

## **Struktur dan Komposisi Jenis Tegakan Semai dan Pancang di Hutan Alam Akibat Pemanenan Kayu dengan Teknik *Reduced Impact Timber Harvesting***

### **Structure and Species Composition of Seedling and Poles in Natural Tropical Forest Caused by Reduced Impact Timber Harvesting Technique**

**Diana Sofia Hanafiah\* dan Muhdi**

*Departemen Ilmu Kehutanan Universitas Sumatera Utara Medan  
Jl. Nazir Alwi No. 4 Kampus USU Medan – 20154  
E-mail: dedek.hanafiah@yahoo.co.id \*Penulis untuk korespondensi*

#### **Abstract**

The effect of reduced impact timber harvesting technique to structure and species composition of seedling and poles was studied using the data of three plots each sized 100 m x 100 m, which are placed randomly at landing, middle skiddtrail and tips of skiddtrail, respectively. The aim of the study was to know the effect of reduced impact timber harvesting technique to structure and species composition of seedling and poles in tropical forest. The research showed that the forest harvesting caused the changing of the structure and species composition of seedling and poles in natural tropical forest.

**Key words:** Reduced impact timber harvesting, forest structure, species composition, seedlings, poles

#### **Abstrak**

Pengaruh pemanenan kayu dengan teknik *reduced impact timber harvesting* terhadap struktur dan komposisi jenis tegakan tingkat semai dan pancang dipelajari dengan mengumpulkan data dari tiga petak permanen yang masing-masing berukuran 100 m x 100 m, yang diletakkan secara acak di tempat pengumpulan kayu, tengah jalan sarad dan di ujung jalan sarad. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemanenan kayu dengan teknik *reduced impact timber harvesting* terhadap struktur dan komposisi jenis tegakan semai dan pancang di hutan alam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanenan kayu *reduced impact timber harvesting* menyebabkan perubahan struktur dan komposisi jenis tegakan tingkat semai dan pancang di hutan alam tropika.

**Kata kunci:** Reduced impact timber harvesting, struktur tegakan, komposisi jenis, semai, pancang

Diterima: 22 Mei 2009, disetujui: 20 Januari 2010

## **Pendahuluan**

Pemanenan kayu tidak terkendali dapat menyebabkan kerusakan tanah dan tegakan hutan yang mempengaruhi struktur dan komposisi tegakan serta regenerasi hutan (Sularso, 1996; Muhdi dan Hanafiah, 2007). Mengurangi kerusakan akibat pemanenan kayu merupakan prasyarat untuk mencapai pengelolaan hutan lestari (*sustainable forest management/ SFM*). Kerusakan yang minim menjamin regenerasi dan pertumbuhan tegakan komersial (Peña-Claros *et al.*, 2008; McDonald *et al.*, 2008; Rendón-Carmona *et al.*, 2009).

Pengetahuan mengenai perkembangan tegakan hutan dalam merespon kerusakan akibat pemanenan kayu merupakan hal yang sangat penting dalam pengelolaan hutan (Pham *et al.*, 2004; Supriyadi, 2007). Kegiatan penebangan dan penyaradan kayu saat pemanenan akan menyebabkan keterbukaan dan kerusakan pada lantai hutan (Rodrego *et al.*, 2002; Muhdi, 2003).

Kegiatan pemanenan kayu dan perlakuan silvikultur yang tidak tepat di hutan alam tropika dapat menimbulkan perubahan terhadap ekosistem hutan. Hasil penelitian Junaedi (2007) dan Muhdi *et al.*, (2006) menunjukkan terjadi

kerusakan tegakan tinggal akibat pemanenan kayu dan penerapan sistem silvikultur di hutan dan perubahan terhadap struktur dan komposisi jenis di hutan alam tropika.

Data struktur dan komposisi semai dan pancang sangat penting (Indrawan, 2000). Data struktur dan komposisi jenis antara lain berguna untuk: (a) mengetahui kondisi keseimbangan komunitas hutan; (b) menjelaskan interaksi di dalam dan antar jenis; dan (c) memprediksi kecenderungan struktur dan komposisi tegakan di masa mendatang.

