

DAMPAK PEMANENAN KAYU DENGAN TEKNIK *REDUCED IMPACT LOGGING* TERHADAP KERUSAKAN TEGAKAN SISA DI HUTAN ALAM

Muhdi

Departemen Ilmu Kehutanan USU Medan
Jln. Nazir Alwi No. 4, Kampus USU Medan – 20154
E-mail: muhdisyehamad@yahoo.com

ABSTRACT

This research examined the effect of Reduced Impact Logging (RIL) to residual stand damages in natural tropical forest, West Kalimantan. The effect of Reduced Impact Logging to residual stand were studied using the data of three plots with each size 100 m × 100 m are placed based on random at landing, middle skiddtrail and tips of skiddtrail, respectively. The objective of this research is to know the effect of reduced impact logging to residual stand damages in tropical forest. The results of the research showed that that the potency of commercial timber species in conventional timber harvesting and RIL were as follow 408 N/ha and 432 N/ha. The degree of residual stand damages based on tree population and stage of vegetation development in conventional timber harvesting and RIL was as follow: for seedlings 34.42% and 23.17%, for saplings 35.13% and 21.72%, for poles and trees 33.15% and 19.53%. Based on the size injury of every individual tree, the degree of the trees damages caused by timber harvesting in conventional timber harvesting and RIL was as follow: trees heavy injury 64.66% and 57.20%, trees medium injury 20.30% and 24.00%, and trees light injury 15.03% and 18.80%. The most type stand damage are the falling dawn 36.84% and 32.01% and broken trees 22.78% and 21.25%. These researches indicated that conventional timber harvesting in the tropical natural forest caused heavier damage on residual stand when compared with a Reduced Impact Logging.

Key words: damage, residual stand, timber harvesting, tree

PENGANTAR

Pemanenan kayu menyebabkan kerusakan yang tinggi pada tanah dan tegakan hutan yang memengaruhi regenerasi hutan (Sularso, 1996; Sukanda, 1998; Muhdi dan Elias, 2004; Dubé *et al.*, 2005). Pengurangan kerusakan akibat pemanenan kayu merupakan prasyarat untuk mencapai pengelolaan hutan lestari (*sustainable forest management*). Pengurangan kerusakan tanah dan tegakan dapat mengurangi siklus tebang karena menjamin regenerasi dan pertumbuhan tegakan komersial (Elias 1998; Sist *et al.*, 1998; Peña-Claros *et al.*, 2008; McDonald *et al.*, 2008; Rendón-Carmona *et al.*, 2009).

Perkembangan tegakan hutan dalam merespon kerusakan akibat pemanenan kayu merupakan hal yang sangat penting dalam penerapan praktik pengelolaan hutan (Attiwill, 1994; Pham *et al.*, 2004; Nagel dan Diaci, 2006). Kegiatan penebangan dan penyaradan kayu pada pemanenan kayu menyebabkan keterbukaan pada lantai hutan (Rodrego *et al.*, 2002; Muhdi, 2003).

Kegiatan pemanenan kayu dan perlakuan silvikultur di hutan alam tropika dapat menimbulkan perubahan yang cukup besar terhadap ekosistem hutan. Hasil penelitian Junaedi (2007); Indrawan (2000); dan Elias (1995) menunjukkan bahwa terjadinya kerusakan tegakan sisa akibat pemanenan kayu dan penerapan sistem silvikultur

di hutan berdampak terhadap vegetasi berupa kerusakan tegakan sisa dan perubahan struktur dan komposisi jenis di hutan alam tropika.

Potensi tegakan sisa setelah pemanenan kayu perlu dikaji untuk penyelamatan pohon-pohon muda dari jenis komersial agar tidak terjadi penurunan produksi pada siklus tebang berikutnya. Salah satunya adalah dengan melihat potensi tegakan setelah pemanenan kayu (Bobiec, 2007). 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 untuk mengetahui kerusakan tegakan sisa akibat pemanenan kayu dengan teknik *Reduced Impact Logging* (RIL) dan konvensional. Caranya adalah dengan mengetahui besarnya tingkat kerusakan tegakan sisa akibat pemanenan kayu dengan teknik RIL dan pemanenan kayu secara konvensional.

BAHAN DAN CARA KERJA

Penelitian lapangan dilaksanakan di areal HPH PT. Suka Jaya Makmur, Kalimantan Barat. Petak penelitian terdiri atas petak pemanenan kayu dengan teknik konvensional dan petak pemanenan kayu dengan teknik RIL. Petak penelitian ini masing-masing seluas 10–15 ha yang di dalamnya

dibuat 3 (tiga) plot permanen/pengukuran dengan ukuran masing-masing $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ (1 ha). Setiap plot permanen/pengukuran ini dibagi menjadi 25 subpetak dengan ukuran $20 \times 20\text{ m}^2$ (pohon), $10 \times 10\text{ m}^2$ (tiang), $5 \times 5\text{ m}^2$ (pancang) dan $2 \times 2\text{ m}^2$ (semai).

