

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/322501982>

KERUSAKAN TEGAKAN TINGGAL AKIBAT PEMANENAN KAYU PADA HUTAN TROPIS BERBUKIT DI KALIMANTAN TENGAH

Article in *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* · January 2018

DOI: 10.20886/jphh.2017.35.4.273-288

CITATIONS

6

READS

1,480

3 authors, including:



Soenarno Soenarno

Forest Product Research and Development Centre, Indonesia

35 PUBLICATIONS 159 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Wesman Endom

Forest Products and development center , Bogor-Indonesia

19 PUBLICATIONS 47 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

KERUSAKAN TEGAKAN TINGGAL AKIBAT PEMANENAN KAYU PADA HUTAN TROPIS BERBUKIT DI KALIMANTAN TENGAH (*Residual Stand Damage Due to Timber Harvesting on Hilly Tropical Forest in Central Kalimantan*)

Soenarno¹, Wesman Endom¹ & Sofwan Bustomi²

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan

Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610

Telp. (0251) 8633378 ; Fax. (0251) 8633413

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan

Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610

Telp. (0251) 8633224 ; Fax. (0251) 8638111

E-mail : soenarno@yahoo.co.id

Diterima 2 Maret 2017, Direvisi 10 Mei 2017, Disetujui 10 November 2017

ABSTRACT

One indicator of sustainable forest management is the minimum impact of residual stand damage caused by timber harvesting activities. This paper examines stand damage due to timber harvesting on hilly tropical forest, Central Kalimantan. The study was carried out using samples plot of 200 m x 100 m that was systematically placed on three selected cutting plots with different chainsaw operators working experience. Results showed that the degree of residual stands damage due to timber harvesting ranged between 19.37 – 34.9% with an average of 24.37% categorized as light stand damage. The average stands damage due to felling was 16.27% and skidding was 8.1%. Unexperienced chainsaw operators tend to cause greater damage than well trained chainsaw. Type of residual damage due to the felling on either sloping, rather steep or steep terrain was dominated by broken tree trunks. The most common type of residual stand damage due to skidding was the collapsed or tilted trees. The residual stand damage due to timber harvesting could be reduced by imposing intensive supervision in the felling sites and provide training and/or refresher to chainsaw and skidding tractor operators especially on cutting technique and environmentally friendly skidding.

Keywords: Timber harvesting, natural forest, selective logging system, degree of damage, residual stand

ABSTRAK

Salah satu indikator pengelolaan hutan lestari adalah adanya dampak kerusakan tegakan tinggal yang ditimbulkan oleh kegiatan pemanenan kayu. Tulisan ini mempelajari kerusakan tegakan tinggal akibat pemanenan kayu di hutan tropis berbukit di Kalimantan Tengah. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan plot contoh penelitian berukuran 200 m x 100 m yang ditempatkan secara sistematis pada tiga petak tebang terpilih dengan operator *chainsaw* yang berbeda tingkat kemahirannya. Hasil penelitian menunjukkan besarnya derajat kerusakan tegakan tinggal akibat pemanenan kayu berkisar antara 19,37 – 34,9% dengan rata-rata 24,37% termasuk kategori kerusakan tegakan tingkat ringan. Kerusakan tegakan tinggal rata-rata akibat penebangan adalah 16,27% dan akibat penyaradan kayu sebesar 8,1%. Operator *chainsaw* yang tidak terlatih/kurang berpengalaman cenderung mengakibatkan kerusakan lebih besar dibandingkan operator *chainsaw* yang sudah terlatih. Tipe kerusakan tegakan akibat penebangan baik pada areal yang landai, agak curam maupun curam didominasi oleh patah batang pohon. Tipe kerusakan tegakan tinggal akibat penyaradan umumnya berupa pohon yang roboh/miring. Kerusakan tegakan akibat pemanenan kayu dapat dikurangi dengan pengawasan yang lebih baik di areal penebangan dan memberikan pelatihan dan/atau penyegaran kepada operator *chainsaw* dan traktor sarad mengenai teknik penebangan dan penyaradan ramah lingkungan.

Kata kunci: Pemanenan kayu, hutan alam, sistem tebang pilih, derajat kerusakan, tegakan tinggal

I. PENDAHULUAN

Propinsi Kalimantan Tengah merupakan salah satu propinsi andalan kedua Indonesia sebagai sumber kayu dari hutan alam dengan produksi mencapai 2,115 juta m³ (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016). Jumlah Ijin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu pada Hutan Alam (IUPHHK-HA) sebanyak 57 unit dengan luas konsesi mencapai 4,011 juta ha. Pengelolaan hutan dalam konsesi IUPHHK-HA dilakukan dengan sistem silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI). Tebang pilih adalah sistem silvikultur yang paling banyak dipergunakan untuk produksi kayu komersial di hutan alam tropis hutan di dunia (Wu, Liu, Takashima, Ishigaki, & Watanabe, 2013). Teknik silvikultur tebang pilih memiliki keunggulan karena selain aspek konservasi dan keberlanjutan sumberdaya hutan yang masih terjaga juga dapat meningkatkan stabilitas lingkungan dengan adanya tegakan tinggal yang menghasilkan anakan baru (Rodríguez, Ramos, Ourcival, Limousin, Joffre, & Rambal, 2011). Penelitian Pakhriazad, Shinohara, Nakama, dan Yukutake (2004) pada hutan subtropis, keberadaan anakan baru sangat penting dalam pembentukan vegetasi sehingga memberikan kontribusi untuk keanekaragaman hayati dan kelanjutan produksi.

Dalam hubungannya dengan TPTI, pemanenan kayu merupakan tindakan silvikultur paling dominan dalam pengaturan struktur dan komposisi tegakan tinggal (Elias, 2002). TPTI merupakan sistem silvikultur pengelolaan hutan alam tropika lestari. Salah satu indikator pengelolaan hutan lestari adalah dampak kerusakan tegakan yang ditimbulkan selama kegiatan pemanenan kayu yang rendah (Muhdi & Hanafiah, 2007). Selain itu, pengelolaan hutan lestari juga dapat menjamin keberlanjutan produksi kayu, melindungi lingkungan, penyangga banjir, dan perlindungan tempat tinggal yang aman bagi masyarakat sekitar hutan (Canadell & Raupach, 2008; Chao, 2012; FAO, 2010; Putz, Zuidema, Synnott, Claros, & Pinard, 2012; Ruslandi, 2013). Selain itu, intensitas penebangan juga berpengaruh pada kerusakan tegakan tinggal (Wijayanti, 2013). Sist, Fimbel, Sheil, Nasi, dan Chevallier (2003) menyatakan, bahwa intensitas pemanenan kayu yang dilakukan

di Kalimantan Timur berkisar antara 1 – 17 pohon, sedangkan Elias (2002) melaporkan bahwa intensitas rata-rata pemanenan kayu yang boleh ditebang minimal 6 pohon/ha. Terjadinya kerusakan tegakan akibat pemanenan kayu tidak mungkin untuk dihindari. Menurut Elias (2002), pelaksanaan pemanenan hutan yang kurang baik akan menimbulkan kerusakan hutan, seperti kerusakan tegakan tinggal dan keterbukaan areal. Kerusakan tegakan tinggal tersebut tidak saja akibat pembuatan jalan angkutan tetapi juga kegiatan penebangan dan penyaradan kayu. Penebangan berdampak melukai tegakan di sekitar pohon yang ditebang terutama bagian tajuk, sedangkan penyaradan cenderung meningkatkan risiko kematian pohon dalam tegakan terutama pada areal di sekitar jalan sarad (Hawthorne, Marshall, Juam, & Agyeman, 2011). Bahkan, praktik penebangan selektif yang dilakukan secara konvensional sering merusak lebih dari 50% pohon berdiri sehingga mempengaruhi baik struktur dan produktivitas hutan (Sist et al., 2003). Fakta di lapangan diduga selain faktor intensitas pemanenan kayu dan kondisi topografi juga keterampilan operator *chainsaw* berpengaruh pada kerusakan tegakan tinggal.

