

KERUSAKAN TEGAKAN TINGGAL PADA TEKNIK *REDUCED IMPACT LOGGING* DI INDONESIA: TINJAUAN SISTEMATIS

Residual Stand Damage of Reduced Impact Logging Technique in Indonesia: Systematic Review

Ahmad Budiaman*, Nazma Ardiana Nur Rahayu

Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Jln. Ulin, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia.

*Email: budiaman@apps.ipb.ac.id

Diterima : 29/01/2023, Direvisi :04/03/2023, Disetujui : 23/07/2023

ABSTRACT

Forest harvesting in the natural production forest management in Indonesia is mostly carried out using conventional logging techniques and causes serious damage to residual stands and soil resources. One of the efforts made to reduce this environmental damage is the application of reduced impact logging techniques. This study aimed to collect and analyze research results related to the damage to residual stands caused by Reduced Impact Logging in the natural production forest management in Indonesia. This study used a systematic review method. A systematic literature search was carried out at data sources such as Google Scholar, Research Gate, Science Direct, and SINTA, which were published between 1996-2021. All studies reported that applying Reduced Impact Logging techniques can reduce the damage to the residual stands. Logs skidding caused greater damage to the residual stands than tree felling. Most of the damage level of the residual stands in the Reduced Impact Logging technique was categorized as severe damage. The felling intensity was a determinant factor for the degree of damage to the residual stands caused by forest harvesting techniques, both Reduced Impact Logging and Conventional Logging techniques. The felling intensity of 8 trees/ha can be used as a maximum threshold in Reduced Impact Logging techniques.

Keywords: *conventional logging; forest management; reduced impact logging; residual stand*

ABSTRAK

Pemanenan hutan pada pengelolaan hutan produksi alam di Indonesia sebagian besar masih dilakukan dengan teknik konvensional dan menimbulkan kerusakan yang serius terhadap tegakan tinggal dan tanah. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengurangi kerusakan lingkungan hutan ini adalah dengan penerapan teknik pemanenan hutan berdampak rendah (*Reduced Impact Logging*). Penelitian ini bertujuan untuk menghimpun

dan menganalisis hasil-hasil penelitian terkait kerusakan tegakan tinggal yang ditimbulkan oleh teknik pemanenan *Reduced Impact Logging* pada perusahaan hutan produksi alam di Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode tinjauan sistematis (*systematic review*). Basis data penelitian ini merupakan pustaka primer yang dipublikasikan dalam kurun waktu 1996-2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknik *Reduced Impact Logging* dapat mengurangi tingkat kerusakan tegakan tinggal. Tahapan penyaradan kayu menimbulkan kerusakan tegakan tinggal yang lebih besar dibandingkan penebangan pohon. Sebagian besar tingkat kerusakan tegakan tinggal pada teknik *Reduced Impact Logging* tergolong dalam kategori kerusakan berat. Intensitas penebangan hutan merupakan faktor penentu tingkat kerusakan tegakan tinggal yang diakibatkan oleh teknik pemanenan hutan, baik teknik *Reduced Impact Logging* maupun *Conventional Logging*. Intensitas penebangan hutan sebesar 8 pohon/ha dapat digunakan sebagai ambang batas maksimum dalam teknik *Reduced Impact Logging*.

Kata kunci: hutan alam produksi; pemanenan konvensional; *Reduced Impact Logging*; tegakan tinggal

PENDAHULUAN

Pemanenan hutan pada pengelolaan hutan alam produksi di Indonesia telah dimulai sejak tahun 1970. Teknik pemanenan hutan yang digunakan bersifat konvensional (*conventional logging*, CL), yang dilakukan tanpa perencanaan dan supervisi yang baik, teknik penebangan dan penyaradan kayu yang buruk dan lemahnya pengawasan, sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan yang besar (Suhartana et al. 2022). Sejak tahun 1990-an, dengan munculnya tekanan global yang menghendaki agar seluruh kayu yang diolah oleh industri perkayuan berasal dari hutan yang dikelola secara lestari dan berkesinambungan (*sustainable forest management*), berbagai upaya perbaikan teknik pemanenan hutan mulai dilakukan. Salah satu upaya pengurangan dampak pemanenan hutan terhadap lingkungan dilakukan dengan menerapkan teknik RIL (Purwoko et al. 2018; Romero et al. 2021). RIL merupakan teknik pemanenan hutan yang direncanakan secara intensif dan dikontrol dengan hati-hati, yang dilakukan oleh pekerja terlatih dengan cara meminimalkan dampak negatif dari penebangan dan penyaradan kayu (Helmi et al. 2020; Soenarno et al. 2020; Ellis et al. 2021).