Plot-plot permanen/pengukuran diletakkan secara sistematis pada kedua petak penelitian sedemikian rupa sehingga mewakili tempat-tempat sebagai berikut: (1) Di lokasi tempat pengumpulan kayu (TPN), (2) Di lokasi jalan sarad utama, dan (3) Di lokasi jalan sarad cabang.

Teknik Pelaksanaan Pemanenan Kayu Konvensional

Pelaksanaannya dilaksanakan langsung oleh regu tebang dan sarad sesuai dengan yang diterapkan oleh perusahaan selama ini. Pemanenan kayu ini meliputi operasi penebangan dan penyaradan kayu.

Teknik Pelaksanaan Pemanenan *Reduced Impact Logging* (RIL)

Regu tebang dan regu sarad merupakan regu yang sama dengan pemanenan kayu konvensional, demikian pula peralatan pemanenan kayu yang digunakan. Sebelum pelaksanaan RIL dibuat perencanaan pemanenan kayu yang intensif meliputi: penentuan arah rebah, jaringan jalan sarad di atas peta dan ditandai di lapangan (Elias, 1998; Putz *et al.*, 2008). Regu tebang dan regu sarad sebelum melakukan kegiatan pemanenan kayu diberi pengarahan dan berdiskusi

terlebih dahulu, serta pada saat pelaksanaan disupervisi oleh peneliti.

Desain plot-plot permanen/pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1.

Data sekunder diperoleh melalui wawancara dan mengutip dari buku atau laporan-laporan yang ada sebagai sumber data. Pengumpulan data primer dilakukan melalui kegiatan pengamatan dan inventarisasi langsung di hutan pada plot permanen/pengukuran yang telah dibuat.

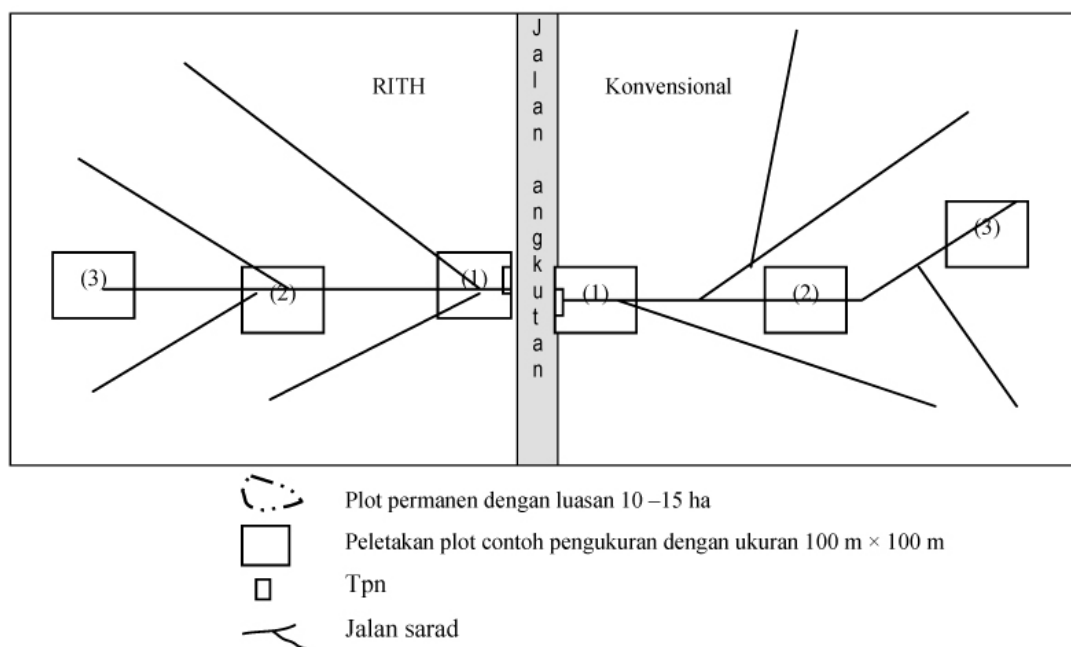
Pada setiap petak pengamatan, data yang diambil untuk tegakan tingkat pohon dan tiang meliputi: nama jenis, diameter pohon setinggi dada (1,3 m) atau 20 cm di atas banir, dan tinggi bebas cabang (Curtis dan McIntos, 1951; Mueller-Dombois dan Ellenberg, 1974).

Data kerusakan tegakan yang disebabkan oleh pemanenan kayu, dikumpulkan melalui pengamatan setelah penebangan dan penyaradan kayu antara lain: nama jenis pohon, diameter dan tipe kerusakan (Anonim, 1997; Kusmana, 1997).

