



PENGARUH GENANGAN DAN KOMPETISI CAHAYA TERHADAP TINGKAT KEBERHASILAN PENANAMAN PADA HUTAN RAWA GAMBUT TERDEGRADASI

The effect of flooding and light competition on the planting success of degraded tropical peatland

Dony Rachmanadi^{1*}, Eny Faridah², Sumardi², Peter van der Meer³, M. A. Qirom¹

¹ Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Banjarbaru

Jl. Ahmad Yani Km 28,7 Guntung Manggis, Landasan Ulin, Banjarbaru-Kalimantan Selatan 70721

Telepon (0511) 4707872

²Universitas Gadjah Mada

Jl. Agro No.1 Bulaksumur Yogyakarta 55281

³Van Hall Larenstein University

*Email: donyresearch@gmail.com

ABSTRAK

Penanaman Penanaman adalah salah satu usaha untuk memperbaiki kerusakan vegetasi hutan rawa gambut. Pemahaman terhadap karakteristik jenis dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman akan menentukan keberhasilan usaha penanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor lingkungan utama yang mempengaruhi tanaman di lapangan sehingga dapat ditentukan jenis yang tepat dalam kegiatan penanaman. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok yang dilakukan dua tahap, yaitu pengujian di lapangan dan tahap verifikasi pada kondisi terkontrol di persemaian. Perlakuan penelitian terdiri dari kondisi genangan dan kompetisi dengan tumbuhan bawah. Faktor kompetisi diinterpretasikan dengan perbedaan intensitas cahaya pada pengujian tahap verifikasi. Jenis tanaman yang digunakan, yaitu meranti (*Shorea pallidifolia*), gerunggang (*Cratoxylum glaucum*), terentang (*Campnosperma coreacea*), dan tumih (*Combretocarpus rotundatus*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi genangan berpengaruh pada survival jenis meranti dan gerunggang, dimana survivalnya berkisar antara 8,3%-96,3%, akan tetapi tidak berpengaruh jenis terentang dan tumih yang survivalnya mencapai >80%. Pertumbuhan meranti dan gerunggang cenderung menurun seiring dengan peningkatan kondisi genangan sedangkan pertumbuhan jenis terentang dan tumih justru cenderung meningkat. Pertumbuhan meranti membutuhkan tumbuhan bawah sebagai perlindungan dari intensitas cahaya yang tinggi. Jenis tumih dan terentang menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik tanpa kompetisi dengan tumbuhan bawah. Kecenderungan di lapangan sesuai dengan pengamatan pada tahap verifikasi. Perbedaan respon tanaman terhadap kondisi lingkungan menentukan urutan kehadiran jenis tersebut dalam tahapan suksesi.

Kata kunci: rehabilitasi, kekeringan, banjir, suksesi, urutan

ABSTRACT

*Planting was done as a rehabilitation effort at degraded tropical peatland. Understanding the characteristics of the species and environmental conditions that affect plant growth will determine the success of the planting. This study aims to determine the main environmental factors that affect plants in the field so that the right species can be determined. This study used a randomized completely blocked design which was conducted in two stages, namely field testing and verification under controlled conditions in the nursery. The research treatments consisted of inundation conditions and competition with understorey. The competition factor is interpreted by the difference in light intensity at the verification stage. The species used are meranti (*Shorea pallidifolia*), gerunggang (*Cratoxylum glaucum*), terentang (*Campnosperma coreacea*) dan tumih (*Combretocarpus rotundatus*). The results showed that the inundation conditions had an effect on the survival of meranti and gerunggang*

species where the survival rate was 8.3%—96.3%, but it did not affect the terentang and tumih with the survival rate reaching > 80%. The growth of meranti and gerunggang tends to decrease in line with the inundation conditions, while the growth of terentang and tumih tends to increase. Meranti growth requires understorey as protection from high light intensity. The tumih and terentang show better growth without competition with understorey. The trends in the field are consistent with observations during the verification stage. The difference in the response of plants to environmental conditions determines the presence of these species in the succession stage.

Keywords: rehabilitation, flooding, drainage, succession, sequen

PENDAHULUAN

Ekosistem hutan rawa gambut merupakan kekayaan yang dimiliki Indonesia, luasannya mencapai 50% dari total luas hutan rawa gambut tropis di dunia (Page, Rieley, & Banks, 2011). Wahyunto, Ritung, & Sulaeman (2014) menjelaskan bahwa luas hutan rawa gambut di Indonesia 14,9 juta ha. Pemanfaatan yang tidak sesuai dengan kondisi alami hutan rawa gambut dan melebihi kemampuannya untuk pulih menyebabkan kerusakan pada ekosistem ini. Kerusakan semakin masif dengan adanya pengalihfungsian lahan untuk berbagai kepentingan dan pembuatan drainase yang berlebihan agar lahannya dapat digunakan untuk berbagai kepentingan seperti perkebunan dan pertanian tanaman lahan kering, perumahan, dan lainnya (Miettinen & Liew, 2010). Kerusakan tadi menjadikan ekosistem ini rentan terhadap bahaya kebakaran hingga terjadinya bencana kebakaran yang berulang setiap tahun. Bencana tersebut berdampak luas, baik pada skala lokal, regional maupun global antara lain hilangnya mata pencaharian masyarakat setempat, mengganggu aktivitas perekonomian, sangat mengancam kesehatan manusia, dan berkontribusi besar dalam pemanasan global (Miettinen, Shi, & Liew, 2012).

Usaha perbaikan ekosistem hutan rawa gambut menjadi sangat penting mengingat juga rendahnya kemampuan ekosistem ini untuk dapat pulih secara alami (Rieley, 2016). Salah satu usaha yang harus dilakukan untuk memperbaiki ekosistem ini adalah melalui usaha penanaman kembali menggunakan jenis-jenis tumbuhan hutan rawa gambut untuk memfasilitasi percepatan regenerasi alamnya (Blackham, Thomas, Webb, & Corlett, 2013). Untuk menjamin keberhasilan usaha penanaman ini maka harus dipahami terlebih dahulu mengenai faktor-faktor lingkungan utama yang mempengaruhi regenerasi hutan rawa gambut. Masih sedikit publikasi tentang jenis-jenis tumbuhan hutan rawa gambut yang dapat beradaptasi pada kondisi lahan yang telah terdegradasi dan bagaimana faktor-faktor lingkungan utama mempengaruhi pertumbuhan tanaman tersebut.