Sebagian besar perusahaan pengelolaan hutan alam produksi di Indonesia belum sepenuhnya menerapkan RIL dalam praktik pemanenan hutannya (Dulsalam et al. 2021). Operasi penebangan dan penyaradan kayu pada pengelolaan hutan produksi alam masih dilakukan oleh penebang pohon dan pengemudi sarad sewaan, yang belum terlatih dan pengawasan yang rendah, yang bekerja tanpa peta topografi atau pohon, tanpa jalur penyaradan kayu yang direncanakan dan ditandai di lapangan, dan tanpa insentif keuangan yang memadai untuk mengurangi dampak lingkungan akibat kegiatan penebangan dan penyaradan (Putz et al. 2000). Kizha et al. (2021) menyatakan bahwa hutan yang dipanen dengan teknik pemanenan konvensional, meskipun dengan intensitas pemanenan hutan yang rendah, akan kehilangan banyak nilai silvikulturnya, karena kerusakan tanah dan kerusakan pohon dan tanaman masa depan. Pengurangan kerusakan hutan akibat pemanenan hutan merupakan prasyarat untuk mencapai pengelolaan hutan yang berkelanjutan. Menurut Putz et al. (2008) dan Purwoko et al. (2018), RIL didesain untuk mengurangi kerusakan lingkungan hutan, terutama kerusakan tegakan tinggal dan tanah. Selain itu, pengurangan kerusakan tegakan tinggal apat memperpendek rotasi tebang, karena menjamin regenerasi dan pertumbuhan tegakan komersial.

Pemanenan hutan alam produksi di Indonesia masih terus berlangsung dan sebagian besar masih menggunakan teknik pemanenan konvensional, sehingga tujuan utama penelitian ini adalah untuk menilai dampak penggunaan teknik pemanenan ramah lingkungan terhadap kerusakan tegakan tinggal. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan apakah informasi ilmiah tentang dampak pemanenan hutan alam produksi dengan teknik RIL yang tersedia dalam literatur memadai untuk menggeneralisasi tingkat kerusakan tegakan tinggal pada perusahaan hutan alam produksi di Indonesia.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah tinjauan sistematis (*systematic review*). Tinjauan sistematis adalah suatu metode penelitian yang mengidentifikasi, mengevaluasi dan menginterpretasi semua hasil penelitian yang relevan terkait pertanyaan penelitian, topik, atau fenomena yang menjadi perhatian (Kitchenham 2004). Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu identifikasi (penelusuran literatur), penyaringan dan penilaian kelayakan literatur (Liberati et al. 2009). Untuk melakukan ini, kami menelusuri data: (1) kerusakan tegakan tinggal yang ditimbulkan oleh teknik pemanenan ramah lingkungan di perusahaan hutan alam produksi di Indonesia, (2) tahapan pemanenan hutan yang menimbulkan kerusakan tegakan tinggal, dan (3) tipe dan tingkat kerusakan tegakan tinggal. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menemukan batas ambang tingkat kerusakan tegakan tinggal akibat pemanenan hutan yang masih dapat diterima.