Penelitian mengenai kerusakan tegakan tinggal pada pemanenan kayu di hutan alam sebenarnya sudah banyak dilakukan. Namun demikian, penelitian kerusakan tegakan tinggal terkait dengan intensitas penebangan pada kawasan hutan pegunungan masih jarang dilakukan. Tujuan tulisan ini mempelajari dampak kerusakan tegakan tinggal yang diakibatkan oleh kegiatan penebangan dan penyaradan kayu, khususnya pada hutan alam tropis berbukit di Kalimantan Tengah.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di salah satu IUPHHK-HA di Kabupaten Kotawaringin Timur Provinsi Kalimantan Tengah pada Bulan Agustus - September 2016. Secara administratif, lokasi pemerintahan berada di tiga wilayah kabupaten yaitu Kabupaten Seruyan, Kabupaten Kotawaringin Timur, dan Kabupaten Katingan.

Secara geografis, lokasi penelitian terletak di 111°55'-112°19' Bujur Timur dan 1°12'-1°56' Lintang Selatan.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang dipakai dalam penelitian terdiri atas peta areal Rencana Kerja Tahunan (RKT) 2016 skala 1 : 50.000 dan peta Rencana Operasional Pemanenan Kayu (ROPK) skala 1 : 2.000, cat, kuas, plastik warna, spidol permanen, dan tali plastik. Sedangkan alat yang digunakan antara lain *Global Positioning System* (GPS), kompas, *clinometer*, *roll meter*, *phi-band*, *tally sheet*, perangkat lunak *minitab* untuk membantu analisis data, *chainsaw*, dan traktor sarad/*bulldozer*, digital kamera, dan *handycam* serta perlengkapan untuk dokumentasi penelitian dan Alat Pelindung Diri (APD) antara lain topi helm, sarung tangan, sepatu *boot*, dan mantel lapangan.

C. Metode Penelitian

1. Pembuatan dan penempatan petak contoh penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian di lapangan dilakukan di tiga petak tebang RKT tahun 2016, yaitu petak tebang L-40, M-41, dan N-42 dengan operator *chainsaw* yang berbeda tingkat kemahirannya. Pada petak tebang L-40 operator *chainsaw* belum pernah mendapatkan latihan teknik penebangan ramah lingkungan sedangkan operator *chainsaw* pada petak tebang M-41 dan N-42 sudah mendapatkan latihan tetapi berbeda pengalaman kerja. Kondisi topografi ketiga petak tebang terpilih bervariasi dari landai sampai curam dengan ketinggian tempat 400 – 600 m di atas permukaan laut (dpl). Pada setiap petak tebang terpilih dibuat tiga plot contoh pengukuran/PCP (*Plot sample observation/PSO*) dengan ukuran masing-masing 200 m × 100 m (2 ha). PCP ditentukan secara sistematis dan disesuaikan dengan kondisi petak tebang dengan jarak antar PCP 100 m, seperti dapat dilihat pada Lampiran 1.

2. Pelaksanaan pemanenan kayu

Pelaksanaan pemanenan kayu dilaksanakan langsung oleh regu tebang dan sarad sesuai dengan kebijakan yang diterapkan oleh perusahaan. Pemanenan kayu ini meliputi operasi penebangan dan penyaradan kayu. Penebangan menggunakan alat gergaji mesin (*chainsaw*) dengan

ukuran panjang bar 70 cm. Sedangkan peralatan penyaradan kayu bulat (*log*) adalah traktor sarad/*bulldozer*. Penebangan di masing-masing petak tebang dilakukan oleh operator *chainsaw* dengan tingkat kemahiran yang berbeda. Pada petak tebang L-40 penebangan dilakukan oleh operator *chainsaw* yang pengalaman kerjanya diperoleh secara autodidak dan belum pernah mendapatkan pelatihan teknik penebangan ramah lingkungan. Sedangkan pada petak tebang M-41 dan N-42 penebangan dilakukan oleh operator *chainsaw* yang telah memperoleh pelatihan teknik penebangan ramah lingkungan tetapi berbeda pengalaman kerjanya. Operator *chainsaw* di petak tebang N-42 mempunyai pengalaman kerja lebih dari tiga tahun dan sebelumnya pernah menjadi penebang pada IUPHHK-HA lain yang telah memiliki sertifikat PHPL *voluntary*. Sedangkan operator *chainsaw* di petak tebang M-41 memiliki pengalaman kerja setelah pelatihan kurang dari dua tahun dan belum pernah bekerja pada IUPHHK-HA lain.

D. Data yang Dikumpulkan

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data sekunder dan data primer. Data sekunder diperoleh melalui wawancara termasuk data primer, dan laporan yang ada di kantor *Base Camp*. Pengumpulan data primer dilakukan melalui kegiatan pengamatan dan inventarisasi langsung di hutan pada PCP yang telah dibuat. Inventarisasi tegakan dilakukan sebelum penebangan untuk mengetahui potensi tegakan semua jenis pohon berdiameter lebih dari 20 cm sebelum kegiatan pemanenan kayu. Kerusakan tegakan akibat pemanenan kayu dikumpulkan melalui pengamatan sesudah penebangan dan penyaradan kayu. Data kerusakan yang dicatat antara lain: jumlah pohon yang rusak, nama jenis pohon, diameter, dan tipe kerusakan.

E. Intensitas Penebangan dan Kerusakan Tegakan

1. Intensitas penebangan

Dalam tulisan ini yang dimaksud dengan intensitas penebangan adalah jumlah pohon yang ditebang per hektar. Intensitas penebangan dibedakan menjadi tiga kategori yaitu: a) rendah dengan jumlah pohon ditebang ≤ 5 pohon/ha,

b) sedang dengan jumlah pohon ditebang 6-9 pohon/ha, dan c) tinggi dengan jumlah pohon ditebang ≥ 10 pohon/ha (Wijayanti, 2013).

2. Kerusakan tegakan tinggal

Untuk menaksir derajat kerusakan pohon akibat pemanenan kayu digunakan parameter Suhartana dan Idris, (1996) dan Eroğlu, Öztürk, Sönmez, Tilki, dan Akkuzu (2009) sebagai berikut:

- tajuk pohon rusak $> 30\%$ atau cabang besar patah,
- luka pada batang hingga merusak kambium $> 25\%$ keliling pohon dengan panjang luka $\geq 1,5$ m,
- perakaran terpotong atau $> 25\%$ banir rusak, dan
- patah batang dan/atau roboh.

Pohon dianggap rusak apabila mengalami salah satu atau lebih keadaan tersebut di atas. Adapun kriteria kerusakan tegakan berdasarkan persentase kerusakan pohon digunakan kriteria sebagai berikut (Elias, 2008):

- tegakan tinggal disebut rusak ringan jika kerusakan $< 25\%$,
- tegakan tinggal disebut rusak sedang jika kerusakan $25-50\%$, dan
- tegakan tinggal disebut rusak berat jika kerusakan $> 50\%$.