Ujicoba penanaman di Taman Nasional Berbak menunjukkan bahwa survival tanaman berkisar antara 5-27% pada umur 6 bulan dengan daya hidup terbesar adalah jenis *Eugenia spicata* (27%) dan *Shorea pauciflora* (13%). Hal ini karena lahannya banjir

dengan variasi genangan antara 50-150 cm dan rata-rata genangan adalah 50 cm (Van Eijk, Leenman, Wibisono, & Giesen, 2009). Ujicoba penanaman lainnya juga telah dilakukan juga oleh LIPI, Universitas Palangkaraya (CIMPTRP), dan Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Banjarbaru (BP2LHK Banjarbaru) dengan lokasi di berbagai kondisi hutan rawa gambut terdegradasi menggunakan berbagai jenis tanaman, baik tanaman asli maupun eksotik di Kalimantan Tengah dengan hasil yang bervariasi dan survival yang cukup rendah. Upaya penanaman di lahan rawa gambut terdegradasi umumnya masih menunjukkan daya hidup tanaman yang rendah dan variasi pertumbuhan tanaman yang tinggi (Graham, Turjaman, & Page, 2013).

Kondisi lingkungan pada hutan rawa gambut terdegradasi akan menentukan keberhasilan regenerasi baik secara alami maupun buatan. Saat ini, kondisi hutan rawa gambut terdegradasi yang tergenang fluktuatif dan didominasi belukar merupakan faktor lingkungan yang harus dibuktikan apakah dapat menghambat pertumbuhan tanaman rehabilitasi atau sebaliknya dapat memfasilitasi pertumbuhan tanaman. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui faktor lingkungan utama dalam regenerasi hutan rawa gambut dan bagaimana jenis tanaman dapat mengatasi faktor lingkungan tersebut sehingga dapat tumbuh dan berkembang pada kondisi tersebut.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian

Penelitian pada kondisi lapangan dilaksanakan di Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Tumbang Nusa yang berlokasi di Desa Tumbang Nusa, Jabiren Raya, Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. Ketinggian tempat kawasan ini adalah 0-5 m dpl, dengan kelerengan 0%-18% (datar). Kawasan ini terletak antara sungai Sebangau dan Kahayan. Kawasan ini beriklim tropis dengan suhu minimum 21-33°C dan maksimum 36°C dengan curah hujan rata-rata antara 2.000-3.000 mm/th. Tanahnya didominasi ordo histosol dengan kandungan C-organik lebih dari 18% (48.07%). Tanah ordo ini sangat miskin hara dan pH kurang dari 4. Ketebalan tanah gambut berkisar antara 3-7 m dengan tingkat kematangan hemik (kandungan serat 33-36%) dan memiliki nilai bulk density yang sangat rendah yaitu 0.04-0.16. Pada kondisi terkontrol, penelitian dilaksanakan di persemaian BP2LHK Banjarbaru di Kalimantan Selatan.

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan adalah 4 jenis tumbuhan hutan rawa gambut yang terdiri dari jenis pioner dan jenis klimaks. Jenis pioner terdiri dari tumih (*Combretocarpus rotundatus*), gerunggang (*Cratoxylum glaucum*) dan terentang (*Camptosperma coriaceum*), sedangkan jenis klimaks diwakili jenis meranti rawa (*Shorea pallidifolia*). Bibit yang digunakan sebanyak 40 bibit tanaman untuk masing-masing jenis tanaman pada percobaan lapangan dan 135 bibit masing-masing jenis tanaman pada percobaan di persemaian. Bibit tanaman yang digunakan berasal dari cabutan alam dan dipelihara selama 8 bulan sebelum dilakukan penanaman, yaitu untuk jenis meranti, gerunggang, dan terentang. Bibit tumih berasal dari biji dan berumur 6 bulan saat penanaman.

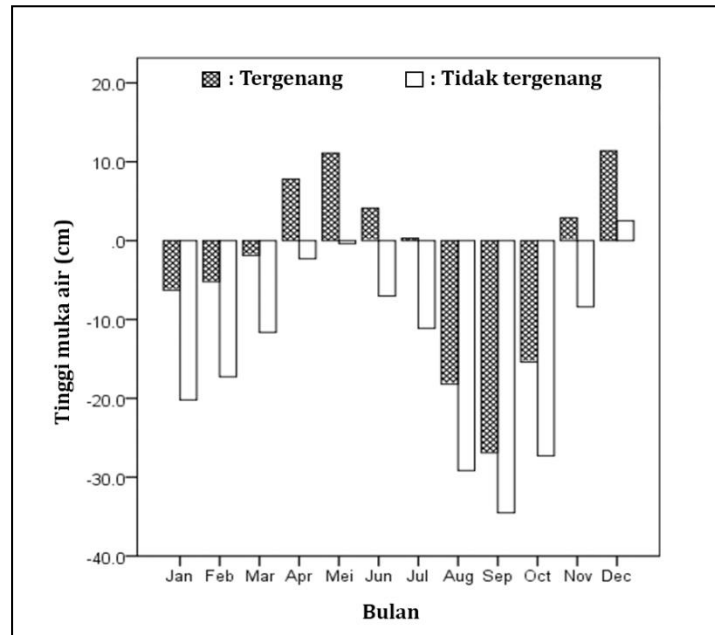
Pengukuran tinggi muka air di lapangan menggunakan *physometer*. Pengukuran diameter tanaman menggunakan *caliper* dan tinggi tanaman digunakan penggaris ukur.

Metode penelitian

Desain penelitian

Penentuan Penelitian ini dilaksanakan secara paralel untuk penelitian di lapangan dan penelitian dengan kondisi terkontrol di persemaian. Pengaturan plot di lapangan diletakkan pada tapak yang didominasi oleh rumput dan pakis-pakisan pada bagian cekungan (*hollow*) dan cembungan (*hammock*) untuk mendapatkan kondisi genangan yang berbeda. Perlakuan pada kondisi lapangan ini terdiri dari 2 faktor yaitu genangan dan kompetisi tumbuhan bawah. Faktor genangan terdiri dari dua taraf yaitu tergenang dan tidak tergenang. Faktor kompetisi terdiri dari dua taraf yaitu tumbuhan bawah ditebas dan tumbuhan bawah tidak ditebas. Pengulangan dilakukan sebanyak 4 ulangan sehingga secara keseluruhan terdapat 16 unit plot pengamatan. Di dalam setiap plot ditanami dengan 10 bibit untuk setiap jenisnya dengan jarak tanam 50 x 50 cm sehingga dalam setiap plot terdapat 40 bibit dengan luasan 12 m². Jarak antarplot berkisar antara 10-20 m.