HASIL

Potensi Tegakan

Inventarisasi tegakan dilakukan sebelum penebangan pada plot ukuran $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ (1 ha) pada petak penelitian teknik konvensional dan teknik RIL untuk melihat potensi tegakan sebelum kegiatan pemanenan kayu dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Desain plot-plot permanen/pengukuran

Tabel 1. Potensi tegakan per ha pada petak pemanenan kayu konvensional dan RIL

No.	Teknik Konvensional		Teknik RIL		
	Petak	N/ha	m ³ /ha	N/ha	m ³ /ha
I		386	242,304	448	225,921
II		382	302,393	430	253,402
III		455	242,655	417	202,602
Jumlah		1223	787,353	1295	681,927
Rata-rata		408,0	262,451	432,0	227,308

Untuk melihat gambaran sebaran potensi tegakan tingkat tiang dan pohon per kelas diameter dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

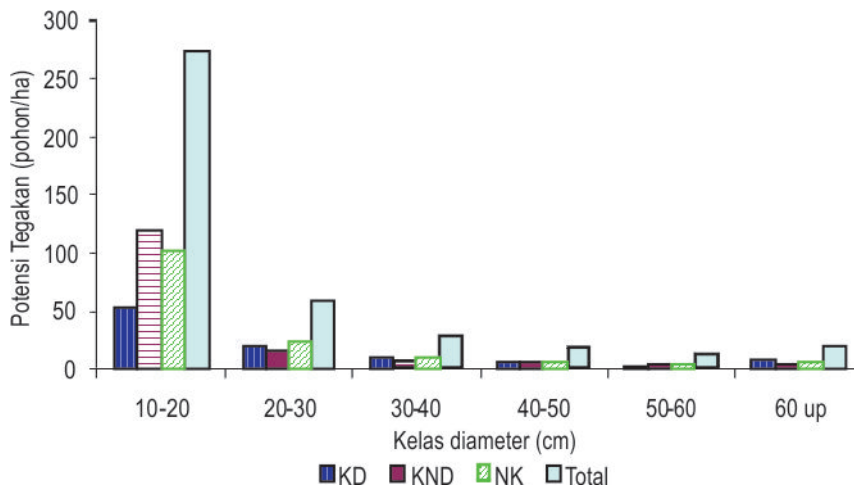
Tipe Kerusakan Tegakan Sisa

Tipe kerusakan tegakan sisa baik pemanenan kayu teknik konvensional maupun RIL ditentukan oleh jenis kegiatan dan tipe kerusakan pada individu pohon (Tabel 2).

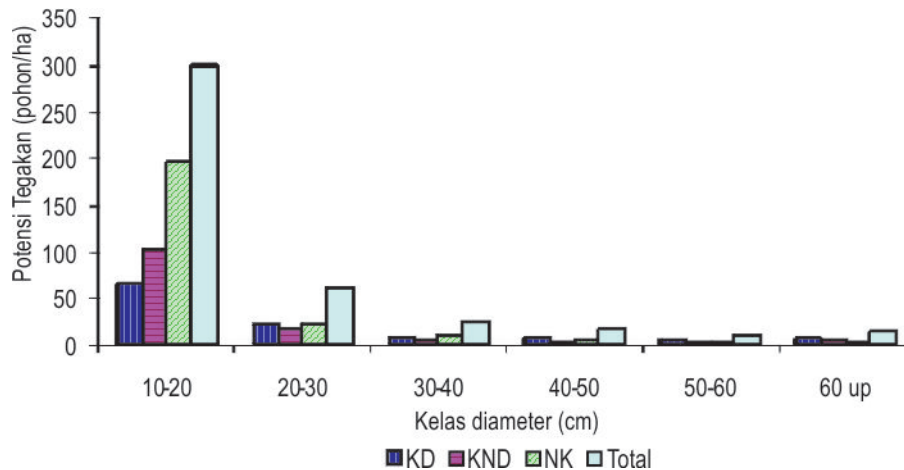
Kerusakan tegakan sisa berdasarkan tipe kerusakannya sebagai akibat kegiatan penebangan kayu, penyaradan kayu, dan pemanenan kayu dengan teknik konvensional maupun dengan teknik RIL dapat dilihat pada Gambar 4, 5, dan 6.

Tingkat Kerusakan Tegakan Sisa

Gambar 7 memperlihatkan bahwa besarnya tingkat kerusakan pada pemanenan kayu teknik RIL dan