Potensi tegakan tinggal setelah pemanenan kayu perlu dikaji untuk penyelamatan pohon-pohon muda dari kegiatan perdagangan agar tidak terjadi penurunan produksi pada siklus tebang berikutnya. Salah satunya adalah dengan melihat struktur dan komposisi tegakan setelah pemanenan kayu. Data yang diperoleh diharapkan dapat menjadi dasar dalam membantu tindakan dan perlakuan silvikultur yang tepat sehingga tujuan pengelolaan hutan yang lestari dapat tercapai.

Penelitian ini bertujuan mengetahui dampak pemanenan kayu dengan teknik *reduced impact timber harvesting* terhadap struktur dan komposisi jenis tegakan semai dan pancang di hutan alam tropika.

## Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di areal HPH PT Suka Jaya Makmur, Ketapang pada tahun 2000. Petak penelitian ini dibuat 3 (tiga) plot permanen dengan ukuran masing-masing 100 m x 100 m (1 ha) yang diletakkan sedemikian rupa sehingga mewakili tempat-tempat : (1) di lokasi tempat pengumpulan kayu (Tpn), (2) di jalan sarad utama dan (3) di jalan sarad cabang. Tiap-tiap plot permanen/pengukuran ini dibagi menjadi 25 sub petak dengan 5 x 5 m<sup>2</sup> untuk mencacah tingkat pancang dan 2 x 2 m<sup>2</sup> untuk mencacah tingkat semai.

Pengumpulan data sebelum dan sesudah pemanenan kayu dilakukan melalui kegiatan pengamatan dan inventarisasi langsung di hutan pada plot permanen/pengukuran yang telah dibuat. Pada setiap petak pengamatan, data yang diambil untuk tingkat semai dan pancang meliputi: nama jenis dan jumlah individu tiap jenis per petak pengamatan.

Metode analisis vegetasi menggunakan metode *nested sampling*, pada setiap plot permanen dibuat sub-sub petak ukur. Vegetasi yang diamati meliputi tingkat pancang dan semai.

Pengambilan data analisis vegetasi di lapangan adalah sebagai berikut: 1) Tingkat semai adalah anakan pohon dengan jumlah daun lebih dari 2 helai daun dengan ketinggian sampai dengan 150 cm. 2) Tingkat pancang adalah tumbuhan berkayu yang memiliki tinggi > 1,5 m dengan diameter < 10 cm. Dalam penelitian ini vegetasi tingkat pancang yang diukur memiliki diameter 5–9,9 cm. Peubah yang diukur meliputi nama jenis dan jumlah individu.

Untuk memperoleh gambaran tentang komposisi jenis dianalisis menggunakan rumus-rumus sebagai berikut: (1) Indeks Nilai Penting (INP) (Soerianegara dan Indrawan, 1988); (2) Keanekaragaman jenis dihitung menggunakan rumus Shannon Weiner (Mueller-Dombois dan Ellenberg, 1974); dan (3). Untuk mengetahui pola distribusi spasial (*spatial distribution pattern*) individu suatu jenis dihitung berdasarkan indeks Morishita (*I<sub>d</sub>*) (Morishita, 1956).

## Hasil dan Pembahasan

### Komposisi Tegakan

Nilai INP tertinggi pada berbagai jenis pada tingkat semai dan pancang sebelum dan sesudah pemanenan kayu dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa pada tingkat semai jenis-jenis yang banyak ditemukan menurut peringkat indeks nilai penting (INP) sebelum pemanenan kayu antara lain teratung (*Comptosia sp.*), meranti merah (*Shorea leprosula*), medang (*Litsea firma*), mayau (*Shorea palembanica*) dan ubar (*Eugenia sp.*). Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada tingkat pancang, jenis-jenis yang paling banyak ditemukan pada kedua petak pemanenan kayu antar lain ubar (*Eugenia sp.*), medang (*Litsea firma*), meranti merah (*Shorea leprosula*), banitan (*Polyalthia hypoleuca*) dan kumpang (*Myristica sp.*).