Pengamatan pada kondisi lapangan ini dilengkapi dengan data kondisi fluktuasi muka air tanah. Pengamatan tinggi muka air tanah dilakukan setiap bulan selama satu tahun untuk melihat fluktuasinya pada plot penelitian tersebut. Fluktuasi tinggi muka air tanah pada plot penelitian di lapangan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Fluktuasi tinggi muka air tanah pada plot pengamatan di lapangan

Penanaman pada kondisi terkontrol dilakukan pada kotak-kotak beton yang diisi dengan media tanah gambut dari lokasi penelitian di lapangan. Kotak beton dibuat berukuran 1,5 x 1,5 x 0,6 m yang dilengkapi dengan saluran pembuangan air untuk mengatur tinggi muka air tanah. Setiap kotak tanam diisi dengan media setinggi 50 cm. Jenis tanaman yang digunakan sama dengan penelitian pada kondisi lapangan. Perlakuan dalam penelitian ini terdiri dari 2 faktor, yaitu genangan dan intensitas cahaya. Faktor genangan terdiri dari 3 taraf, yaitu tanpa genangan, digenangi setengah tinggi media tanam, dan digenangi setinggi media tanam. Faktor intensitas cahaya terdiri dari 3 taraf, yaitu 100% (terbuka), 50% (di bawah naungan), dan 25% (sangat ternaung). Pengaturan intensitas cahaya ini menggunakan *shading net* dan intensitasnya ditentukan berdasarkan nilai *lux-meter*. Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali sehingga secara keseluruhan terdapat 27 kotak pengamatan. Setiap kotak ditanami dengan 5 bibit untuk setiap jenis dengan jarak tanam 25 x 25 cm.

Variabel yang diamati pada dua kondisi penelitian ini terdiri dari survival tanaman, pertumbuhan tinggi relatif, pertumbuhan diameter relatif, jumlah daun, biomasa daun, indeks luas daun, kandungan klorofil daun, dan *top-root* rasio. Pengamatan dilakukan setiap bulan selama 12 bulan pengamatan. Untuk kandungan klorofil diamati pada saat tanaman berumur 6 bulan dan diambil dari daun ke-empat dari pucuk. Penelitian ini secara simultan dilakukan mulai bulan Januari 2014 hingga Februari 2015.

Analisis data

Pertumbuhan relatif tanaman dihitung menggunakan rumus menurut Jans *et al.*, (2012):

$$RGR_x = \frac{\ln x(f) - \ln x(i)}{T} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: x = tinggi atau diameter; f = pengukuran akhir; i = pengukuran awal; T = interval waktu dalam hari.

Kandungan klorofil daun ditentukan menggunakan persamaan allometrik menurut Yoshida, (1981) sebagai berikut:

$$Kt = (20,2 \times D_{645} + 8,02 \times D_{663})fp; fp = \frac{d}{e} \times \frac{b}{c} \times \frac{1}{a} \times 1000 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana: Kt = Kandungan klorofil total; a = bobot contoh; b = volume ekstrak awal; c = volume ekstrak yang diambil dari ekstrak awal; d = volume ekstrak setelah dihaluskan; e = konversi dari liter ke mililiter; D_{663} = pembacaan spektrofotometer pada panjang gelombang 663 nm; D_{645} = pembacaan spektrofotometer pada panjang gelombang 645 nm

Biomasa daun ditentukan berdasarkan berat kering daun yang dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80°C dan ditimbang setiap 4 jam. Penimbangan dilakukan hingga tercapai berat konstan. Indeks luas daun adalah perbandingan antara luas daun total dan proyeksi luas tutupan daun.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok. Data yang terkumpul dilakukan analisis varian (ANOVA) untuk menentukan pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diukur. Sebelum dilakukan analisis, terlebih dahulu dilihat sebaran normalitas datanya menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Apabila terjadi sebaran tidak normal dilakukan transformasi menggunakan nilai log Y atau log Y+1 atau melihat *residual error* dari data. Apabila data hasil transformasi tidak normal, analisis dilanjutkan menggunakan analisis non-parametrik (uji Kruskal-Wallis).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Daya hidup

Pada kondisi lapangan, pengaruh genangan terhadap daya hidup tanaman bervariasi antara 8,3- 96,3% dan pada kondisi terkontrol di persemaian bervariasi antara 60,0-100%. Genangan berpengaruh negatif pada jenis meranti dan gerunggang, dimana

semakin tergenang, daya hidupnya semakin rendah, sedangkan pada jenis terentang dan tumih berpengaruh sebaliknya (Tabel 1).

Tabel 1. Daya hidup di lapangan dan persemaian pada tingkat genangan dan kompetisi cahaya

Jenis	Parameter	di Lapangan				di Persemaian					
		Genangan		Kompetisi		Genangan			Intensitas Cahaya		
		Fl	Dr	t.b	ttb	fl	hfl	dr	Op	ds	sh
Meranti	Rerata	18.8	33.8	40.0	30.0	72.9	82.2	97.8	73.3	71.1	78.9
	F _{hitung}	27,8		2,87		19,44			0,40		
	P _{value}	0,00		0.12		0,00			0.86		
	Kpts	S		n.s		s			n.s		
Gerunggang	Rerata	8.3	39.6	44.3	62.5	60.0	62.2	100	86.7	46.7	68.9
	F _{hit}	42,46		0.223		15,80			0,64		
	P _{value}	0,001		0.656		0.001			0.348		
	Kpts	s		s		s			n.s		
Terentang	Rerata	70.0	66.3	61.3	76.3	88.9	88.9	73.3	75.6	88.9	86.7
	F _{hit}	0,52		5,19		0,78			0,44		
	P _{value}	0,484		0,042		0,474			0,650		
	Kpts	n.s		s		n.s			n.s		
Tumih	Rerata	96.3	87.5	90.0	91.3	100	97.8	100	97.8	100	100
	F _{hit}	3,95		0,38		1,00			1,00		
	P _{value}	0,070		0,551		0.368			0.368		
	Kpts	n.s		n.s		n.s			n.s		

Keterangan: n.s: tidak berbeda; s: berbeda nyata; fl: genangan; hfl: setengah tergenang; dr: kering; tb: tumbuhan bawah; ttb: tidak ada tumbuhan bawah; op: terbuka; ds: naungan < 50%; sh: naungan > 50%; kpts: keputusan berbeda nyata atau tidak berbeda nyata

Keberadaan tumbuhan bawah yang memberikan perlindungan dari intensitas cahaya yang tinggi memberikan pengaruh yang positif terhadap jenis meranti sedangkan untuk ketiga jenis lainnya memberikan pengaruh yang negatif.