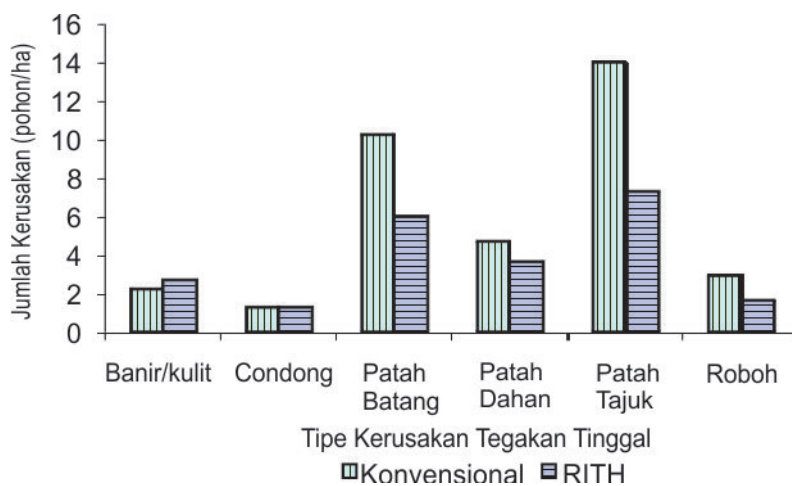
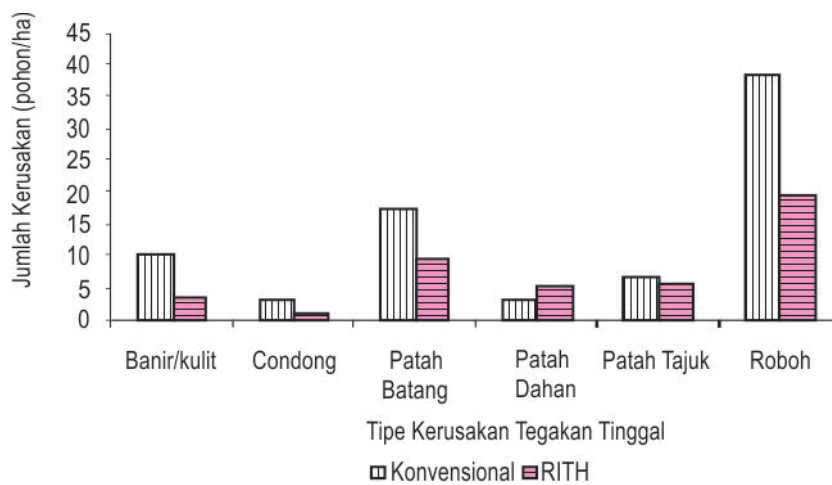
Gambar 2. Histogram potensi tegakan tingkat tiang dan pohon per kelompok jenis pada petak pemanenan kayu konvensional

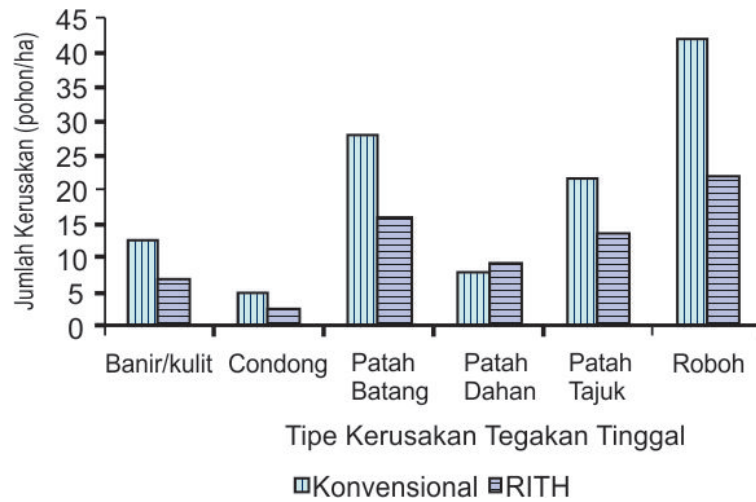


Gambar 3. Histogram potensi tegakan tingkat tiang dan pohon per kelompok jenis pada petak pemanenan kayu RIL

Tabel 2. Rata-rata kerusakan tegakan sisa tingkat tiang dan pohon berdasarkan tipe kerusakan akibat pemanenan kayu RIL dan konvensional.

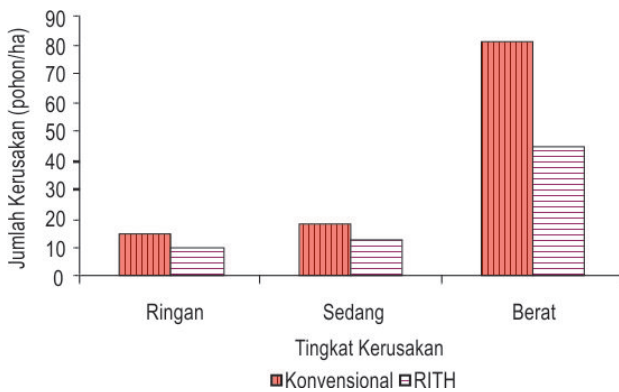
Teknik Pemanenan Kayu	Tipe Kerusakan	Setelah Penebangan		Setelah Penyaradan		Total Kerusakan	
		Jumlah Kerusakan	Persentase	Jumlah Kerusakan	Persentase	Jumlah Kerusakan	Persentase
Konvensional	Banir/Kulit	2,3	6,46	10,0	12,65	12,3	10,77
	Condong	1,3	3,65	3,3	4,17	4,6	4,02
	Patah	10,3	28,93	17,3	21,89	27,3	23,90
	Batang	4,7	13,20	3,0	3,79	7,7	6,74
	Patah Dahan	14,0	39,32	7,0	8,86	21,0	18,38
	Patah Tajuk	3,0	8,42	38,3	48,48	41,3	36,16
Jumlah		35,6	100	78,6	100	114,2	100
RIL	Banir/Kulit	2,7	11,89	3,7	8,27	6,4	9,49
	Condong	1,3	5,70	1,0	2,23	2,3	3,41
	Patah	6,0	26,43	9,3	20,80	15,3	22,70
	Batang	3,7	16,30	5,3	12,75	9,0	13,35
	Patah Dahan	7,3	32,15	5,7	11,85	13,0	19,28
	Patah Tajuk	1,7	7,48	19,7	44,07	21,4	31,75
Jumlah		22,7	100	44,7	100	67,4	100