F. Pengolahan Data

Besarnya derajat kerusakan tegakan tinggal dan akibat kegiatan penebangan dan penjarangan dan kriterianya digunakan rumus menurut Elias, (2008) sebagai berikut:

$$K = \frac{\sum Kr}{\sum Ka} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan :

K = persentase kerusakan tegakan tinggal;

$\sum Kr$ = jumlah pohon berdiameter > 20 cm yang rusak akibat penebangan;

$\sum Ka$ = jumlah pohon berdiameter > 20 cm yang sehat sebelum penebangan

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan petak tebang terhadap tingkat kerusakan tegakan dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (*completely randomized design*) dengan model umum:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

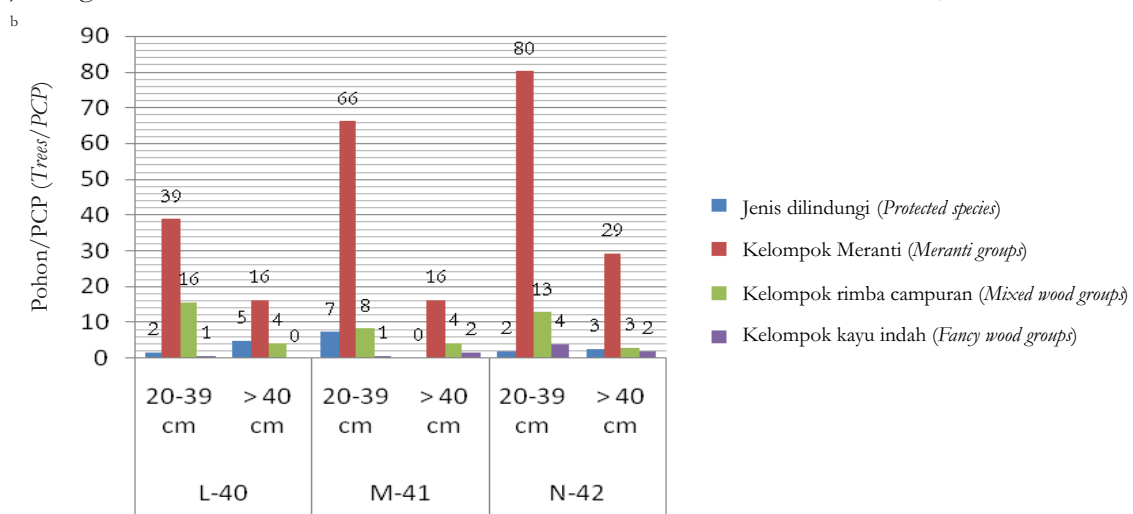
keterangan:

Y_{ij} = kerusakan tegakan pada petak ke-i dan pengamatan ke-j; μ = rata-rata kerusakan tegakan; τ_i = pengaruh petak tebang ke-i; dan ε_{ij} = pengaruh kesalahan baku pada petak tebang ke-i dan pengamatan ke-j

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Potensi Tegakan

Hasil Inventarisasi Sebelum Penebangan (ITSP) potensi tegakan berdiameter lebih besar dari 20 cm yang dilakukan oleh perusahaan di tiga petak tebang terpilih dapat dilihat pada Lampiran 2 sedangkan rekapitulasinya disajikan pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan bahwa secara



Gambar 1. Potensi tegakan per kelompok jenis kayu pada petak penelitian
Figure 1. Standing potential per group of wood species in the research plot

umum petak tebang terpilih masih terdapat cukup banyak tegakan berdiameter 20 - 39 cm khususnya dari kelompok jenis meranti dan rimba campuran. Jumlah tegakan berdiameter 20 - 39 cm (tidak termasuk jenis yang dilindungi) paling banyak di petak tebang N-42 (97 pohon/PCP) sedangkan di petak tebang M-41 sebanyak 75 pohon/PCP dan paling sedikit di petak L-40 yaitu 56 pohon/PCP. Jumlah tegakan tersebut menggambarkan bahwa pada petak tebang terpilih cukup tersedia pohon komersial yang dapat dijadikan pohon inti untuk keberlanjutan penebangan pada rotasi tebang berikutnya. Indrawan (2002) menyatakan bahwa berdasarkan pedoman TPPTI, jumlah pohon inti yang harus ditinggalkan dan tidak boleh ditebang adalah 25 pohon/ha. Apabila jumlahnya kurang dari 25 pohon/ha maka dapat diambilkan jenis komersial lain yang tidak ditebang yang berdiameter lebih besar 40 cm, kecuali jenis yang dilindungi. Pohon inti adalah pohon muda jenis komersial berdiameter minimal 20 cm yang akan membentuk tegakan utama yang akan ditebang pada rotasi tebang berikutnya (Kementerian Kehutanan, 2002).

Gambar 1 menunjukkan potensi jumlah pohon yang dapat ditebang (berdiameter lebih besar dari 40 cm) pada petak tebang N-42 paling banyak (34 pohon/PCP) selanjutnya pada petak M-41 sebanyak 22 pohon/PCP dan yang paling sedikit di petak tebang L-40 (20 pohon/PCP). Potensi pohon yang dapat ditebang tersebut tidak termasuk dari jenis pohon yang dilindungi. Pada Lampiran 2 dapat dilihat bahwa jenis pohon yang dapat ditebang (berdiameter >40 cm) sebagian besar jenis kayu kapur (*Dryobalanops aromatica* Gaerth), keruing (*Dipterocarpus borneensis* Slooth),

meranti merah (*Shorea johorensis* Foxw.), resak (*Vatica rassak* Bl.) dan bangkirai (*Shorea laevifolia* Endert).

B. Kerusakan Tegakan Akibat Penebangan

Hasil pengamatan dan perhitungan derajat kerusakan tegakan akibat penebangan dapat dilihat pada Lampiran 3 sedangkan rekapitulasinya disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata derajat kerusakan tegakan akibat penebangan terbesar terjadi pada petak L-40 (24,32%) sedangkan pada petak M-41 dan N-42 masing-masing 13,27% dan 11,21%. Hal ini diduga disebabkan oleh perbedaan pengalaman operator *chainsaw* dan intensitas penebangan.

Penelitian Tavankar, Majnounian, dan Bonyad (2013) di hutan Caspian, Iran menunjukkan bahwa kerusakan tegakan akibat penebangan dengan sistim tebang pilih adalah 5,2% tidak jauh berbeda dengan penelitian Pradata (2012) yaitu 4,14%. Hal ini menggambarkan bahwa pelaksanaan penebangan di perusahaan yang tidak baik dan tidak diimbangi dengan upaya pengayaan tanaman (*enrichment planting*) dikhawatirkan berdampak pada terganggunya kelestarian hutan. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa setiap satu pohon ditebang menyebabkan kerusakan tegakan antara 1-2 pohon. Sementara, hasil penelitian Budiaman dan Pradata (2013) menunjukkan bahwa akibat penebangan dengan intensitas rendah mengakibatkan 7 pohon jenis komersial berdiameter ≥ 10 cm mengalami kerusakan.