Pertumbuhan tinggi relatif

Pertumbuhan tinggi relatif tanaman pada kondisi lapangan saat tergenang berkisar antara 0,0012cmcm⁻¹hari⁻¹-0,0014 cmcm⁻¹hari⁻¹ dan saat tidak tergenang berkisar antara 0,0011 cmcm⁻¹hari⁻¹-0,0015 cmcm⁻¹hari⁻¹ (Tabel 2).

Berdasarkan jenisnya, genangan berpengaruh nyata pada pertumbuhan tinggi relatif semua jenis tanaman sedangkan kompetisi dan intensitas cahaya hanya berpengaruh nyata pada jenis tumih, yaitu pertumbuhannya semakin meningkat pada kondisi semakin terbuka.

Tabel 2. Pertumbuhan tinggi relatif tanaman di lapangan dan persemaian pada tingkat genangan dan kompetisi cahaya

Jenis	Parameter	di Lapangan				di Persemaian					
		Genangan		Kompetisi		Genangan		Intensitas Cahaya			
		Fl	Dr	t.b	Ttb	fl	Hfl	dr	Op	ds	sh
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Meranti	Rerata	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001
	F _{hit}	0.653		0.057			14,56			0,24	
	P _{value}	0.440		0.817			0.001			0.877	
	Kpts	n.s		n.s			s			n.s	
Gerunggang	Rerata	0.002	0.002	0.002	0.002						0.00
	F _{hit}					0.004	0.005	0.005	0.005	0.003	4
	P _{value}						0,29			1.846	
	Kpts						0,757			0.213	
Terentang	Rerata	0.002	0.002	0.002	0.002						0.00
	F _{hit}					0.003	0.003	0.002	0.003	0.002	3
	P _{value}						6.005			1.123	
	Kpts						0.011			0.350	
Tumih	Rerata	0.002	0.002		0.002						0.00
	F _{hit}			0.002		0.008	0.008	0.006	0.008	0.007	8
	P _{value}						6.367			5.019	
	Kpts						0.009			0.020	

Keterangan: n.s: tidak berbeda; s: berbeda nyata; fl: genangan; hfl: setengah tergenang; dr: kering; tb: tumbuhan bawah; ttb: tidak ada tumbuhan bawah; op: terbuka; ds: naungan < 50%; sh: naungan > 50%; kpts: keputusan berbeda nyata atau tidak berbeda nyata

Pertumbuhan diameter relatif

Pertumbuhan diameter relatif tanaman pada kondisi lapangan saat tergenang 0,0020 cm cm⁻¹hari⁻¹ dan saat tidak tergenang 0,0018 cm cm⁻¹hari⁻¹. Pertumbuhan diameter relatif tanaman pada kondisi terkontrol menunjukkan kecenderungan semakin rendah apabila media tumbuh semakin tidak tergenang, yaitu 0,0028 cm cm⁻¹hari⁻¹ saat tidak tergenang; 0,0035 cm cm⁻¹hari⁻¹ saat genangan mencapai perakaran; dan 0,0035 cm cm⁻¹hari⁻¹ saat genangan menutupi media tumbuh (Tabel 3).

Genangan berpengaruh nyata pada pertumbuhan diameter relatif jenis tumih baik pada kondisi lapangan maupun terkontrol dimana pertumbuhan relatif diameter semakin meningkat seiring dengan meningkatnya genangan. Secara berurutan pertumbuhan diameter relatif dari yang terbesar hingga terkecil pada kondisi lapangan adalah tumih, terentang, gerunggang, dan meranti, sedangkan pada kondisi terkontrol adalah tumih, gerunggang, terentang, dan meranti.

Tabel 3. Pertumbuhan diameter relatif tanaman di lapangan dan persemaian pada tingkat genangan dan kompetisi cahaya

Jenis	Parameter	di Lapangan				di Persemaian					
		Genangan		Kompetisi		Genangan		Intensitas Cahaya			
		fl	dr	t.b	ttb	fl	hfl	dr	Op	ds	sh
Meranti	Rerata	0.001	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001
	F _{hit}	4,594		9,379		1,275		1,652			
	P _{value}	0,061		0,014		0,310		0,227			
	Kpts	n.s		s		n.s		n.s			
Gerunggang	Rerata	0.001	0.002	0.002	0.002	0.004	0.004	0.004	0.005	0.002	0.004
	F _{hit}	0,396		0,235		2,449		18,301			
	P _{value}	0,557		0,648		0,141		0,001			
	Kpts	n.s		n.s		n.s		s			
Terentang	Rerata	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002
	F _{hit}	0,807		5,814		12,803		1,898			
	P _{value}	0,392		0,039		0,000		0,182			
	Kpts	n.s		s		s		n.s			
Tumih	Rerata	0.002	0.002	0.002	0.002	0.006	0.006	0.004	0.007	0.004	0.005
	F _{hit}	32,43		0,378		8,014		13,983			
	P _{value}	0,000		0,554		0,004		0,000			
	Kpts	s		n.s		s		s			

Keterangan: n.s: tidak berbeda; s: berbeda nyata; fl: genangan; hfl: setengah tergenang; dr: kering; tb: tumbuhan bawah; ttb: tidak ada tumbuhan bawah; op: terbuka; ds: naungan < 50%; sh: naungan > 50%; kpts: keputusan berbeda nyata atau tidak berbeda nyata

Jumlah daun

Pertumbuhan jumlah daun tanaman umur 12 bulan pada kondisi lapangan saat tergenang 15,1 daun dan saat tidak tergenang 20,5. Pertumbuhan jumlah daun tanaman pada kondisi terkontrol menunjukkan kecenderungan semakin tinggi apabila media tumbuh semakin tidak tergenang, yaitu 166,8 daun saat tidak tergenang; 136,4 daun saat genangan mencapai perakaran; dan 48,5 daun saat genangan menutupi media tumbuh (Tabel 4).