**Gambar 4.** Jumlah kerusakan tegakan sisa tingkat tiang dan pohon akibat penebangan berdasarkan tipe kerusakan**Gambar 5.** Jumlah kerusakan tegakan tingkat tiang dan pohon akibat penyaradan berdasarkan tipe kerusakan



Gambar 6. Jumlah kerusakan tegakan tingkat tiang dan pohon akibat pemanenan kayu berdasarkan tipe kerusakan

konvensional didominasi oleh tingkat kerusakan berat, kemudian tingkat kerusakan sedang, dan tingkat kerusakan ringan.



Gambar 7. Histogram tingkat kerusakan berdasarkan besarnya luka pada tingkat tiang dan pohon akibat pemanenan kayu

Rata-rata tingkat kerusakan tegakan tingkat tiang dan pohon akibat pemanenan kayu berdasarkan populasi dalam petak dapat dilihat pada Tabel 3.

PEMBAHASAN

Potensi tegakan kedua petak pemanenan kayu didominasi oleh kelompok jenis non komersial dengan persentase rata-rata sebesar 39,27%, kemudian kelompok jenis komersial non Dipterocarpaceae 34,56% dan kelompok jenis komersial Dipterocarpaceae 26,17%. Demikian pula dengan sebaran diameter 10–19 cm mendominasi jumlah tegakan tingkat tiang dan pohon dengan persentase rata-rata 40,12%, kelas diameter 20–29 cm sebesar 39,33%, kelas diameter 30–39 cm sebesar 42,92%, kelas diameter 40–49 cm sebesar 33,98%. Kelompok jenis komersial Dipterocarpaceae mendominasi tegakan pada kelas diameter 50–59 cm sebesar 45,91% dan kelas diameter 60 cm up sebesar 46,21%.

Pemanenan kayu menyebabkan kerusakan tegakan sisa, tegakan sisa ini dapat dipanen kembali pada siklus tebang berikutnya. Berdasarkan tipe kerusakan tegakan sisa akibat kegiatan penebangan kayu dengan teknik konvensional dan RIL didominasi oleh patah tajuk (39,22%; 32,15%) dan patah batang (28,93%; 26,43%), kemudian patah dahan, roboh, kulit/banir, dan condong. Pada kegiatan penyaradan

Tabel 3. Rata-rata tingkat kerusakan tegakan tingkat tiang dan pohon akibat pemanenan kayu berdasarkan populasi dalam petak

Tek. PK	Kerapatan Tegakan (N/ha)		Intensitas Pemanenan		Jumlah Tegakan Sisa		Jumlah Pohon Rusak Akibat Penebangan				Total Kerusakan	
	N	V	N	V	N	V	Penebangan		Penyaradan		N	V
							N	V	N	V		
Konven.	407,6	262,45	6,0	32,70	375,3	229,75	35,7	25,37	78,6	43,72	114,3	69,09
RIL	432,0	227,30	5,3	38,14	426,7	189,16	22,7	7,32	44,7	15,47	67,3	22,79
Rataan	419,8	244,88	5,7	35,42	401,0	209,45	29,2	16,35	61,7	29,60	90,8	45,94

Keterangan: N = N/ha; V = m³/ha

kayu didominasi oleh tipe kerusakan roboh (48,48%; 44,07%). Tipe kerusakan patah tajuk dan patah batang akibat penebangan kayu pada kedua petak pemanenan sebagian besar berasal dari kelas diameter 10 cm–19 cm sebesar 36,36% dan berdiameter sedang 20–29 cm sebesar 27,27%.

Persentase rata-rata kerusakan tegakan sisa tingkat tiang dan pohon akibat penjaradan teknik konvensional dan RIL didominasi oleh tipe kerusakan roboh sebesar 48,48% dan 44,07%, kemudian patah batang sebesar 21,89% dan 20,80%; patah tajuk sebesar 8,86% dan 11,85%; terkelupas kulit/pecah banir 12,65% dan 8,27%; patah dahan 3,79% dan 12,75%; serta condong 4,17% dan 2,23%.