Untuk mengetahui perbedaan kerusakan tegakan antara petak tebang dilakukan analisis statistik dengan uji F, yang hasilnya disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai F_{hitung} adalah 43,871 lebih besar dibandingkan nilai

Tabel 1. Rekapitulasi rata-rata kerusakan tegakan akibat penebangan
Table 1. Recapitulation of average residual stand damage due to tree felling

Petak tebang (Felling sites)	Jumlah pohon berdiameter 20 cm ke atas/PCP (Number of trees with diameter of 20 cm up/ sample plots)	Jumlah pohon ditebang (Number of felled trees)		Jumlah pohon rusak (Number of damaged trees)	
		(Pohon/PCP), (Trees/sample plots)	(Pohon/ha), (Trees/ ha)	(Pohon/ Trees)	(%)
L-40	83	9	5	18	24,32
M-41	105	7	4	13	13,27
N-42	136	20	10	13	11,21
Rata-rata (Averages)	108	12	6	15	16,27

Tabel 2. Hasil uji F kerusakan tegakan tinggal akibat penebangan
Table 2. F test result of residual stand damage due to felling

Sumber (<i>Sources</i>)	Jumlah kuadrat (<i>Sum of squares</i>)	Derajat bebas (<i>Degrees of freedom</i>)	Jumlah kuadrat rata-rata (<i>Mean square</i>)	F _{hitung} (F _{cal.})	Nyata (<i>Significant</i>)
Model terkoreksi (<i>Corrected model</i>)	703,675 ^a	2	351,837	43,871	0,001
Konstanta (<i>Intercept</i>)	2939,545	1	2939,545	366,538	0,000
Petak tebang (<i>Felling site</i>)	703,675	2	351,837	43,871	0,001
Kesalahan percobaan (<i>Error</i>)	40,099	5	8,020		
Jumlah (<i>Total</i>)	3258,242	8			
Jumlah terkoreksi (<i>Corrected Total</i>)	743,773	7			

Keterangan (*Remarks*): a. Koefisien determinasi (R^2 Squared/ r^2) = 0,277; r^2 yang disesuaikan (*Adjusted R Squared*) = 0,097

Tabel 3. Hasil uji beda nyata terkecil kerusakan tegakan tinggal
Table 3. The least significant difference test result of residual stand damage

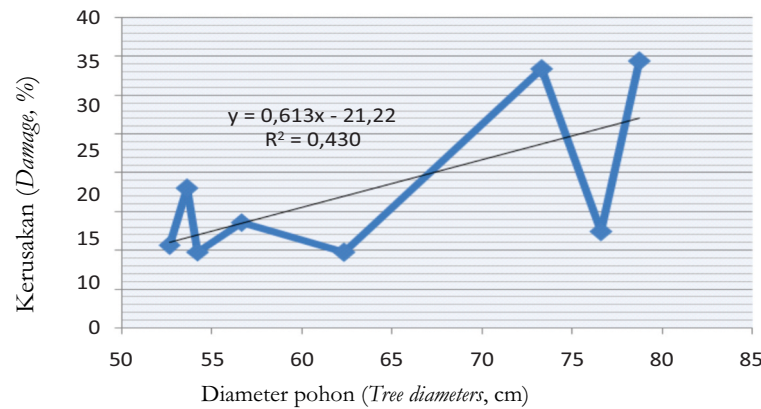
(I) petak tebang (<i>Felling site</i>)	(J) petak tebang (<i>Felling site</i>)	Beda nyata (<i>Mean difference</i>) (I-J)	Kesalahan baku (<i>Std. Error</i>)	Nyata (<i>Sig.</i>) ^b	95% Selang kepercayaan perbedaan (<i>Confidence interval for difference</i>) ^b	
					Batas bawah (<i>Lower bound</i>)	Batas atas (<i>Upper bound</i>)
L-40	M-41	20,198*	2,585	0,001	13,553	26,844
	N-42	22,805*	2,585	0,000	16,160	29,450
M-41	L-40	-20,198*	2,585	0,001	-26,844	-13,553
	N-42	2,607	2,312	0,311	-3,337	8,550
N-42	L-40	-22,805*	2,585	0,000	-29,450	-16,160
	M-41	-2,607	2,312	0,311	-8,550	3,337

Keterangan (*Remarks*): *Beda nyata rata-rata pada taraf 0,05 (*The mean difference is significant at the 0.05 level*); b. Perbandingan penyesuaian: beda nyata terkecil (*Adjustment for multiple comparisons: Least significant difference*)

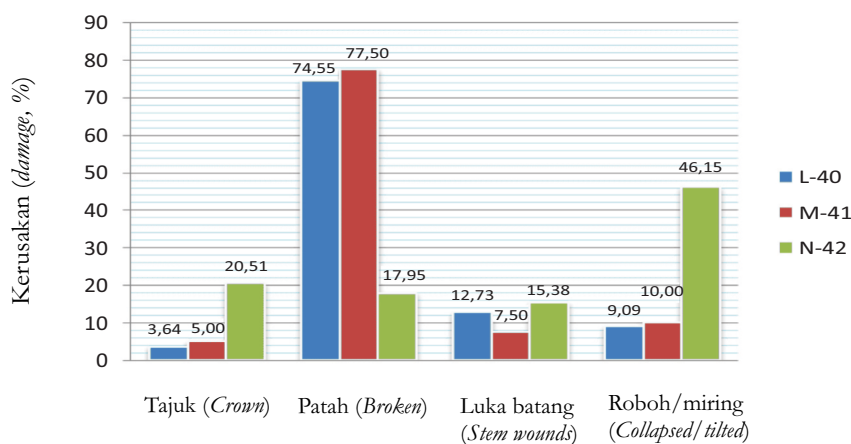
$F_{0,05(2,5)} = 5,79$ maka H_0 ditolak yang berarti terdapat perbedaan nyata kerusakan tegakan yang terjadi antara petak tebang L-40, M-41, dan N-42.

Hasil uji beda nyata terkecil (*Least Significant Difference/LSD*) yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kerusakan tegakan yang nyata antara petak tebang L-40 dengan M-41 maupun N-42. Perbedaan kerusakan tegakan tersebut diduga disebabkan oleh perbedaan kemahiran penebang (*chainsaw operator*) tetapi kondisi topografi dan intensitas penebangan tidak berpengaruh nyata terhadap kerusakan tegakan (Lampiran 5 dan 6). Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa operator *chainsaw* di petak L-40 belum pernah

mendapatkan pelatihan teknis penebangan ramah lingkungan dengan pengalaman kerja sebagai operator *chainsaw* kurang dari 2 tahun. Teknik penebangan diperoleh secara autodidak pada waktu menjadi pembantu operator *chainsaw*. Sedangkan penebang di petak M-41 dan N-42 keduanya pernah mendapatkan pelatihan teknik penebangan ramah lingkung yang diselenggarakan secara *on the job training* tetapi berbeda pengalaman kerja. Penebang petak N-42 pengalaman kerjanya lebih dari tiga tahun karena sebelumnya menjadi penebang di salah satu IUPHHK-HA yang telah bersertifikat PHPL secara sukarela melalui skema *Forest Stewardship Council (FSC)*. Tetapi operator *chainsaw* di petak



Gambar 2. Hubungan diameter pohon ditebang dengan kerusakan tegakan
Figure 2. Relationship between the felled trees diameter and stand damage



Gambar 3. Tipe kerusakan tegakan akibat penebangan
Figure 3. Type of stand damages due to felling

tebang M-41 pengalaman kerjanya kurang dari dua tahun dan belum pernah bekerja di IUPHHK-HA lain.