Tabel 4. Pertumbuhan diameter relatif tanaman di lapangan dan persemaian pada tingkat genangan dan kompetisi cahaya

Jenis	Parameter	di Lapangan				di Persemaian					
		Genangan		Kompetisi		Genangan		Intensitas Cahaya			
		fl	dr	t.b	ttb	fl	hfl	dr	op	ds	sh
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Meranti	Rerata	2.5	2.8	3.0	2.8	90.1	10.8	28.8	16.1	12.3	14.9
	F _{hit}	2,167		0,081		18,042		0,748			
	P _{value}	0,175		0,782		0,000		0,491			
	Kpts	n.s		n.s		n.s		n.s			

Lanjutan Tabel 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gerunggang	Rerata	3.3	40.2	22.0	74.0	275.4	432.7	663.0	631.9	141.6	516.5
	F _{hit}						5,050			11,985	
	P _{value}	0,014		0,089			0,034			0,003	
	Kpts	s		n.s			s			s	
Terentang	Rerata	7.0	6.7	6.4	6.7	13.0	12.1	8.3	9.9	11.3	12.2
	F _{hit}	0,691		0,119			6,575			6,215	
	P _{value}	0,427		0,738			0,009			0,011	
	Kpts	n.s		n.s			s			s	
Tumih	Rerata	39.2	24.5	20.9	38.3	68.3	89.8	22.4	104.9	29.1	46.6
	F _{hit}	20,67		17,16			33,243			20,172	
	P _{value}	0,001		0,001			0,000			0,000	
	Kpts	s		s			s			s	

Keterangan: n.s: tidak berbeda; s: berbeda nyata; fl: genangan; hfl: setengah tergenang; dr: kering; tb: tumbuhan bawah; ttb: tidak ada tumbuhan bawah; op: terbuka; ds: naungan < 50%; sh: naungan > 50%; kpts: keputusan berbeda nyata atau tidak berbeda nyata

Biomassa daun

Biomasa daun tanaman pada kondisi lapangan saat tergenang 18,76 g dan saat tidak tergenang 4,19 g. Biomasa daun tanaman pada kondisi terkontrol menunjukkan kecenderungan semakin tinggi apabila media tumbuh semakin tidak tergenang, yaitu: 17,29 g, saat tidak tergenang; 18,57 g saat genangan mencapai perakaran; dan 12,24 g saat genangan menutupi media tumbuh (Tabel 5).

Tabel 5. Biomassa daun relatif tanaman di lapangan dan persemaian pada tingkat genangan dan kompetisi cahaya

Jenis	Parameter	di Lapangan				di Persemaian					
		Genangan		Kompetisi		Genangan			Intensitas Cahaya		
		fl	dr	t.b	ttb	fl	hfl	dr	op	ds	sh
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Meranti	Rerata	1.96	1.34	2.93	1.53	20.5	11.1	23.8	16.7	9.6	14.5
	F _{hit}	30,72		103,25			5,269			0,519	
	P _{value}	0,031		0,009			0,023			0,608	
	Kpts	n.s		s			s			n.s	
Gerunggang	Rerata	-	11.68	14.61	23.37	12.0	85.3	132.2	120.9	23.7	82.8
	F _{hit}	n.d		0,164			4,580			11,643	
	P _{value}	n.d		0,707			0,042			0,003	
	Kpts	-		s			s			s	
Terentang	Rerata	13.15	9.44	9.28	11.24	17.7	10.5	7.7	14.3	6.4	15.1
	F _{hit}	2,90		0,99			7,533			2,678	
	P _{value}	0,132		0,353			0,005			0,099	
	Kpts	n.s		n.s			s			n.s	

Lanjutan Tabel 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tumih	Rerata	91.94	38.00	39.53	73.30	46.3	78.4	19.8	97.8	8.9	37.8
	F _{hit}	29,181		7,051			9,788			18,996	
	P _{value}	0,003		0,045			0,002			0,000	
	Kpts	s		s			s			s	

Keterangan: n.s: tidak berbeda; s: berbeda nyata; fl: genangan; hfl: setengah tergenang; dr: kering; tb: tumbuhan bawah; ttb: tidak ada tumbuhan bawah; op: terbuka; ds: naungan < 50%; sh: naungan > 50%; kpts: keputusan berbeda nyata atau tidak berbeda nyata

Secara berurutan biomasa daun dari yang terbesar hingga terkecil pada kondisi lapangan adalah tumih, terentang, gerunggang dan meranti, sedangkan pada kondisi terkontrol adalah gerunggang, tumih, terentang, dan meranti. Berdasarkan keseluruhan jenis, faktor genangan di persemaian tidak berpengaruh terhadap biomassa daun dari hasil analisis keragaman.

Indeks luas daun

Indeks luas daun tanaman pada kondisi lapangan saat tergenang 1,04 dan saat tidak tergenang 1,44. Indeks luas daun tanaman pada kondisi terkontrol menunjukkan kecenderungan semakin rendah apabila media tumbuh semakin tidak tergenang, yaitu 0,92 saat tidak tergenang; 1,11 saat genangan mencapai perakaran; dan 1,00 saat genangan menutupi media tumbuh (Tabel 6).

Tabel 6. Indeks luas daun tanaman di lapangan dan persemaian pada tingkat genangan dan kompetisi cahaya

Jenis	Parameter	di Lapangan				di Persemaian					
		Genangan		Kompetisi		Genangan		Intensitas Cahaya			
		fl	dr	tb	ttb	fl	hfl	dr	Op	ds	sh
Meranti	Rerata	0.64	0.41	0.62	0.64	0.90	0.98	0.99	1.18	0.73	0.75
	F _{hit}	0,02		0,32		3,397		2,305			
	P _{value}	0,895		0,628		0,063		0,136			
	Kpts	n.s		n.s		n.s		n.s			
Gerunggang	Rerata	0.26	1.57	1.34	2.62	0.53	1.22	1.26	1.03	0.77	1.01
	F _{hit}	9,395		0,152		1,390		0,142			
	P _{value}	0,028		0,713		0,298		0,869			
	Kpts	s		n.s		n.s		n.s			
Terentang	Rerata	1.05	0.98	0.87	0.95	0.92	0.63	0.39	0.69	0.52	0.74
	F _{hit}	1,713		0,128		12,821		2,471			
	P _{value}	0,223		0,729		0,000		0,116			
	Kpts	n.s		n.s		s		n.s			

Lanjutan Tabel 6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tumih	Rerata	1.45	1.50	1.42	1.51	1.42	1.60	1.05	1.90	1.19	0.99
	F _{hit}	0,409		0,030			7,267			21,063	
	P _{value}	0,539		0,866			0,006			0,000	
	Kpts	n.s		n.s			s			s	

Keterangan: n.s: tidak berbeda; s: berbeda nyata; fl: genangan; hfl: setengah tergenang; dr: kering; tb: tumbuhan bawah; ttb: tidak ada tumbuhan bawah; op: terbuka; ds: naungan < 50%; sh: naungan > 50%; kpts: keputusan berbeda nyata atau tidak berbeda nyata

Kandungan klorofil

Kandungan klorofil tanaman pada kondisi lapangan saat tergenang 0,472 mg/g dan saat tidak tergenang 0,503 mg/g. Kandungan klorofil tanaman pada kondisi terkontrol menunjukkan kecenderungan semakin tinggi apabila media tumbuh semakin tidak tergenang, yaitu 0,036 mg/g saat tidak tergenang; 0,036 mg/g saat genangan mencapai perakaran; dan 0,035 mg/g (Tabel 7).