Pada kegiatan penjaradan terutama dalam pembuatan jalan sarad, terjadi kerusakan terhadap pohon-pohon yang dilalui oleh traktor akibat tergusur, terdongkel, dan terdorong ke kiri maupun ke kanan jalan sarad sehingga mengakibatkan pohon-pohon lain di sekitarnya mengalami kerusakan berupa rebah, patah batang, patah pucuk, condong, dan rusak kulit/pecah banir.

Jumlah kerusakan tingkat tiang dan pohon rusak akibat penjaradan teknik konvensional sebesar 78,6 pohon/ha. Sebaliknya kerusakan yang diakibatkan oleh kegiatan penjaradan dengan teknik RIL sebesar 44,7 pohon/ha. Data kerusakan tersebut menunjukkan bahwa penjaradan kayu dengan teknik RIL dapat menekan/mengurangi kerusakan tegakan sisa tingkat tiang dan pohon sebesar 4,67 pohon/ha atau 35,64%.

Jumlah rata-rata kerusakan tegakan tingkat tiang dan pohon per hektar akibat pemanenan kayu konvensional sebesar 114,2 pohon. Rata-rata kerusakan akibat pemanenan kayu RIL sebesar 67,4 pohon. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan diterapkan teknik pemanenan kayu RIL dapat mengurangi/menekan kerusakan tegakan sisa tingkat tiang dan pohon sebesar 6,36 pohon/ha atau 33,38% dari yang dihasilkan pada petak pemanenan kayu konvensional.

Pemanenan kayu dengan menggunakan peralatan berat seperti traktor *buldozer* menimbulkan kerusakan tegakan dan keterbukaan tanah lebih besar dibandingkan pemakaian sistem kabel atau menggunakan helikopter. Investasi dalam pemanenan kayu cukup besar berkisar 60–70% dari biaya perusahaan hutan. Namun alat ini lebih mudah dan fleksibel pemakaiannya untuk memproduksi kayu dalam jumlah besar.

Untuk menjaga kelangsungan perusahaan di bidang perusahaan hutan, aktifitas mekanis di hutan produksi, harus mendapatkan pengawasan dan perencanaan yang matang baik dari internal perusahaan maupun pemerintah, karena kesalahan dalam memanen kayu akan menimbulkan

kerusakan dan keterbukaan, dampak erosi, banjir dan kehilangan jenis vegetasi semakin besar.

Pemanenan kayu teknik RIL menunjukkan persentase kerusakan rata-rata per hektar sebesar 15,88%. Persentase kerusakan ini termasuk dalam tingkat kerusakan ringan (< 25%), yang terdiri dari kerusakan tegakan akibat penebangan 5,32% dan penjaradan 10,48% yang termasuk dalam kriteria rusak ringan (< 25%).

Dengan demikian pemanenan kayu teknik RIL menimbulkan kerusakan tegakan pada tingkat kerusakan ringan (< 25%), sedangkan pemanenan kayu konvensional menimbulkan kerusakan tegakan pada tingkat kerusakan sedang (25–50%). Dengan demikian, dengan melakukan sedikit penandapan arah rebah pohon yang ditebang pada pemanenan kayu RIL memperoleh hasil yang lebih baik daripada hasil yang diperoleh pada pemanenan kayu konvensional dalam perusahaan hutan dan berwawasan lingkungan.

Jumlah tegakan sisa tingkat tiang dan pohon rata-rata setelah pemanenan kayu teknik konvensional sebesar 287,4 pohon/ha (70,44%) dengan volume 165,26 m³ (63,00%). Sedangkan pemanenan kayu teknik RIL sebesar 358,8 pohon/ha (83,13%) dengan volume 163,24 m³/ha (71,91%). Tegakan sisa di atas berasal dari berbagai sebaran diameter, bahkan terdapat beberapa pohon berdiameter 60 cm ke atas yang tidak dipanen karena *gerowong*, kayu keras, dan terdapat beberapa jenis tidak ada pasaran kayu, serta pohon yang dilindungi dan pohon yang tidak dapat ditebang karena alasan keamanan baik bagi penebang maupun bagi kayu yang ditebang dan tegakan sisa.

Pedoman Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI) mensyaratkan minimal harus ada 25 pohon sehat dan komersial berdiameter 20 cm ke atas setiap hektar sebagai pohon inti. Pohon-pohon tersebut diharapkan akan membentuk tegakan utama pada rotasi berikutnya. Kenyataan di lapangan bahwa tegakan sisa tingkat tiang dan pohon dengan sebaran diameter 20 cm ke atas masih cukup banyak dan dalam kondisi baik untuk dipakai sebagai pengganti pohon inti yang mengalami kerusakan. Perbandingan antara kriteria yang ditetapkan dengan jumlah tegakan sisa setelah pemanenan kayu masih memenuhi kriteria penilaian baik dan persyaratan pedoman TPTI dimaksud (Anonim, 1993).