Meskipun telah diterapkan teknik *RIL* tetapi praktek penebangan pohon masih dilakukan secara konvensional karena penebang diberi otoritas penuh dalam melakukan penebangan pohon di petak tebang tanpa pengawasan yang memadai. Penebangan adalah suatu kegiatan yang dapat menyebabkan kerusakan parah, terutama jika dilakukan dengan sedikit pengawasan dan tanpa arahan (Marn & Jonker, 1981). Pemberian arahan pada kegiatan penebangan selama ini terbatas pada aspek limit diameter pohon dan kualitas kayu bulat yang diproduksi. Namun demikian, setelah dilakukan uji lebih lanjut (Lampiran 3 dan Lampiran 4) tidak terdapat perbedaan nyata pada kerusakan tegakan akibat kondisi topografi maupun intensitas penebangan.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kerusakan tegakan tinggal akibat penebangan lebih dipengaruhi oleh faktor keterampilan penebang (*operator chainsaw*). Untuk meminimalisir terjadinya kerusakan tegakan sebaiknya manajemen IPPHHK-HA memprioritaskan kebijakan peningkatan kompetensi penebang melalui pelatihan dan/atau penyegaran teknis penebangan ramah lingkungan bagi semua operator *chainsaw* di lapangan. Pada Lampiran 3 tampak bahwa risiko kerusakan tegakan cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya ukuran diameter pohon yang ditebang, sebagaimana disajikan pada Gambar 2.

Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa tipe kerusakan tegakan pada petak tebang L-40 dan M-41 didominasi oleh bagian batang pohon yang patah, tetapi di petak tebang N-42 banyak dijumpai pohon roboh/miring karena tertimpa

pohon yang ditebang (Gambar 3). Gambar 3 memperlihatkan bahwa tipe kerusakan berupa batang pohon patah pada kedua petak tebang L-40 dan M-41 tersebut disebabkan oleh banyaknya tumbuhan liana yang terdapat pada bagian tajuk dan saling mengkait antara tajuk pohon satu dengan pohon lainnya. Apabila liana yang mengkait tajuk tersebut tidak kuat maka menyebabkan kerusakan tajuk pada pohon lain. Hal ini juga dinyatakan oleh Hawthorne et al. (2011) bahwa penebangan pohon akan mengakibatkan kerusakan terhadap pohon di sekitarnya khususnya kerusakan pada tajuk.

Gambar 3 menunjukkan bahwa tipe kerusakan terbesar adalah patah batang (56,37%) dan roboh/miring (21,7%). Pradata (2012) menyatakan bahwa berdasarkan penelitiannya, tipe kerusakan terbesar akibat penebangan adalah patah batang (41,59%) dan rusak tajuk pohon (26,6%), sedangkan tipe kerusakan terkecil adalah pecah batang (3,54%) dan rusak banir (1,06%).

C. Kerusakan Tegakan Akibat Penyaradan

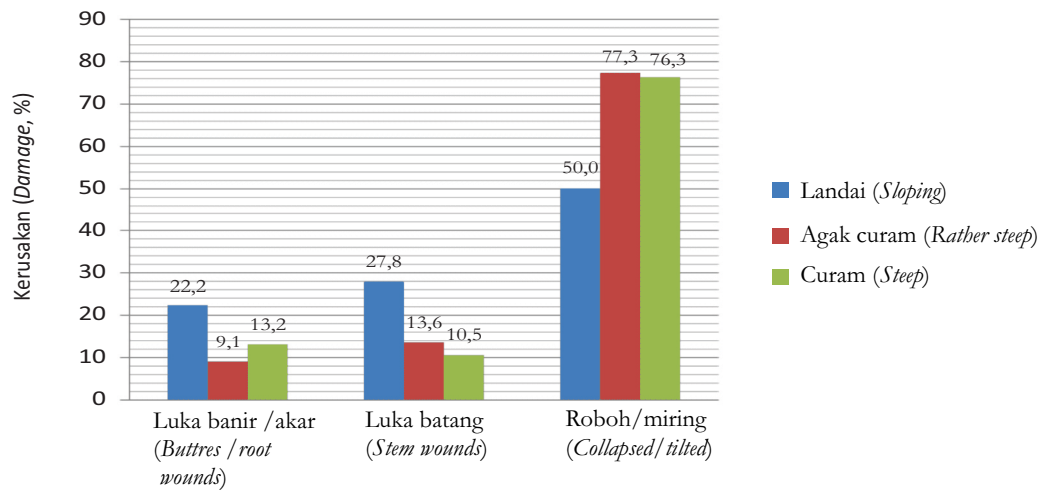
Hasil pengamatan kerusakan tegakan akibat penyaradan dapat dilihat pada Lampiran 4 dan rekapitulasinya disajikan pada Tabel 4. Tabel 4 menunjukkan derajat kerusakan tegakan akibat penyaradan berkisar antara 5,56 – 10,58% dengan rata-rata 8,1%. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa rendahnya kerusakan tegakan tersebut karena pembuatan trase jalan sarad sebagian menggunakan bekas jalan sarad rotasi tebang sebelumnya. Kerusakan tegakan tersebut lebih rendah dibandingkan penelitian

Ruslim (2016) yang mencapai 34,5%. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kerusakan akibat penyaradan berbeda tergantung metode pemanenan yang diterapkan, dan menyatakan bahwa tingkat kerusakan tegakan sepanjang jalan sarad pada metode pemanenan kayu *tree length logging* (25,4%) lebih rendah dibandingkan metode *tree length* dan *cut-to-length* yang mencapai 31% (Mirkala, 2017). Sedangkan penelitian Badraghi, Erler, dan Hosseini (2015) menunjukkan kerusakan tegakan dengan metode *tree length logging*, *long length logging*, dan *cut to length logging* masing-masing adalah 14,31%; 8,79% dan 18,19%.

Hasil pengamatan lebih lanjut terhadap tipe kerusakan tegakan akibat penyaradan pada berbagai kondisi topografi disajikan pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa tipe kerusakan tegakan yang paling umum dijumpai berupa pohon roboh/miring, tetapi pada areal yang landai didominasi oleh kerusakan pohon berupa luka banir/akar dan luka batang. Hasil penelitian Badraghi et al. (2015) menunjukkan bahwa tipe kerusakan tegakan dengan metode *tree length* didominasi oleh kerusakan pada akar pohon tetapi penyaradan dengan *long length method* dan *short length method* pada umumnya berupa luka pada batang pohon. Dalam kaitannya dengan resiko kelestarian, kegiatan penyaradan cenderung meningkatkan kematian pohon dalam waktu sangat singkat (Hawthorne et al., 2011). Bahkan, penyaradan dengan traktor sarad secara konvensional mengakibatkan kerusakan tegakan tiga kali lebih banyak. Tetapi, dengan penerapan teknik pemanenan kayu berdampak rendah

Tabel 4. Rekapitulasi rata-rata kerusakan tegakan akibat penyaradan kayu
Table 4. Recapitulation of average residual stand damage due to log skidding

Petak tebang (<i>Felling sites</i>)	Jumlah pohon berdiametr 20 cm ke atas/PCP (<i>Number of trees with diameter of 20 cm up/ sample plots</i>)	Tipe kerusakan tegakan (<i>Type of stand damage</i>)				
		Luka banir/akar (<i>Buttrees/root wounds</i>)	Luka batang (<i>Stem wounds</i>)	Roboh/miring (<i>Collapsed/tilted</i>)	Jumlah (<i>Total</i>)	
L-40	83	1	2	6	9	10,58
M-41	105	1	1	4	6	5,56
N-42	136	1	1	9	11	8,16
Rata-rata (<i>Averages</i>)	108,11	1,22	1,33	6,11	8,67	8,10



Gambar 4. Tipe kerusakan tegakan akibat penyaradan
Figure 4. Type of stand damage due to log skidding