Tabel 7. Indeks luas daun tanaman di lapangan dan persemaian pada tingkat genangan dan kompetisi cahaya

Jenis	Parameter	di Lapangan				di Persemaian					
		Genangan		Kompetisi		Genangan		Intensitas Cahaya			
		fl	dr	t.b	ttb	fl	hfl	dr	Op	ds	sh
Meranti	Rerata	0,64	0,61	0,57	0,69	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
	F _{hit}	0,02		0,32			1,40			2,79	
	P _{value}	0,895		0,628			0,275			0,091	
	Kpts	n.s		n.s			n.s			s	
Gerunggang	Rerata	1,78	2,03	2,58	1,23	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
	F _{hit}	0,00		0,00			0,52			4,968	
	P _{value}	1,00		1,00			0,611			0,035	
	Kpts	n.s		n.s			n.s			s	
Terentang	Rerata	0,49	0,47	0,50	0,45	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
	F _{hit}	0,067		0,605			0,00			2,71	
	P _{value}	0,801		0,457			1,00			0,095	
	Kpts	n.s		n.s			n.s			n.s	
Tumih	Rerata	1,45	1,35	1,38	1,41	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	F _{hit}	0,42		0,03			5,61			13,72	
	P _{value}	0,528		0,865			0,012			0,000	
	Kpts	n.s		n.s			s			s	

Keterangan: n.s: tidak berbeda; s: berbeda nyata; fl: genangan; hfl: setengah tergenang; dr: kering; tb: tumbuhan bawah; ttb: tidak ada tumbuhan bawah; op: terbuka; ds: naungan < 50%; sh: naungan > 50%; kpts: keputusan berbeda nyata atau tidak berbeda nyata

Top-root rasio

Top-root rasio tanaman pada kondisi lapangan saat tergenang sebesar 2,14 dan saat tidak tergenang adalah 1,99. *Top-root* rasio tanaman pada kondisi terkontrol menunjukkan kecenderungan semakin tinggi apabila media tumbuh semakin tidak tergenang, yaitu 5,42 saat tidak tergenang; 4,88 saat genangan mencapai perakaran; dan 3,42 saat genangan menutupi media tumbuh (Tabel 8).

Tabel 8. *Top-root ratio* daun tanaman di lapangan dan persemaian pada tingkat genangan dan kompetisi cahaya

Jenis	Parameter	di Lapangan				di Persemaian					
		Genangan		Kompetisi		Genangan		Intensitas Cahaya			
		ter	n.f	t.b	ttb	fl	mdf	n.f	100	50	25
Meranti	Rerata	2.79	3.58	2.47	4.44	3.50	4.68	5.80	3.83	3.88	5.08
	F _{hit}	31,37		25,41		8,39		1,43			
	P _{value}	0,030		0,037		0,003		0,269			
	Kpts	s		s		s		n.s			
Gerunggang	Rerata	-	1.50	1.52	3.00	4.13	6.47	8.81	5.62	5.36	7.19
	F _{hit}	9,818				4,43		1,08			
	P _{value}	0,005				0,042		0,375			
	Kpts	s		n.s		s		n.s			
Terentang	Rerata	1.59	1.61	1.23	1.68	2.45	2.63	2.79	2.20	2.84	2.83
	F _{hit}	4,82		2,71		0,49		2,57			
	P _{value}	0,049		0,126		0,618		0,104			
	Kpts	s		n.s		n.s		n.s			
Tumih	Rerata	2.35	2.39	1.66	2.53	5.06	5.72	4.67	5.22	4.99	5.23
	F _{hit}	0,93		3,18		1,07		0,07			
	P _{value}	0,354		0,099		0,364		0,929			
	Kpts	n.s		n.s		n.s		n.s			

Keterangan: n.s: tidak berbeda; s: berbeda nyata; fl: genangan; hfl: setengah tergenang; dr: kering; tb: tumbuhan bawah; ttb: tidak ada tumbuhan bawah; op: terbuka; ds: naungan < 50%; sh: naungan > 50%; kpts: keputusan berbeda nyata atau tidak berbeda nyata

Pembahasan

Respon tanaman terhadap parameter yang diukur menunjukkan karakteristik dari tanaman tersebut dan kemampuannya beradaptasi terhadap kondisi lingkungan. Walaupun semua jenis tanaman tersebut adalah jenis asli penyusun hutan rawa gambut, ternyata memiliki respon yang berbeda terhadap kondisi lingkungan seperti genangan yang merupakan kondisi umum di ekosistem tersebut. Respon yang berbeda ini akan menentukan sekuen kehadiran jenis tersebut pada regenerasi hutan rawa gambut. Secara umum dipahami bahwa sekuen kehadiran jenis dalam tahapan suksesi diawali dengan

jenis pioner, dimana jenis ini akan memfasilitasi jenis pada sekuen selanjutnya hingga hutan dapat membentuk formasi klimaks.

Tiga jenis tanaman yang digunakan, yaitu tumih, gerunggang, dan terentang dikenal sebagai jenis pioner di hutan rawa gambut, akan tetapi juga memiliki respon yang berbeda terhadap perlakuan yang diberikan. Jenis gerunggang pada awal pertumbuhannya tidak menyukai kondisi genangan, sebaliknya pada jenis tumih dan terentang. Hal ini menunjukkan bahwa jenis gerunggang merupakan jenis yang hadir setelah hadirnya jenis tumih dan terentang dalam proses suksesi hutan rawa gambut (*late pioneer species*). Jenis tumih dan terentang akan membentuk tapak aman berupa gundukan (*hammock*) sehingga jenis gerunggang dapat tumbuh. Jenis pioner di hutan rawa gambut ternyata memiliki peran yang lebih lama dibandingkan jenis pioner di lahan kering karena semua jenis pioner yang digunakan dalam penelitian ini juga ditemukan pada formasi klimaks di hutan rawa gambut (Mirmanto, 2010; Graham & Applegate, 2009). Jenis pioner dengan peran seperti tersebut dikenal dengan pohon perawat atau *nurse-tree*. Untuk jenis meranti yang merupakan penyusun klimaks, responnya terhadap perlakuan sesuai dengan sifatnya sebagai jenis klimaks, yaitu memerlukan naungan dan tidak bisa mengatasi kondisi lahan marginal seperti genangan dan intensitas cahaya yang tinggi pada awal proses suksesi.