Berdasarkan prinsip-prinsip kelestarian hasil hutan, sebagai pengganti pohon inti tegakan sisa harus tersedia dalam jumlah yang cukup (Slik *et al.*, 2008). Menurut pedoman TPTI agar tercapai prinsip-prinsip kelestarian harus tersedia minimal 75 batang/ha untuk tingkat tiang dan 25 pohon/ha untuk jenis komersial dan sehat agar tercapai prinsip-prinsip kelestarian tersebut. Dari persyaratan

tersebut dan melihat jumlah tegakan sisa kedua petak di berbagai tingkatan tegakan yang sehat maka persyaratan tersebut dapat dicapai.

Penerapan di lapangan menunjukkan bahwa pemanenan kayu konvensional telah menyebabkan kerusakan pada tegakan tinggal dan tanah hutan. Pada areal hutan produksi di Kalimantan, pemanenan kayu konvensional umumnya menyebabkan kerusakan lebih dari 50% pada areal yang ditebang bila intensitas penebangan lebih dari 10 pohon/ha (Sist *et al.*, 2003). Pada hutan alam tropika, kerusakan tegakan tinggal rata-rata mencapai 53% dan pemadatan tanah sebesar $1,5 \text{ g/cm}^3$ (*bulk density*) mencakup 15–40% areal bekas tebangan Shukri dan Kamaruzzaman (2003) diacu Elias dan Vuthy (2006). Hal ini menunjukkan sistem mekanis dengan menggunakan traktor pada pemanenan kayu konvensional menghasilkan kerusakan tegakan tinggal dan tanah yang tinggi.

Perbaikan pengelolaan hutan berupa perbaikan teknik pemanenan kayu dari pemanenan kayu konvensional menjadi teknik pemanenan kayu ramah lingkungan (*Reduced Impact Logging/RIL*) menunjukkan pengurangan secara signifikan terhadap kerusakan hutan. Teknik *Reduced Impact Logging* (RIL) adalah pemanenan kayu yang direncanakan secara intensif dan terkendali dengan para pekerja terlatih agar dalam proses pemanenan kayu dampak yang ditimbulkan minimal. Pelaksanaan teknik *Reduced Impact Logging* di antaranya adalah perencanaan tempat pengumpulan kayu (TPN), perencanaan jaringan jalan, perencanaan jalan sarad, penentuan arah rebah, dan pemotongan liana. Tujuan praktik RIL antara lain untuk mengurangi ukuran dan jumlah TPn, mengurangi kerusakan tanah dan tegakan, mengurangi kerusakan pohon dan meningkatkan riap, serta mengurangi keterbukaan tanah (Putz *et al.*, 2008; Elias, 2006).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *Reduced Impact Logging* secara efektif dapat mengurangi kematian pohon dan kerusakan tegakan. Teknik RIL merupakan paktek pengelolaan hutan dapat mengurangi dampak pemanenan kayu dan meningkatkan produktivitas. Peña-Claros *et al.* (2008) menyatakan bahwa penggunaan teknik RIL di hutan tropis Bolivia dapat mengurangi kerusakan akibat pemanenan kayu. Tingkat pertumbuhan tegakan jenis komersial 50–60% lebih tinggi pada areal pemanenan kayu RIL dibandingkan dengan di areal konvensional.

Putz *et al.* (2008) menyatakan bahwa perbaikan pengelolaan hutan melalui teknik RIL (termasuk arah rebah, penyaradan kayu, dan pemotongan liana) mampu mengurangi kerusakan lingkungan hutan sampai dengan 50%, dan memangkas emisi sampai 30%. Teknik RIL dapat melindungi tingkat keanekaragaman hayati yang

lebih tinggi dan memberikan kemampuan hutan untuk pulih kembali lebih cepat dibandingkan *Conventional Logging* (CL). Perbaikan pengelolaan hutan berupa perbaikan teknik pemanenan kayu dari pemanenan kayu konvensional menjadi teknik pemanenan kayu ramah lingkungan (*Reduced Impact Logging*) menunjukkan pengurangan secara signifikan terhadap kerusakan hutan.