Pada plot 1, plot 2, dan plot 3 terdapat perubahan nilai INP yang berbeda setiap plotnya. Hal ini bisa dilihat pada tingkat pancang, pada plot 1 nilai INP berubah secara signifikan. Perbedaan ini karena plot 1 dan plot 2

intensitas penjaradan kayu menyebabkan kerusakan semai lebih intensif. Pada plot 1 di samping adanya intensitas penjaradan tinggi, kerusakan permudaan juga akibat pembuatan tempat penimbunan kayu (Tpn). Pada plot 3 intensitas penjaradan lebih sedikit, sehingga tidak terlalu merubah nilai INPnya.

Tabel 2 menunjukkan bahwa kegiatan pemanenan kayu menyebabkan perubahan struktur dan komposisi tegakan permudaan tingkat semai. Adanya kerusakan dan matinya tumbuhan jenis tertentu menyebabkan perubahan semua nilai INP berbagai jenis pohon tingkat semai. Pada plot 2, misalnya jenis meranti merah pada saat sebelum pemanenan kayu berada pada

INP tertinggi, setelah pemanenan kayu nilai INPnya turun (menjadi peringkat ke-5 tertinggi).

Perubahan nilai INP mengakibatkan perubahan peringkat nilai INP pada tiap-tiap jenis. Adakalanya terdapat jenis yang menduduki peringkat bawah jenis lain, setelah pemanenan kayu peringkat kedua jenis ini berubah (Supriyadi, 2007).

Pada Tabel 2 dapat dilihat perubahan INP tertinggi pada setiap plot berbeda. Pada plot 1 dan plot 2, intensitas penjaradan kayu dan lebar jalan sarad yang dibuat lebih besar (jalan sarad utama) menyebabkan kerusakan menjadi lebih intensif.

**Tabel 1.** Lima peringkat nilai INP tertinggi, Indeks Moroshita (pola penyebaran jenis) dan keanekaragaman jenis pada berbagai jenis pada tingkat semai sebelum dan sesudah pemanenan kayu.

No. Plot	No.	Jenis	KR (%)	FR (%)	INP (%)	$I\delta$	Penyebaran	H'
<b>A. Sebelum Pemanenan Kayu</b>								
I.	1	Teratung	14,4	13,5	27,9	2,76	Berkelompok	2,62
	2	M. Merah	17,2	10,6	27,9	4,14	Berkelompok	
	3	Medang	11,9	11,6	23,5	1,06	Berkelompok	
	4	Mayau	6,5	7,7	14,3	2,08	Berkelompok	
	5	Nyatoh	7,4	5,8	13,2	3,75	Berkelompok	
II.	1	M. Merah	20,0	9,5	29,5	2,08	Berkelompok	2,84
	2	Teratung	10,0	11,9	21,9	2,04	Berkelompok	
	3	Mayau	10,0	8,3	18,3	4,36	Berkelompok	
	4	Ubar	8,0	8,3	16,3	1,92	Berkelompok	
	5	Medang	8,0	7,1	15,1	2,27	Berkelompok	
III.	1	Teratung	17,8	16,3	34,1	1,37	Berkelompok	2,66
	2	Ubar	13,5	11,2	24,7	2,89	Berkelompok	
	3	M. Merah	12,4	12,2	24,6	2,05	Berkelompok	
	4	Mayau	12,4	11,2	23,6	1,97	Berkelompok	
	5	Medang	6,4	8,1	14,6	1,89	Berkelompok	
<b>B. Setelah Pemanenan Kayu</b>								
I.	1	Teratung	15,0	15,2	30,3	4,15	Berkelompok	2,58
	2	M. Merah	18,7	10,5	29,3	5,27	Berkelompok	
	3	Medang	12,6	11,7	24,4	1,18	Berkelompok	
	4	Nyatoh	7,0	7,05	14,1	3,84	Berkelompok	
	5	Mayau	5,6	5,8	11,5	2,17	Berkelompok	
II.	1	Teratung	11,7	11,8	23,6	2,14	Berkelompok	2,73
	2	Ubar	10,2	7,8	18,1	2,77	Berkelompok	
	3	Mayau	10,2	7,8	18,1	2,81	Berkelompok	
	4	Medang	8,8	6,5	15,4	1,66	Berkelompok	
	5	M. Merah	2,9	10,5	13,4	1,09	Berkelompok	
III.	1	Teratung	16,3	14,8	31,1	1,84	Berkelompok	2,55
	2	M. Merah	13,0	13,5	26,6	2,24	Berkelompok	
	3	Mayau	13,7	11,1	24,8	2,61	Berkelompok	
	4	Ubar	11,1	12,3	23,4	3,57	Berkelompok	
	5	Medang	6,5	8,6	15,1	2,22	Berkelompok	

Keterangan: KR = kerapatan relatif; FR = frekuensi relatif; INP = Indeks nilai penting;  $I\delta$  = Indeks moroshita; H' = keanekaragaman jenis.