Pembentukan hutan rawa gambut ditentukan oleh mekanisme genangan yang dibuktikan oleh Roucoux *et al.*, (2013) melalui analisis data fosil *pollen* dan sedimentasi sehingga genangan memang merupakan kondisi alami ekosistem ini. Perkembangan vegetasi difasilitasi oleh mikrotopografi lahan gambut yang terdiri dari cekungan (*hollow*) dan cembungan (*hammock*) (Lampela *et al.*, 2016). Bagian cekungan akan tergenang air dan bagian cembungan tidak tergenang, tetapi daya kapiler air masih berjalan sehingga sangat mendukung pertumbuhan tanaman seperti dikemukakan Triisberg, Karofeld, & Paal (2013) bahwa regenerasi hutan rawa gambut lebih dikontrol oleh kondisi kelembaban tanah dibanding kondisi hara dan kehadiran *propagule*. Pada kondisi hutan rawa gambut terdegradasi dimana hilangnya vegetasi tingkat pohon dan lahan didominasi oleh pakis-pakisan dan belukar akan menghasilkan kondisi mikrotopografi yang relatif datar atau genangan akan menjadi semakin merata sehingga akan menjadi penghambat bagi regenerasi vegetasi (Lampela *et al.*, 2016). Dalam perkembangannya, kehadiran vegetasi yang dapat mengatasi masalah genangan akan membentuk gundukan/*mound* sekitar perakarannya dan akan terus berkembang menjadi cembungan sehingga proses regenerasi akan kembali berjalan.

Setiap jenis tanaman memberikan respon yang berbeda terhadap kondisi genangan di lapangan dalam penelitian ini. Tumih dan terentang menunjukkan respon yang serupa,

dimana pengaruh genangan tidak nyata, berbeda dengan jenis meranti dan gerunggang yang survivalnya dipengaruhi oleh genangan, dimana semakin tergenang maka survivalnya semakin rendah. Secara umum survival tanaman di lapangan hanya berkisar antara 8,3-96,3%, sedangkan penanaman pada kondisi terkontrol, survival tanaman meningkat menjadi 100%. Hal tersebut menunjukkan kompleksitas kondisi lahan gambut di lapangan untuk usaha revegetasi. Berbagai kendala dalam revegetasi di lahan gambut terdegradasi antara lain aksesibilitas yang sulit dan rendahnya produktivitas tanah gambut (Ismail *et al.*, 2016), fluktuasi tinggi muka air tanah (Van Eijk *et al.*, 2009; Lampela *et al.*, 2016), dan tingginya suhu dan intensitas cahaya (Graham *et al.*, 2013).

Pertumbuhan tanaman di lapangan yang ditunjukkan dari parameter tinggi, diameter, jumlah daun, biomasa daun, indeks luas daun, kandungan klorofil daun, dan *top-root* rasio juga menunjukkan kecenderungan yang khas dan berbeda antara 4 jenis tersebut. Meranti dan gerunggang memiliki karakter yang serupa dimana kondisi semakin tidak tergenang maka pertumbuhannya semakin baik, sedangkan jenis tumih dan terentang tidak terpengaruh dengan kondisi genangan. Respon tanaman di lapangan dikonfirmasi dengan penelitian terkontrol yang juga menunjukkan respon yang serupa terhadap perlakuan genangan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Saito *et al.*, (2005) yang melakukan pengamatan regenerasi alam pada hutan rawa gambut di bagian tepi kanal (*canal bank*). Pada bagian atas tepi kanal ini diketahui memiliki kondisi yang sangat terbuka, kelembaban tanah yang sangat rendah, suhu tanah yang tinggi bila dibandingkan dengan bagian dalam hutan. Jenis yang banyak ditemukan pada lokasi tersebut adalah *Combretocarpus rotundatus*, *Cratoxylum arborescens* dan *Ploarium alternifolium* dan pertumbuhan ketiga jenis ini baik dengan mortalitas yang rendah. Riap tinggi tahunan ketiga jenis tersebut adalah $189-232 \text{ cm}^{-1}\text{y}^{-1}$ (*P. alternifolium*), $118-289 \text{ cm}^{-1} \text{y}^{-1}$ (*C. arborescens*) dan $27-255 \text{ cm}^{-1} \text{y}^{-1}$ (*C. rotundatus*). Sementara itu, jenis lain penyusun hutan rawa gambut seperti *Gonystylus bancanus* tidak dapat tumbuh pada kondisi kering tersebut, dimana faktor kekeringan menjadi pembatas bagi kehadiran jenis-jenis penyusun hutan rawa gambut tersebut (Jans *et al.*, 2012).

Permasalahan selanjutnya dari hutan rawa gambut terdegradasi adalah dominansi tumbuhan bawah (Graham *et al.*, 2013) seperti pakis-pakisan yang memiliki pertumbuhan yang cepat, yaitu 130 -150 cm/th. Dominansi tumbuhan bawah ini dapat mengurangi sinar matahari langsung ke tanah dan dapat menjaga kelembaban tanah (Saito *et al.*, 2005) sehingga diduga tumbuhan bawah memiliki fungsi yang dapat mendukung revegetasi (Holmgren *et al.*, 2015) dan sekaligus dapat menghambat revegetasi karena pertumbuhannya yang cepat dan berkompetisi dalam ketersediaan hara (Lampela,

Jauhiainen, Sarkkola, & Vasander, 2018). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka pemilihan jenis cepat tumbuh dapat menjadi solusi karena dapat berkompetisi dengan tumbuhan bawah tadi. Berdasarkan pengamatan pada regenerasi alam (Saito *et al.*, 2005) menggolongkan tumih (*C. rotundatus*) dan gerunggang (*C. arborescens*) sebagai tumbuhan cepat tumbuh. Berdasarkan penelitian ini terlihat bahwa tumih akan lebih baik pertumbuhannya apabila kompetisi dengan tumbuhan bawah semakin rendah dan demikian juga dengan jenis terentang. Sementara itu, jenis meranti lebih memerlukan tumbuhan bawah sebagai pelindung dari intensitas cahaya yang tinggi. Hasil ini sesuai dengan pengamatan pada kondisi terkontrol, dimana meranti lebih membutuhkan naungan.