KEPUSTAKAAN

- Anonim. 1993. Pedoman dan Petunjuk Teknis Sistem Silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI). Dirjen Pengusahaan Hutan, Departemen Kehutanan RI, Jakarta: 12–7.
- Anonim. 1997. Petunjuk Pengukuran Lapangan Forest Harvesting End Product Landing Programe (FIEPLP). Jakarta: 38–55.
- Attiwill PM, 1994. *The Disturbance of Forest Ecosystems; The Ecological Basis for Conservative Management. Forest Ecology and Management* 63: 247–309.
- 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 Journal Ecology* 5(3): 441–55.
- Curtis JT, dan McIntosh RP, 1951. An Upland Forest Continuum in The Praire-forest Border Region of Wisconsin. *Ecology* 32(3): 476–96.
- Dubé P, Menard A, Bouchard A, dan Marceau DJ, 2005. *Simulating The Impact of Small Scale Extrinsic Disturbances over Forest Volumetric Environment. Ecology Modeling Journal* 182(2): 113–29.
- 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 Congres; Tempere, Finland: 6–12 August 1995.*
- Elias, 1998. Reduced impact wood harvesting in tropical natural forest in Indonesia. Forest-Case study 11. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome.
- Elias, 2006. Financial analysis of RIL Implementation in the forest concession area of PT Suka Jaya Makmur, West Kalimantan and It's future implementation option. In Proceeding in the ITTO – MoF Regional Workshops on RIL Implementation in Indonesiawith Reference to Asia-Pasific Region: Review and Experiences, Bogor, Indonesia.
- Elias dan Vuthy L, 2006. Taking Stock; Assessing Progress in Developing and Implementating Codes of Practice for Forest Harvesting in ASEAN Member Countries. FAO & ASEAN, RAP Publication, Jakarta: 113–24.
- Indrawan A, 2000. Perkembangan Suksesi Tegakan Hutan Alam Setelah Penebangan dalam Sistem Tebang Pilih Tanam Indonesia. *Disertasi, Program Pascasarjana IPB Bogor, Bogor: 67–9.*
- Junaedi 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, Bogor: 42–51.
- Kamaruzaman MP dan Shukri Wan Ahmad WM, 2003. Forest Harvesting Practices Towards Achieving Sustainable Forest Management in Peninsular Malaysia. *Proceedings of international expert meeting on the development and implementation of national codes of practice for forest harvesting issues and options*, Kisarazu City, Chiba Prefecture, Japan.
- Kusmana C, 1997. Metode Survey Vegetasi. IPB Press, Bogor, 123–31.
- Mueller-Dombois D, dan Ellenberg H, 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons, New York, 56–83.
- McDonald RI, Motzkin G, dan Foster DR, 2008. The effect of logging on vegetation composition in western Massachusetts. *Forest Ecology and Management* 255: 4021–31.
- Muhdi, 2003. Studi Keterbukaan Lantai Hutan Akibat Penebangan dan Penyaradan Kayu. *Jurnal Komunikasi Penelitian* 15(3): 62–73.
- Muhdi dan Elias, 2004. Dampak Teknik Pemanenan Kayu terhadap Tingkat Keterbukaan Tanah di Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmiah AGRISOL* 3(1): 27–34.
- Nagel TA., dan Diaci J., 2006. Intermediate Wind Disturbances in an Old-growth beech-fir Forest in Southeastern Slovenia. *Canadian Journal Forest Research* 36 (3): 629–38.
- Peña-Claros M, Frederickson TS, Alarcon A, Blate GM, Choque U, Leano C, Licona JC, Mostacedo B, Pariona W, Villegas Z, dan Putz FE., 2008. Beyond reduced Impact Logging; Silvicultural treatments to increase growth rates of tropical trees. *Forest Ecology and Management* 256: 1458–67.
- Pham AT, de Grandpré L, Gauthier S, dan Bergeron Y, 2004. Gap Dynamics and Replacement Patterns in Gaps of The Northeastern Boreal Forest of Quebec. *Canadian Journal Forest Research* 34: 353–64.
- Putz FE, Sist P, Frederickson T, dan Dykstra D, 2008. Reduced Impact Logging: Challenges and Opportunities. *Forest Ecology and Management* 256: 1427–33.
- Rendón-Carmona, Martínez-Yrizar A, Balvanera P, dan Pérez-Saliciup D, 2009. Selective Cutting of Woody Species in an Mexican Tropical Dry Forest: Incompatibility Between Use and Conservation. *Forest Ecology and Management* 257: 567–79.
- Rodrego PJ, Zweede J, Gregory PA, dan Kelle 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.
- Sist P, Nolan T, Bertault JG, dan Dykstra D, 1998. Harvesting Intensity vs Sustainability in Indonesia. *Forest Ecology and Management* 108: 251–60.
- Sist P, Sheil D, Kartawinata K, dan Priyadi H, 2003. Reduced Impact Logging in Indonesian Borneo: Some Results Confirming The Need for New Silvicultural Prescription. *Forest Ecology and Management* 179: 415–27.
- Slik JW, Bernard CS, Van Beek M, Breman FC, 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.
- Sukanda A, 1998. Pemanenan yang Terencana dan Terkendali untuk Meminimalisasi Kerusakan Hutan di Wanareset Sangai, Kalimantan Tengah. *Paper*.
- Sularso H, 1996. Analisis Kerusakan Tegakan Sisa Akibat Pemanenan Kayu Terkendali dan Konvensional Pada Sistem Silviculture Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI). *Tesis*, Pascasarjana IPB Bogor, Bogor: 78–108.

Reviewer: **Dr. Soepto Hariyanto**