Indeks Nilai Penting merupakan besaran yang menunjukkan kedudukan (dominansi) suatu jenis terhadap jenis lain dalam suatu komunitas. Makin besar INP suatu jenis, peranan dalam komunitas semakin penting. Penelitian Dharmono (2007) melaporkan bahwa gelam memiliki dominansi yang tinggi, memiliki peranan penting dalam menentukan vegetasi lahan gambut pada setiap lapisan.

Hasil penelitian Junaedi (2007) pada sistem silvikultur Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) terjadi perubahan komposisi dan struktur vegetasi di areal bekas tebangan TPTJ, yang diindikasikan berkurangnya jumlah jenis yang ditemukan, terjadinya penggantian dominansi tegakan dan perubahan struktur vegetasi. Indeks keragaman jenis di areal bekas tebangan TPTJ berkisar antara 2,14 dan 2,86 lebih rendah dibandingkan dengan hutan primer (2,15 sampai 3,07). Areal bekas tebangan TPTJ sebagian besar vegetasi didominasi oleh jenis non komersial.

Pada penelitian ini dapat dilihat akibat kerusakan pada permudaan menyebabkan pergeseran peringkat INP setelah pemanenan kayu. Jumlah anakan pada penelitian ini untuk tingkat semai dan pancang untuk kelompok jenis komersial setelah pemanenan kayu masing-masing sebesar 13.000,0 batang semai/ha (67,36%) dan 1381,3 batang pancang/ha (64,91%). Menurut pedoman TPTI harus tersedia minimal 400 batang semai/ha dan 200 batang pancang/ha jenis komersial dan sehat.

Perubahan struktur dan komposisi tegakan tidak hanya dapat dilihat untuk kepentingan kelestarian kayu. Penelitian yang dilakukan oleh Archaux dan Bakkaus (2007) mendapatkan hasil bahwa struktur dan komposisi jenis tegakan hutan mempengaruhi kekayaan jenis burung. Kekayaan jenis burung hutan di hutan alam yang belum terusik lebih tinggi dibanding hutan campuran. Slik *et al.*, (2008) menyatakan bahwa perubahan struktur dan komposisi tegakan akibat adanya kerusakan hutan juga berpengaruh secara signifikan terhadap kandungan CO<sub>2</sub> di atmosfer.

### Keanekaragaman Jenis

Indeks nilai penting setiap jenis berkaitan erat dengan indeks keanekaragaman jenis (H') dalam petak (Sularso, 1996). Semakin tinggi INP menyebabkan keanekaragaman menjadi kecil. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya populasi

jenis tertentu bahkan hilangnya suatu jenis, yang menyebabkan jenis-jenis tertentu mendominasi (INPnya tinggi).

Pada Tabel 1 dan 2 dapat dilihat terjadi perubahan (berkurangnya) keanekaragaman jenis pada setiap plot contoh, sebagai contoh pada plot I untuk tingkat semai nilai H' sebelum pemanenan kayu sebesar 2,62 setelah pemanenan kayu menjadi 2,58 dan pada tingkat pancang pada plot I nilai indeks keanekaragaman jenis (H') sebelum pemanenan kayu sebesar 2,76 dan setelah pemanenan kayu sebesar 2,62.

Pada penelitian ini indeks keanekaragaman pada tingkat semai dan pancang berkisar 2,55–2,84 untuk tingkat semai dan pancang berkisar 2,5–2,81. Sularso (1996) menyatakan bahwa indeks keragaman vegetasi tingkat semai dan pancang berkisar 2,3–3,5. Adapun hasil penelitian Junaedi (2007) menyatakan bahwa indeks keragaman jenis di hutan bekas tebangan TPTJ berkisar antara 2,14–2,86.