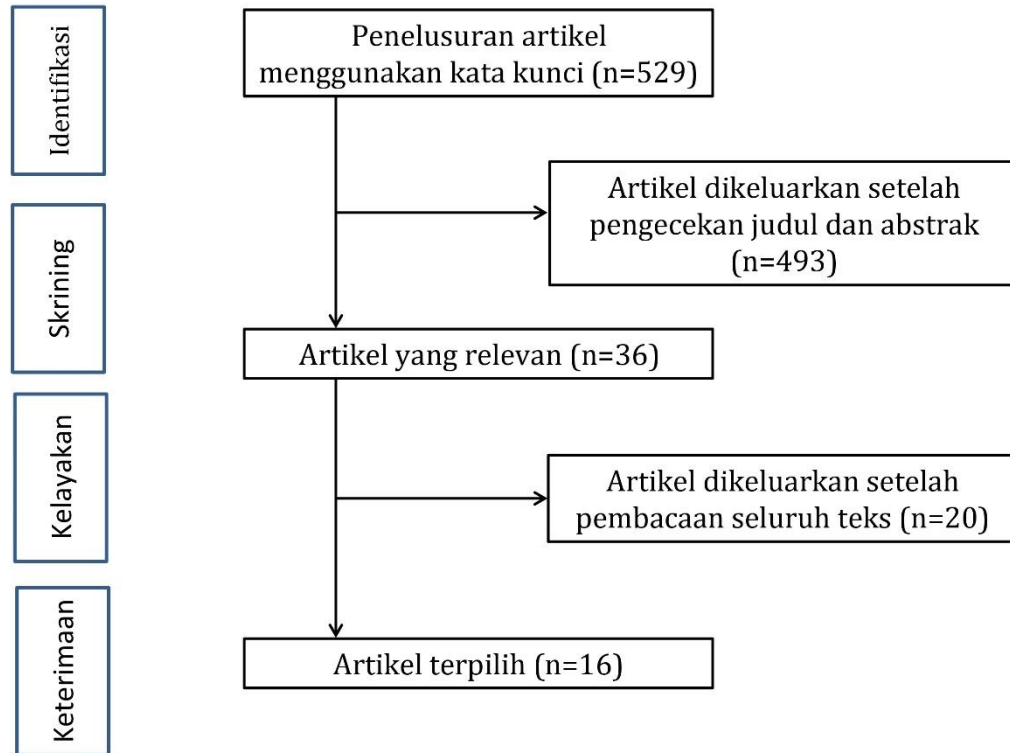
Pencarian artikel yang relevan dengan topik penelitian dimulai dengan penelusuran artikel yang berkaitan dengan dampak pemanenan hutan terhadap tegakan tinggal. Pencarian artikel dari jurnal dilakukan dengan menggunakan kombinasi berbagai kata kunci, seperti pemanenan hutan, penebangan, penyaradan, pemanenan hutan, pemanenan hutan konvensional, pemanenan hutan ramah lingkungan, pemanenan hutan terkendali, pemanenan hutan tersupervisi, pemanenan hutan terencana, dampak pemanenan hutan, dan kerusakan tegakan tinggal. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sumber data yang bersifat akses terbuka dan tanpa bayar, seperti SINTA, GARUDA, *Science Direct*, *Google Scholar* dan *Research Gate*. Artikel yang digunakan dalam penelitian adalah artikel yang dipublikasikan dari tahun 1980-2021.

Tahapan berikutnya setelah penelusuran literatur adalah penyaringan artikel. Pada tahap ini dilakukan pensortiran terhadap artikel yang duplikasi dengan cara mengekstraksi informasi dari judul dan abstrak. Tahapan terakhir dari metode tinjauan sistematis ini adalah penilaian kelayakan artikel. Artikel yang layak adalah artikel yang relevan dengan tujuan dan pertanyaan-pertanyaan penelitian dan memenuhi kriteria inklusi, yang selanjutnya layak digunakan untuk sintesis kualitatif dan kuantitatif. Keterimaan dilakukan dengan membaca keseluruhan isi artikel. Kriteria inklusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (1) artikel yang ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris; (2) penelitian dilakukan pada pemanenan hutan alam produksi di Indonesia; (3) menyajikan data minimal berupa persen kerusakan tegakan tinggal; (4) pustaka primer (bukan review artikel, prosiding konferensi/seminar, catatan teknis dan berita).

Analisis yang digunakan dalam tinjauan sistematis ini berupa analisis kualitatif atau sintesis tanpa meta analisis (Campbell et al. 2020). Sintesis kualitatif dilakukan dengan merangkum hasil-hasil penelitian secara komprehensif, membandingkan dan menarasikan hasil-hasil penelitian secara deskriptif.