Tabel 5. Rekapitulasi rata-rata kerusakan tegakan akibat pemanenan kayu
Table 5. Recapitulation of average residual stand damage due to wood harvesting

Petak tebang (<i>Felling sites</i>)	Jumlah pohon berdiameter 20 cm ke atas/PCP (<i>Number of trees with diamenter of 20 cm up/ sample plots</i>)	Jumlah pohon ditebang/PCP (<i>Number of felled trees/ sample plots</i>)	Kerusakan tegakan (<i>Stand damage, %</i>)		
			Akibat penebangan (<i>Due to felling</i>)	Akibat penyaradan (<i>Due to logs skidding</i>)	Jumlah (<i>Total</i>)
L-40	83	9	24,32	10,58	34,90
M-41	105	7	13,26	5,56	18,82
N-42	1,36	20	11,21	8,16	19,37
Rata-rata (<i>Averages</i>)	108,11	12	16,27	8,10	24,37

(*Reduced Impact Logging/RIL*) secara utuh (*comprehensive*) maka kerusakan tegakan akibat penyaradan dapat diminimalisir. Dalam teknik *RIL* jalan sarad dibuat lebih dahulu berdasarkan peta sebaran pohon dan kondisi topografi lapangan sehingga pola trase jalan sarad dihindarkan dari potensi pohon inti yang rapat (Ruslandi, 2013). Hasil penelitian pemanenan kayu dengan teknik *RIL* dapat menurunkan derajat kerusakan tegakan dibandingkan pemanenan kayu konvensional 13,62% dan mengurangi tingkat keparahan kerusakan tegakan (Muhdi & Hanafiah, 2007).

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 4 dapat diketahui kerusakan tegakan akibat pemanenan

kayu sebagaimana disajikan pada Tabel 5. Tabel 5 di atas menunjukkan bahwa kerusakan tegakan akibat pemanenan kayu berkisar antara 19,37 – 34,9% dengan rata-rata 24,37% atau termasuk kerusakan tegakan tingkat sedang. Kerusakan tegakan ini lebih rendah dibandingkan derajat kerusakan tegakan tinggal akibat pemanenan konvensional yang berkisar antara 33,15 – 38,1% (Muhdi, Elias, Murdiyarso, & Matangaran, 2014). Sedangkan Behjou dan Mollabashi (2012) menyatakan bahwa berdasarkan penelitiannya di hutan Chafroud di Iran Utara pada kondisi kemiringan lereng 20 – 60% maka setiap pohon ditebang mengakibatkan 10 pohon rusak.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Derajat kerusakan tegakan akibat pemanenan kayu berkisar antara 19,37 – 34,9% dengan rata-rata 24,37% terdiri dari kerusakan akibat penebangan (16,27%) dan akibat penyaradan kayu (8,1%). Bervariasinya derajat kerusakan tegakan akibat penebangan disebabkan oleh perbedaan kompetensi operator *chainsaw*. Tipe kerusakan tegakan akibat penebangan didominasi oleh patah pada batang pohon sedangkan penyaradan umumnya berupa pohon yang roboh/miring karena terdorong oleh traktor sarad.

B. Saran

Untuk meminimalisir kerusakan tegakan akibat pemanenan kayu pihak perusahaan perlu (a) memberikan pelatihan dan/atau penyegaran teknik penebangan dan penyaradan ramah lingkungan kepada operator *chainsaw* dan traktor sarad, dan (b) melaksanakan pemanenan kayu dengan teknik *RIL* secara baik dan benar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Kayu Tribuana Rama, Ir. Tandiono atas dukungan pendanaan dan Manajer Camp, Ir. Halimansyah beserta Manajer Perencanaan Hutan, Ir. Bambang Edy yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian di lapangan termasuk data dan informasi yang diberikan. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Dr. Dwi Sudharto, M.Si, Ir. Adang Sopandi, M.Sc, dan Dr. Wening Wulandari, M.Si yang telah memfasilitasi kegiatan kerjasama. Ucapan terima kasih dan penghargaan turut kami sampaikan kepada Prof. (R) Dulsalam dan Wesman Endom, B.ScF, M.Sc yang telah meluangkan waktunya membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Badraghi, N., Erler, J., & Hosseini, S. A. O. (2015). Residual damage in different ground logging methods alongside skid trails and winching strips. *Journal of Forest Science*, 61 (12), 526-534. doi: 10.17221/50/2015-JFS.

Behjou, K. F., & Mollabashi, O. G. (2012). Selective logging and damage to unharvested. *BioResources*, 7(4), 4867-4874.

Budiaman, A., & Pradata, A. A. (2013). Low impact felling distance and allowable number of felled trees in TPTI system, XIX(December), 194-200. doi: 10.7226/jtfm.19.3.194.

Canadell, J. G., & Raupach, M. R. (2008). Managing forests for climate change mitigation. *Science*, 320(5882), 1456-1457. doi: 10.1126/science.1155458.

Chao, S. (2012). *Forest peoples: Numbers across the world*. Forest Peoples Programme. United Kingdom.

Elias. (2002). Rasionalisasi kegiatan logging dan kondisi minimum struktur tegakan yang boleh ditebang dalam pengelolaan hutan alam tropika Indonesia. *Teknologi Hasil Hutan*, 15(1), 35-47.

Elias. (2008). *Pembukaan wilayah hutan* (Edisi I). Bogor: IPB Press.

Eroglu, H., Öztürk, U. O., Sönmez, T., Tilki, F., & Akkuzu, E. (2009). The impacts of timber harvesting techniques on residual trees, seedlings, and timber products in natural oriental spruce forests. *African Journal of Agricultural Research*, 4(3), 220-224.

FAO. (2010). *Global forest resources assessment 2010. America* (Vol. 147). Rome. Diakses dari http://doi.org/ISBN_978-92-5-106654-6, pada tanggal 20 Februari 2017.

