantan, Indonesia. *J. For. Res.* **2**, 1–10 (2005).
- Usup, A., Hashimoto, Y., Takahashi, H. & Hayasaka, H. Combustion and thermal characteristics of peat fire in tropical peatland in Central Kalimantan, Indonesia. *Tropics* **14**, 1–19 (2004).
- Van Eijk, P., Leenman, P., Wibisono, I. T. C. & Giesen, W. Regeneration and restoration of degraded peat swamp forest in Berbak NP, Jambi, Sumatra, Indonesia. *Malayan Nat. J.* **61**, 223–241 (2009).
- Verdiana, D. Pengelolaan terpadu kawasan eks pengembangan lahan gambut 1 juta hektar di Kalimantan Tengah. 1–7 (2012).
- Wahyunto, Nugroho, K., Ritung, S. & Sulaeman, Y. Indonesian peatland map: method, certainty, and uses. in *Proceeding Lokakarya Kajian dan Sebaran Gambut di Indonesia* 81–96 (2014).