Berdasarkan kombinasi kata kunci yang digunakan dalam proses pencarian literatur diperoleh sebanyak 529 artikel. Artikel yang di proses kembali sebanyak 36, dan sisnya (493 artikel) tidak diproses kembali. Selanjutnya artikel disaring dengan melihat keseluruhan isi teks,

sehingga didapatkan sebanyak 16 artikel. Artikel yang tersaring ini selanjutnya digunakan sebagai basis data dalam tinjauan sistematis ini. Proses lengkap seleksi artikel disajikan pada Gambar 1.



Sumber: Liberatl et al. (2009)

Gambar 1. Proses lengkap seleksi artikel berdasarkan kaidah PRISMA
Figure 1. The complete process of article selection based on PRISMA rules

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian terkait dampak penggunaan teknik RIL terhadap tegakan tinggal pada perusahaan hutan alam produksi di Indonesia dilakukan di pulau Kalimantan dan Sumatera. Sebagian besar (75%) penelitian dampak teknik RIL terhadap tegakan tinggal dilakukan di pulau Kalimantan, yang tersebar di empat provinsi, yaitu Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, Kalimantan Utara dan Kalimantan Tengah. Sementara jumlah penelitian dampak teknik RIL terhadap tegakan tinggal di pulau Sumatera sebanyak 4 artikel (25%), yang tersebar di provinsi Riau dan Jambi. Tipe penelitian dampak RIL terhadap tegakan tinggal pada perusahaan hutan alam produksi seluruhnya bersifat eksperimental, yaitu membandingkan teknik pemanenan RIL dan konvensional. Dari 16 artikel yang terseleksi, 64% penelitian dilakukan pada tahapan penebangan dan penyaradan, 21% pada kegiatan penyaradan dan 16% pada kegiatan penebangan saja.

Hasil tinjauan menunjukkan bahwa tegakan tinggal yang diamati dalam penelitian dampak RIL terhadap kerusakan tegakan tinggal meliputi semua tingkat pertumbuhan pohon, yang meliputi semai, pancang, tiang, dan pohon. Sebagian besar artikel mengukur kerusakan tegakan tinggal yang memiliki diameter terkecil 10 cm, dan hanya dua artikel yang mengukur kerusakan tingkat semai. Penelitian kerusakan tegakan tinggal akibat teknik RIL pada pengusaha hutan alam produksi menghasilkan data jumlah kerusakan tegakan tinggal yang bervariasi. Jumlah kerusakan tegakan tinggal teknik RIL lebih kecil dibandingkan teknik CL (*Conventional Logging*). Pada teknik RIL, jumlah kerusakan tegakan tinggal bervariasi dari 11,2-37,7 % dengan rata-rata sebesar 22,7 %. Sementara pada teknik CL, jumlah kerusakan tegakan tinggal yang terjadi bervariasi dari 13,1-46,4 % dengan rata-rata sebesar 33,6%. Teknik RIL mengurangi kerusakan tegakan tinggal sebesar 10,8% dari kerusakan yang ditimbulkan oleh teknik CL (Tabel 1). Berdasarkan penelusuran literatur diperoleh bahwa rata-rata intensitas penebangan teknik RIL lebih besar daripada teknik CL. Intensitas penebangan yang digunakan pada teknik RIL berkisar dari 5-10,7 pohon/ha dengan rata-rata sebesar 8,5 pohon/ha, sedangkan pada teknik CL berkisar dari 5-10,1 pohon/ha dengan rata-rata sebesar 7,8 pohon/ha. Hasil ekstraksi literatur terpilih menunjukkan bahwa rata-rata intensitas penebangan RIL sebesar 8,5 pohon/ha mengakibatkan kerusakan tegakan tinggal sebesar 22,7%, sedangkan rata-rata intensitas penebangan teknik CL RIL sebesar 7,8 pohon/ha menghasilkan kerusakan tegakan tinggal sebesar 33,6%.