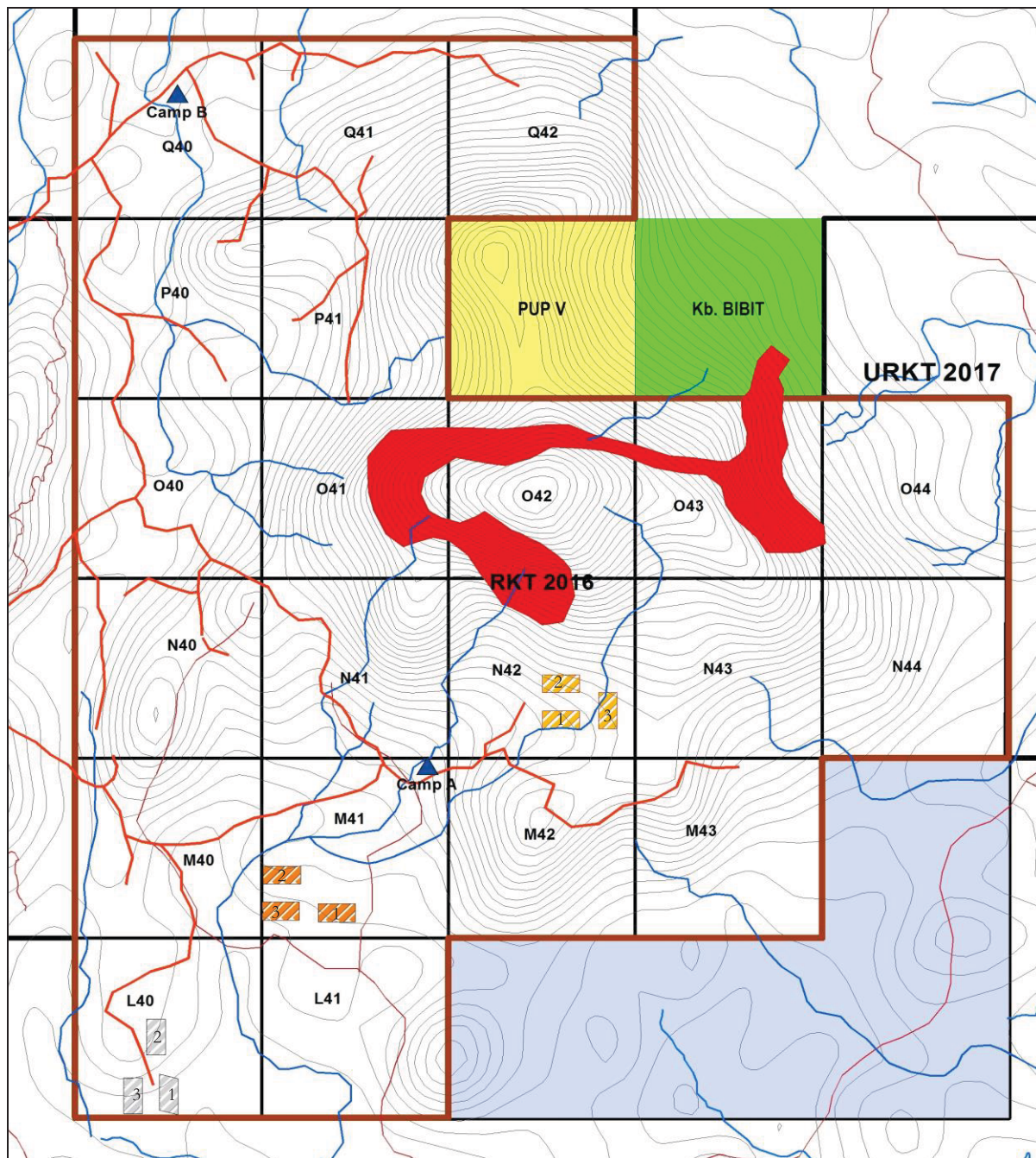
Hawthorne, W. D., Marshall, C. A. M., Juam, M. A., & Agyeman, V. K. (2011). *The impact of logging damage on tropical rainforests, their recovery and regeneration*. Ghana. Diakses dari http://doi.org/ISBN_9780850741688, pada tanggal 22 Februari 2017.

Indrawan, A. (2002). Penerapan sistem silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI) pada hutan dipterocarpaceae, hutan hujan dataran rendah di HPH PT Hugurya, Aceh. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* V(2), 75-88.

Kementerian Kehutanan (2002). Pedoman dan tata cara pemberian Izin Pemungutan Hasil

- Hutan (IPHH) pada hutan produksi. Kementerian Kehutanan, Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). *Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2015*. Pusat Data dan Informasi, Jakarta.
- Marn, H.M., & Jonker, W. (1981). *Logging damage in tropical high forest*. Forest Department, Kuching.
- Mirkala, R.M. (2017). Comparison of damage to residual stand due to applying two different harvesting methods in the Hyrcanian forest of Iran: cut-to- length vs. tree length. *Caspian Journal of Environment Science* 15(1), 13-27.
- Muhdi, Elias, Murdiyarso, D., & Matangaran, J.R. (2014). Kerusakan tegakan tinggal akibat pemanenan kayu *reduced impact logging* dan konvensional di hutan alam tropika (Studi kasus di areal IUPHHK PT Inhutani II, Kalimantan Timur). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 19(3), 303-310.
- Muhdi, & Hanafiah, D. S. (2007). Dampak pemanenan kayu berdampak rendah terhadap kerusakan tegakan tinggal di hutan alam (studi kasus di areal HPH PT. Suka Jaya Makmur, Kalimantan Barat). *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 9(1), 32-39.
- Pakhriazad, H.Z., Shinohara, T., Nakama, Y., & Yukutake, K. (2004). A Selective Management System (SMS): A case study in the implementation of SMS in managing the dipterocarp forests of Peninsular Malaysia. *Kyushu Journal of Forest Research*, 57(3), 39-44.
- Pradata, A. A. (2012). *Kerusakan tegakan tinggal akibat penebangan pohon di PT. Mamberamo Alasmandiri, Provinsi Papua*. (Skripsi) Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Putz, F. E., Zuidema, P., Synnott, T., Claros, M. P., & Pinard, M. A. (2012). Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: The attained and the attainable. *Conservation Letters*, 5(4), 296-303. doi: 10.1111/j.1755-263X.2012.00242.x.
- Rodríguez, C., Ramos, I. P., Ourcival, Limousin, Joffre, & Rambal. (2011). Is selective thinning an adequate practice for adapting *Quercus ilex* coppices to climate change? *Annals of Forest Science*, 68(3), 575-585. doi: 10.1007/s13595-011-0050-x.
- Ruslandi. (2013). *Penerapan pembalakan berdampak rendah-carbon (RIL-C)*. Jakarta: The Nature Conservancy.
- Ruslim, Y. (2016). Stand damage due to monocable winch and bulldozer yarding in a selectively logged tropical forest. *Journal Biodiversitas*, 17(1), 222-228. doi: 10.13057/biodiv/d170132.
- Sist, P., Fimbel, R., Sheil, D., Nasi, R., & Chevallier, M.-H. (2003). Towards sustainable management of mixed dipterocarp forests of South-East Asia: Moving beyond minimum diameter cutting limits. *Environmental Conservation*, 30(4), 364-374. doi: 10.1017/S0376892903000389.
- Suhartana, S., & Idris, M.M. (1996). Kondisi tegakan tinggal di kawasan dua perusahaan hutan di Riau. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 14(4), 129-137.
- Tavankar, F., Majnounian, B., & Bonyad, A.E. (2013). Felling and skidding damage to residual trees following selection cutting in Caspian forests of Iran. *Journal of Forest Science*, 59(5), 196-203.
- Wijayanti, A. (2013). *Kerusakan tingkat tiang dan pohon akibat penebangan intensitas rendah di IUPHHK-HA PT. Sari Bumi Kusuma, Kalimantan Tengah*, (Skripsi) Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wu, L., Liu, J., Takashima, A., Ishigaki, K., & Watanabe, S. (2013). Effect of selective logging on stand structure and tree species diversity in a subtropical evergreen broad-leaved forest. *Annals of Forest Science*, 70(5), 535-543. doi: 10.1007/s13595-013-0292-x.