KESIMPULAN

Kondisi genangan merupakan lingkungan alami pada ekosistem hutan rawa gambut dan kondisi ini yang menentukan urutan kehadiran jenis tanaman dalam proses suksesinya. *Cratoxylum glaucum*, *Camposperma coriaceum*, dan *Combretocarpus rotundatus* merupakan jenis-jenis pioner di hutan rawa gambut dan ternyata memiliki respon yang berbeda terhadap kondisi genangan. *C. glaucum* memiliki survival yang rendah dan pertumbuhan yang tidak baik pada kondisi tergenang berbeda sebaliknya dengan jenis *C. coriaceum* dan *C. rotundatus*. Kesamaan ketiga jenis ini adalah dapat tumbuh baik pada kondisi yang terbuka dan persaingan dengan tumbuhan bawah yang semakin rendah sehingga sangat diperlukan pemeliharaan pembebasan gulma dalam penanamannya. Satu jenis klimaks yang digunakan dalam penelitian ini, *Shorea pallidifolia*, menunjukkan respon sebagaimana umumnya jenis klimaks, yaitu memerlukan naungan pada penanaman di lapangan, sedangkan responnya terhadap kondisi genangan sama dengan respon jenis *C. glaucum* yaitu tidak dapat tumbuh baik pada kondisi tergenang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Litbang LHK Banjarbaru dan pengelola KHDTK Tumbang Nusa yang telah memberikan izin dan fasilitasi penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan buat teman-teman di lapangan yang membantu selama proses penelitian dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu satu.

PERNYATAAN KONTRIBUSI

Semua penulis dalam tulisan ini merupakan kontributor utama secara bersama-sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Blackham, Grace V., Thomas, Andri., Webb, Edward L., Corlett, Richard T. (2013). Seed rain into a degraded tropical peatland in Central Kalimantan, Indonesia. *Biological Conservation*, 167, 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.08.015>.
- Graham, L. L. B., and Applegate, G. (2009). A literature review of the ecology and silviculture of tropical peat swamp forest tree species found naturally occurring in Central Kalimantan, 226. Retrieved from http://issuu.com/iafcp/docs/ecol_and_silv_lit_rev_ready.
- Graham, L. L. B., Turjaman, M., & Page, S. E. (2013). *Shorea balangeran* and *Dyera polyphylla* (syn. *Dyera lowii*) as tropical peat swamp forest restoration transplant species: Effects of mycorrhizae and level of disturbance. *Wetlands Ecology and Management*, 21(5), 307–321. <https://doi.org/10.1007/s11273-013-9302-x>.
- Holmgren, M., Lin, C. Y., Murillo, J. E., Nieuwenhuis, A., Penninkhof, J., Sanders, N., van Bart, T., van Veen, H., Vasander, H., Vollebregt, M. E., Limpens, J. (2015). Positive shrub-tree interactions facilitate woody encroachment in boreal peatlands. *Journal of Ecology*, 103(1), 58–66. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12331>.
- Ismail, P., Shamsudin, I., Rahman, K. A., Hashim, W. S., & Ismail, H. (2016). Planting of *Gonystylus bancanus* in non-peat swamp area, 19(1), 50–56. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/43594697>.
- Jans, W. W. P., Dibor, L., Verwer, C., Kruijt, B., Tan, S., Van Der Meer, P. J. (2012). Effects of light and soil flooding on the growth and photosynthesis of ramin (*Gonystylus bancanus*) seedlings in Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*, 24(1), 54–63.
- Lampela, Maija., Jauhiainen, Jyrki., Kämäri, Iida., Koskinen, Markku., Tanhuanpää, Topi., Valkeapää, Annukka., Vasander, Harri. (2016). Ground surface microtopography and vegetation patterns in a tropical peat swamp forest. *Catena*, 139, 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.12.016>.
- Lampela, M., Jauhiainen, J., Sarkkola, S., & Vasander, H. (2018). To treat or not to treat? The seedling performance of native tree species for reforestation on degraded tropical peatlands of SE Asia. *Forest Ecology and Management*, 429(February), 217–225. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.06.029>.
- Miettinen, J., & Liew, S. C. (2010). Status of peatland degradation and development in Sumatra and Kalimantan. *Ambio*, 39(6), 394–401. <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0051-2>.

- Miettinen, J., Shi, C., & Liew, S. C. (2012). Two decades of destruction in Southeast Asia's peat swamp forests. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(3), 124–128. <https://doi.org/10.1890/100236>.
- Mirmanto, E. (2010). Vegetation analyses of Sebangau peat swamp forest , Central Kalimantan. *Biodiversitas*, 11(2), 82–88. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d110206>.
- Page, Susan., Hosciło, Agata., Wösten, Henk., Jauhiainen, Jyrki., Silvius, Marcel., Rieley, Jack., Ritzema, Henk., Tansey, Kevin., Graham, Laura., Vasander, Harri., Limin, Suwido. (2009). Restoration ecology of lowland tropical peatlands in Southeast Asia: Current knowledge and future research directions. *Ecosystems*, 12(6), 888–905. <https://doi.org/10.1007/s10021-008-9216-2>.
- Page, S. E., Rieley, J. O., & Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17(2), 798–818. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x>.
- Rieley, J. O. (2016). Tropical Peatland - the Amazing Dual Ecosystem: Co - Existence and Mutual Benefit. *Holocene*, (January 2007).
- Roucoux, K. H. H., Lawson, I. T. T., Jones, T. D. D., Baker, T. R. R., Coronado, E. N. H. N. H., Gosling, W. D. D., Lähteenoja, O. (2013). Vegetation development in an Amazonian peatland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 374, 242–255. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2013.01.023>.
- Saito, H., Shibuya, M., Tuah, S. J., Turjaman, M., Takahashi, K., Jamal, Y., Segah, H., Putir, P. E., Limin, S.H. (2005). Initial Screening of Fast-Growing Tree Species Being Tolerant of Dry Tropical Peatlands in Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Forestry Research*, 2, 1–10.
- Triisberg, T., Karofeld, E., & Paal, J. (2013). Factors affecting the re-vegetation of abandoned extracted peatlands in Estonia: A synthesis from field and greenhouse studies. *Estonian Journal of Ecology*, 62(3), 192–211. <https://doi.org/10.3176/eco.2013.3.02>.
- Van Eijk, P., Leenman, P., Wibisono, I. T. C., & Giesen, W. (2009). Regeneration and restoration of degraded peat swamp forest in Berbak NP, Jambi, Sumatra, Indonesia. *Malayan Nature Journal*, 61(3), 223–241.
- Wahyunto, Nugroho, K., Ritung, S., & Sulaeman, Y. (2014). Indonesian peatland map: method, certainty, and uses. In *Proceeding Lokakarya Kajian dan Sebaran Gambut di Indonesia* (pp. 81–96). Retrieved from http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/prosiding/prosiding_gambut_icctf/05_Wahyunto_Indon_peatland_map-draft1-20juli2014_HN_1-EditWt11Agt-tika.pdf.
- Yoshida, S. (1981). *Fundamental of rice*. Los Banos Philippines: IRRI.