### Pola Penyebaran Jenis

Peluang hilangnya suatu jenis sangat besar apabila individu jenis tersebut jumlahnya sedikit dan pola penyebaran jenisnya seragam (homogen). Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa berdasarkan  $I\delta$ -indeks Morishita, menunjukkan terdapat jenis-jenis dominan dan kodominan pada tingkat semai sebelum dan sesudah pemanenan kayu pola penyebarannya berkelompok. Hal ini sesuai dengan penelitian Sularso (1996) dan Elias (1995) yang menyatakan bahwa pada tingkat semai pola penyebaran anakan di hutan alam memiliki pola penyebaran berkelompok.

Tabel 2 menunjukkan pada tingkat pancang, kecenderungan bentuk pola penyebaran pada tingkat pancang pola penyebaran dari masing-masing jenis tersebut berbeda. Pola penyebaran ubar (*Eugenia sp* Lour) pada plot 1, plot 2 dan plot 3 sebelum pemanenan kayu mempunyai pola penyebaran seragam ( $I\delta < 1$ ), sedangkan jenis medang (*Litsea firma* (Blume) Hook), meranti merah (*Shorea leprosula* Miq) dan kumpang (*Myristica sp.* Gronov) memiliki pola penyebaran berkelompok ( $I\delta > 1$ ). Jenis mayau (*Shorea palembanica* Miq) mempunyai pola penyebaran seragam ( $I\delta < 1$ ) pada plot 2 dan plot 3 setelah pemanenan kayu. Pola yang sama dijumpai pada hutan kerangas primer Taman

Nasional Danau Sentarum (TNDS), Kalimantan Barat (Onrizal, 2005) diketahui bahwa jenis dominan dan kodominan di hutan kerangas bekas kebakaran di TNDS tersebar secara seragam. Dalam hal ini pola seragam merupakan

hasil dari interaksi negatif antarindividu sejenis, misalnya kompetisi untuk mendapatkan makanan dan ruang, atau terdapat antagonisme positif untuk mendapatkan ruang yang lebih luas.

**Tabel 2.** Lima peringkat nilai INP tertinggi, Indeks Moroshita (pola penyebaran jenis) dan keanekaragaman jenis dan pada berbagai jenis pada tingkat pancang sebelum dan sesudah pemanenan kayu.

No. Plot	No.	Jenis	KR (%)	FR (%)	INP (%)	$I\delta$	Penyebaran	H'
<b>A. Sebelum Pemanenan Kayu</b>								
I.	1	Ubar	16,3	14,7	31,0	0,83	Seragam	2,76
	2	Medang	14,3	13,7	28,1	1,08	Berkelompok	
	3	Meranti Merah	12,4	13,7	26,1	1,02	Berkelompok	
	4	Kumpang	8,4	7,8	16,3	1,51	Berkelompok	
	5	Ketikal	6,5	8,8	15,3	0,55	Seragam	
II.	1	Ubar	16,5	15,0	31,6	0,97	Seragam	2,81
	2	Medang	15,3	13,2	28,5	1,05	Berkelompok	
	3	Meranti Merah	13,6	6,6	20,2	2,33	Berkelompok	
	4	Kumpang	6,5	6,6	13,1	2,22	Berkelompok	
	5	Teratung	5,3	6,6	11,9	0,69	Seragam	
III.	1	Ubar	18,2	18,0	36,3	0,80	Seragam	2,65
	2	Medang	11,5	9,5	21,1	1,14	Berkelompok	
	3	Pisang-pisang	9,1	9,5	18,6	1,09	Berkelompok	
	4	Kumpang	9,7	8,5	18,3	1,25	Berkelompok	
	5	Meranti Merah	9,7	8,5	18,3	3,81	Berkelompok	
<b>B. Setelah Pemanenan Kayu</b>								
I.	1	Ubar	18,2	15,3	33,6	1,45	Berkelompok	2,62
	2	Kumpang	13,9	9,6	23,5	1,81	Berkelompok	
	3	Medang	13,9	9,6	23,5	1,13	Berkelompok	
	4	Ketikal	7,5	11,5	19,0	1,19	Berkelompok	
	5	Meranti Merah	6,4	9,6	16,0	1,51	Berkelompok	
II.	1	Ubar	19,7	13,5	33,3	1,21	Berkelompok	2,58
	2	Meranti Merah	16,6	8,4	25,1	3,43	Berkelompok	
	3	Medang	14,5	10,1	24,7	1,19	Berkelompok	
	4	Mayau	8,3	8,4	16,8	0,89	Seragam	
	5	Teratung	5,2	6,7	11,9	1,66	Berkelompok	
III.	1	Ubar	21,8	18,7	40,5	1,28	Berkelompok	2,56
	2	Medang	12,7	9,3	22,1	1,89	Berkelompok	
	3	Kumpang	10,0	10,9	20,9	1,81	Berkelompok	
	4	Mayau	8,1	9,3	17,5	0,88	Seragam	
	5	Teratung	9,0	7,8	16,3	5,68	Berkelompok	