Tabel 1. Kerusakan tegakan tinggal teknik *Reduced Impact Logging* dan *Conventional Logging* pada pengusaha hutan alam produksi di Indonesia

Table 1. Residual stand damage of *Reduced Impact Logging* and *Conventional Logging* techniques in the production natural forests in Indonesia

No.	Penulis	RIL			CL			PK (%)
		IP			IP			
		N (pohon/ha)	V (m ³ /ha)	KTT (%)	N (pohon/ha)	V (m ³ /ha)	KTT (%)	
1	Sist et al. 1998	10,7	96,8	30,5	10,1	107,2	48,4	17,9
2	Idris dan Suhartana 1996	8,7	-	11,2	9	-	13,1	1,9
3	Soenarno et al. 2020	9	-	37,7	9	-	38,3	0,6
4	Suhartana dan Dulsalam 2000	10	-	24,7	10	-	38,2	13,5
5	Muhdi dan Hanafiah 2007	-	-	19,5	-	-	33,2	13,7
6	Muhdi et al. 2012	5	43,5	23,5	5	40,83	38,1	14,6
7	Sist et al. 2003	7,6	83,0	14,5	7,3	60,0	24,7	10,2
8	Bertault dan Sist 1997	-	23,3	30,5	-	59,6	48,1	17,6
9	Muhdi 2009	-	-	22,7	-	-	35,6	12,9
10	Suhartana 2002	8,5	-	12,5	7	-	17,9	5,4
Rataan		8,5	61,7	22,7	7,8	66,9	33,6	10,8

Catatan: IP=intensitas penebangan; N=jumlah pohon; V=volume; KTT=kerusakan tegakan tinggal; PK=penurunan kerusakan.

Tabel 2 menyajikan data kerusakan tegakan tinggal akibat teknik RIL dan CL berdasarkan tahapan pemanenan. Terdapat 12 penelitian yang mengukur kerusakan tegakan tinggal berdasarkan tahapan pemanenan. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa tahap penyaradan kayu

menghasilkan kerusakan tegakan tinggal yang lebih besar dibandingkan penebangan pohon, baik pada teknik RIL maupun CL. Pada teknik RIL, jumlah kerusakan tegakan tinggal akibat penyaradan sebesar 13,3%, sedangkan penebangan sebesar 9,7%. Sementara pada teknik CL, jumlah kerusakan tegakan tinggal akibat penyaradan sebesar 20,5%, sedangkan penebangan sebesar 14,5%. Penebangan pohon dan penyaradan kayu pada teknik RIL mengurangi kerusakan tegakan tinggal berturut-turut sebesar 4,3% dan 7,9% dari kerusakan yang ditimbulkan oleh teknik CL (Tabel 2).

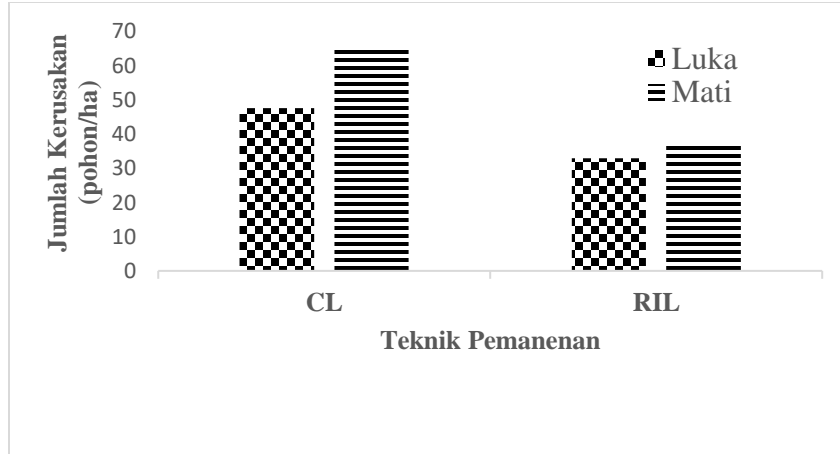
Tabel 2. Kerusakan tegakan tinggal akibat penebangan pohon dan penyaradan kayu pada teknik *Reduced Impact Logging* dan *Conventional Logging*