Lampiran 1. Penempatan plot contoh pengamatan pada petak tebang
Appendix 1. Placement of sample observation plots on felling site



Keterangan (Remarks):

- = Jalan angkutan (Transport roads)
- = sungai/anak sungai (River/creeks)
- = garis kontur (Contour lines)
- = kawasan lindung (Protected areas)
- 1 = Plot contoh pengamatan (Sample observations plots)
- = Plot contoh pengamatan (Sample observations plots)
- = Plot contoh pengamatan (Sample observations plots)

Lampiran 2. Hasil inventarisasi pohon berdiameter 20 cm ke atas pada plot contoh
Appendix 2. Results of tree inventory with diameter of 20 cm up on sample observation plots

No.	Petak terbang/Uraian (<i>Felling sites</i>)	Diameter 20 - 39 cm			Diameter $\geq$ 40 cm		
		PCP-1	PCP-2	PCP-3	PCP-1	PCP-2	PCP-3
L-40							
A	Jenis dilindungi (<i>Protected species</i>)	1	3	1	4	4	7
B	Jenis boleh ditebang (<i>Species can be felled</i>)						
	1. Kelompok Kayu Meranti (<i>Meranti groups</i>)	36	40	41	11	22	16
	2. Kelompok Kayu Rimba Campuran (<i>Mixed timber species</i>)	24	10	13	8	3	2
	3. Kelompok Kayu Indah (<i>Fancy wood</i>)		2				
Jumlah (<i>Total</i>)		61	55	55	23	29	25
M-41							
A	Jenis dilindungi (<i>Protected species</i>)	11	4	7			1
B	Jenis boleh ditebang (<i>Species can be felled</i>)						
	1. Kelompok Kayu Meranti (<i>Meranti groups</i>)	52	61	86	11	22	16
	2. Kelompok Kayu Rimba Campuran (<i>Mixed timber species</i>)	7	7	11	8	3	2
	3. Kelompok Kayu Indah (<i>Fancy wood</i>)		2			1	4
Jumlah (<i>Total</i>)		70	74	104	19	26	23
N-42							
A	Jenis dilindungi (<i>Protected species</i>)	1	4	1		4	4
B	Jenis boleh ditebang (<i>Species can be felled</i>)						
	1. Kelompok Kayu Meranti (<i>Meranti groups</i>)	88	86	67	26	40	22
	2. Kelompok Kayu Rimba Campuran (<i>Mixed timber species</i>)	15	13	11	2	2	5
	3. Kelompok Kayu Indah (<i>Fancy wood</i>)	3	5	4	2	1	3
Jumlah (<i>Total</i>)		107	108	83	30	47	34

Lampiran 3. Kerusakan tegakan tinggal akibat penebangan
Appendix 3. Damage of residual stands due to felling

Petak tebang/PCP (Felling sites)	Luas (Area size, ha)	Jumlah pohon (Number of trees, ø 20 cm up)	Topografi (Topography)	Jumlah pohon ditebang (Number of felled trees)	Bentuk kerusakan pohon (Type of tree damage, pohon, Trees)				
					Tajuk (Crown)	Patah (Broken)	Luka batang (Stem wounds)	Roboh/miring (Collapsed/tilted)	Jumlah (Total)
L-40									
PCP 1	2	88	Landai (Sloping)	6	0	7	0	1	8
PCP 2	2	77	Agak curam (Rather steep)	13	0	19	0	3	22
PCP 3	2	83	Landai (Sloping)	8	2	15	7	1	25
Rata-rata (Average)		83		9	1	14	2	2	18
M-41									
PCP 1	2	88	Agak curam (Rather steep)	7	2	6		2	10
PCP 2	2	121	Curam (Steep)	8		10		2	12
PCP 3	2	107	Agak curam (Rather steep)	7		15	3		18
Rata-rata (Average)		105		7	1	10	1	1	13
N-42									
PCP 1	2	157	Curam (Steep)	14	3	4	3	4	14
PCP 2	2	151	Curam (Steep)	26	5	0	3	9	17
PCP 3	2	101	Agak curam (Rather steep)	19	0	3	0	5	8
Rata-rata (Average)		136		20	3	2	2	6	13
Rata-rata total (Grand averages)									
		108,11		12	1,33	8,78	1,78	3,00	14,89

Lampiran 4. Kerusakan tegakan tinggal akibat penyaradan kayu
Appendix 4 Damage of residual stands due to logs skidding

Petak tebang/PCP (Felling site)	Luas (Wide size, ha)	Jumlah pohon (Number of trees, θ 20 cm up)	Topografi (Topography)	Jumlah pohon ditebang (Number of felled tree)	Bentuk kerusakan pohon (Type of tree damage, pohon, Tree)			Jumlah (Total)
					Luka banir (Buttres wounds)	Luka batang (Stem wounds)	Roboh/miring (Collapsed/tilted)	
L-40								
PCP 1	2	88	Landai (Sloping)	6	0	0	3	3
PCP 2	2	77	Agak curam (Rather steep)	13	0	0	8	8
PCP 3	2	83	Landai (Sloping)	8	4	5	6	15
Rata-rata (Averages)		83		9	1	2	6	9
M-41								
PCP 1	2	88	Agak curam (Rather steep)	7	0	3	2	5
PCP 2	2	121	Curam (Steep)	8	2	0	9	11
PCP 3	2	107	Agak curam (Rather (Rather steep)	7	1	0	1	2
Rata-rata (Averages)		105		7	1	1	4	6
N-42								
PCP 1	2	157	Curam (Steep)	14	2	3	10	15
PCP 2	2	151	Curam (Steep)	26	1	1	10	12
PCP 3	2	101	Agak curam (Rather (Rather steep)	19	1	0	6	7
Rata-rata (Averages)		136		20	1	1	9	11
Rata-rata total (Grand averages)				12	1	1	6	9

Lampiran 5. Hasil uji kerusakan tegakan tinggal pada berbagai kondisi topografi
Appendix 5. Test result of residual stand damage due to various topography

Variabel bergantung (*Dependent variable*), kerusakan tegakan tinggal (*Residual stand damage*)

Sumber (<i>Sources</i>)	Jumlah kuadrat (<i>Sum of Squares</i>)	Derajat bebas (<i>Degrees of freedom</i>)	Jumlah kuadrat rata-rata (<i>Mean Square</i>)	F _{hitung} (F _{cal.})	Nyata (<i>Significant</i>)
Model terkoreksi (<i>Corrected model</i>)	95,250 ^a	2	47,625	0,366	0,711
Konstanta (<i>Intercept</i>)	2183,841	1	2183,841	16,775	0,009
Topografi (<i>Topography</i>)	95,250	2	47,625	0,366	0,711
Kesalahan percobaan (<i>Error</i>)	650,925	5	130,185		
Jumlah (<i>Total</i>)	3255,327	8			
Jumlah terkoreksi (<i>Corrected Total</i>)	746,175	7			

Keterangan (*Remarks*): a. Koefisien determinasi ($R \text{ Squared} / r^2$) = 0,128; r^2 yang disesuaikan ($Adjusted R \text{ Squared}$) = -0,221

Lampiran 6. Hasil uji kerusakan tegakan tinggal pada berbagai intensitas penebangan
Appendix 6. Test result of residual stand damage due to various felling intensity

Variabel bergantung (*Dependent variable*), kerusakan tegakan tinggal (*Residual stand damage*)

Sumber (<i>Sources</i>)	Jumlah kuadrat (<i>Sum of Squares</i>)	Derajat bebas (<i>Degrees of freedom</i>)	Jumlah kuadrat rata-rata (<i>Mean Square</i>)	F _{hitung} (F _{cal.})	Nyata (<i>Significant</i>)
Model terkoreksi (<i>Corrected model</i>)	510,397 ^a	2	255,198	3,226	0,126
Konstanta (<i>Intercept</i>)	4073,514	1	4073,514	51,496	0,001
Intensitas penebangan (<i>Felling intensity</i>)	510,397	2	255,198	3,226	0,126
Kesalahan percobaan (<i>Error</i>)	395,521	5	79,104		
Jumlah (<i>Total</i>)	5627,894	8			
Jumlah terkoreksi (<i>Corrected total</i>)	905,918	7			

Keterangan (*Remarks*): a. Koefisien determinasi ($R \text{ Squared} / r^2$) = 0,653; r^2 yang disesuaikan ($Adjusted R \text{ Squared}$) = 0,389