Keterangan: KR = kerapatan relatif; FR = frekuensi relatif; INP = Indeks nilai penting;  $I\delta$  = Indeks moroshita; H' = keanekaragaman jenis.

## Simpulan dan Saran

### Simpulan

Pemanenan kayu menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan komposisi jenis tegakan hutan tingkat semai dan pancang, kerusakan permudaan, perubahan keanekaragaman jenis permudaan tingkat semai dan pancang, keragaman jenis sebelum pemanenan kayu lebih

besar dibandingkan dengan keanekaragaman jenis setelah pemanenan kayu.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian dan pengkajian lebih jauh tentang dampak lanjutan terhadap kerusakan permudaan tingkat semai dan pancang di hutan alam dan kemampuan regenerasi hutan pada areal hutan bekas tebangan.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis kepada Rektor Universitas Sumatera Utara Medan, Dekan Fakultas Pertanian USU, Ketua Lembaga Penelitian USU dan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional atas bantuan dana sehingga penelitian ini dapat berlangsung.

## Daftar Pustaka

- Archaux, F. dan Bakkaus, N. 2007. Relative Impact of Stand Structure, Tree Composition and Climate on Mountain Bird Communities. *Forest Ecology and Management*, 247 (1–3): 72–79.
- Bobiec, A. 2007. The Influence of Gaps on Tree Regeneration: a Case Study of the Mixed Lime-hombean Communities in the Bialowieża Premeval Forest. *Poland J. Ecology*, 5 (3): 441–455.
- Departemen Pertanian. 1978. Daftar Nama-nama Pohon-pohonan Kalimantan Barat. Laporan 265. Bogor.
- Dharmono. 2007. Dampak Tumbuhan Gelam (*Melaleuca cajuputi* Powell) terhadap Struktur dan Komposisi Vegetasi Lahan Gambut, Kalimantan Selatan. *Bioscientiae*, 4 (1): 19–28.
- Dubé, P., Menard, A., Bouchard, A. dan Marceau, D.J. 2005. Simulating the Impact of Small Scale Extrinsic Disturbances Over Forest Volumetric Environment. *J. Ecology Modelling*, 182 (2): 113–129.
- Elias. 1995. A Case Study on Forest Harvesting Damage: Structure and Composition Dynamic Change in the Residual Stand for Dipterocarp Forest in Indonesia. Paper Presented on IUFRO XX World Congress; Tempere, Finland: 6–12 August 1995.
- Indrawan, A. 2000. Perkembangan Suksesi Tegakan Hutan Alam Setelah Penebangan dalam Sistem Tebang Pilih Tanam Indonesia. *Disertasi Program Pascasarjana IPB Bogor*. Bogor.
- Junaaedi, A. 2007. Dampak Pemanenan Kayu dan Perlakuan Silvikultur Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) terhadap Potensi Kandungan Karbon dalam Vegetasi Hutan Alam Tropika. *Tesis Sekolah Pascasarjana IPB Bogor*.
- Morishita, M. 1956. Measuring of the Dispersion on Individuals and Analysis of the Distributional Patterns. *Memoirs Faculty of Science, Kyushu University, Seri E (Biology)* 40: 3–5.
- Mueller-Dombois, D. dan Ellenberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. New York: John Wiley & Sons.
- McDonald, R.I., Motzkin, G. dan Foster, D.R. 2008. The Effect of Logging on Vegetation Composition in Western Massachusetts. *Forest Ecology and Management*, 255: 4021–4031.
- Muhdi. 2003. Studi Keterbukaan Lantai Hutan Akibat Penebangan dan Penyaradan Kayu. *J. Komunikasi Penelitian*, 15 (3): 62–73.
- Muhdi, Elias dan Sjafii, M. 2006. Dampak Pemanenan Kayu Berdampak Rendah dan Konvensional Terhadap Kerusakan Tegakan Tinggaal di Hutan Alam (Studi Kasus dai Areal HPH PT. Suka Jaya Makmur, West Kalimantan). *J. Manajemen Hutan Tropika*, 12 (3): 78–87.
- Muhdi dan Hanafiah, D.S. 2007. Pengaruh Pemanenan Kayu Berdampak Rendah Terhadap Kerusakan Tegakan Tinggaal di Hutan Alam. *J. Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*, IX (1): 32–39.
- Nagel, T.A. dan Diaci, J. 2006. Intermediate Wind Disturbances in an Old-growth Beech-fir Forest in Southeastern Slovenia. *Canadian J. Forest Research*, 36 (3): 629–638.
- Návar, J. 2009. Allometric Equations for Tree Species and Carbon Stocks for Forests of Northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 257: 427–434.
- Onrizal, Kusmana, C., Handayani, I., Saharjo, H.H. dan Kato, T. 2005. Komposisi Jenis dan Struktur Kerangas Bekas Kebakaran di Taman Nasional Danau Sentarum. *Biodiversitas*, 6 (4): 263–265.
- Peña-Claros, M., Fredericksen, T.S., Alarcon, A., Blate, G.M., Choque, U., Leano, C., Licona, J.C., Mostacedo, B., Pariona, W., Villegas, Z. dan Putz, F.E. 2008. Beyond Reduced Impact Logging: Silvicultural Treatments to Increase Growth Rates of Tropical Trees. *Forest Ecology and Management*, 256: 1458–1467.
- Pham, A.T., de Grandpré, L., Gauthier, S. dan Bergeron, Y. 2004. Gap Dynamics and Replacement Patterns in Gaps of the Northeastern Boreal Forest of Quebec. *Canadian J. Forest Research*, 34: 353–364.
- Putz, F.E., Sist, P., Fredericksen, T. dan Dykstra, D. 2008. Reduced Impact Logging: Challenges and Opportunities. *Forest Ecology and Management*, 256: 1427–1433.
- Rendón-Carmona, Martínez-Yrizar, A., Balvanera, P. dan Pérez-Salicrup, D. 2009. Selective Cutting of Woody Species in an Mexican Tropical Dry Forest: Incompatibility Between use and Conservation. *Forest Ecology and Management*, 257: 567–579.

*Struktur dan Komposisi Jenis Tegakan Semai dan Pancang*

- Rodrego, P.J., Zweede, J., Gregory, P.A. dan Keller, M. 2002. Forest Canopy Damage and Recovery in Reduced Impact and Conventional Selective Logging in Eastern Para, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 168: 77–89.
- Slik, J.W., Bernard, C.S., Van Beek, M., Breman, F.C. dan Eichhorn, KA. 2008. Tree Diversity, Composition, Forest Structure and Aboveground Biomass Dynamics after Single and Repeated Fire in a Bornean Rain Forest. *Oecologia*, 58 (3): 579–88.
- Soerianegara, I. dan Indrawan, A. 1988. Ekologi Hutan Indonesia. Laboratorium Ekologi Hutan. Fakultas Kehutanan IPB Bogor. Bogor.
- Sularso, H. 1996. Analisis Kerusakan Tegakan Tinggal Akibat Pemanenan Kayu Terkendali dan Konvensional pada Sistem Silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI). *Tesis Pascasarjana IPB Bogor*. Tidak Diterbitkan.
- Supriyadi. 2007. Model Pertumbuhan Populasi untuk Pengendalian Populasi Akasia Berduri (*Acacia nilotica* (L.) Willd Ex Del.) di Taman Nasional Baluran. *Biota*, 12 (3): 161-169.