Table 2. Residual stand damage due to felling and skidding in the *Reduced Impact Logging* and *Conventional Logging* techniques

No.	Penulis	RIL		CL		PK	
		Tebang (%)	Sarad (%)	Tebang (%)	Sarad (%)	Tebang (%)	Sarad (%)
1	Sist et al. 1998	12,2	18,4	19,4	29,0	7,2	10,6
2	Muhdi dan Hanafiah 2007	5,3	10,5	-	-	-	-
3	Suhartana dan Yuniawati 2019	-	17,1	-	-	-	-
4	Bertault dan Sist 1997	16,4	19,0	17,3	29,9	0,9	10,9
5	Bertault dan Sist 1997	11,8	16,9	-	-	-	-
6	Suhartana 2001	7,1	-	11,8	-	4,7	-
7	Sukadaryati dan Dulsalam 2002	9,9	-	15,3	-	5,4	-
8	Muhdi 2009	5,3	10,3	8,7	19,7	3,4	9,4
9	Suhartana 2002	-	12,5	-	17,9	-	5,4
10	Suhartana 1997	-	8,4	-	13,5	-	5,1
11	Suhartana dan Idris 1998	-	8,3	-	13,5	-	5,2
12	Sukadaryati et al 2002	-	11,3	-	20,2	-	8,9
Rataan		9,7	13,3	14,5	20,5	4,3	7,9

Catatan: PK=penurunan kerusakan

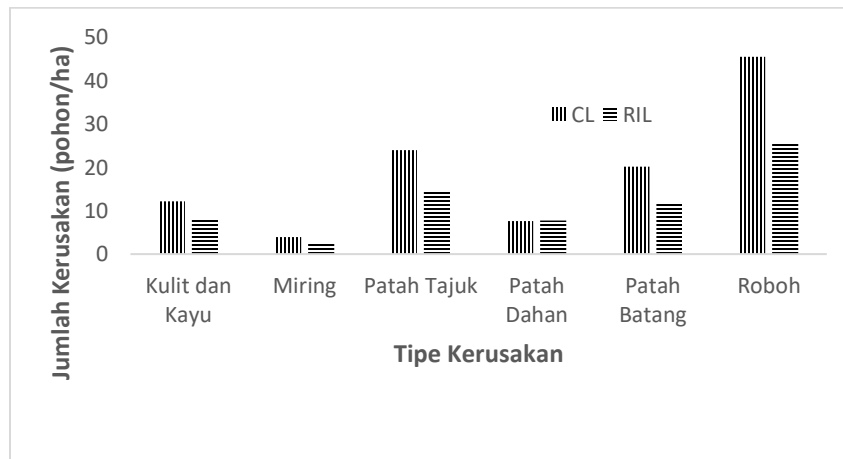
Hasil tinjauan menunjukkan bahwa terdapat 6 artikel yang meneliti tipe kerusakan tegakan tinggal. Tipe kerusakan yang diamati terdiri atas dua kategori, yaitu luka dan mati. Terdapat empat tipe kerusakan tegakan tinggal dalam kategori luka, yaitu (1) rusak kulit/kayu; (2) miring/condong; (3) patah dahan; dan (4) patah tajuk. Sementara untuk kategori mati, tipe kerusakannya adalah patah batang dan roboh (akar tercerabut). Hasil tinjauan menunjukkan bahwa tegakan tinggal yang mati lebih besar dibandingkan yang luka, baik pada teknik RIL maupun CL. Pada teknik RIL, rata-rata jumlah tegakan tinggal yang mati sebesar 37 pohon/ha, sedangkan yang luka sebesar 33 pohon/ha. Pada teknik CL, rata-rata jumlah tegakan tinggal yang mati sebesar 66 pohon/ha, sedangkan yang luka sebesar 48 pohon/ha (Gambar 2).



Gambar 2. Kategori kerusakan tegakan tinggal teknik *Reduced Impact Logging* dan *Conventional Logging*.

Figure 2. Category of residual stand damage in the *Reduced Impact Logging* and *Conventional Logging* techniques.

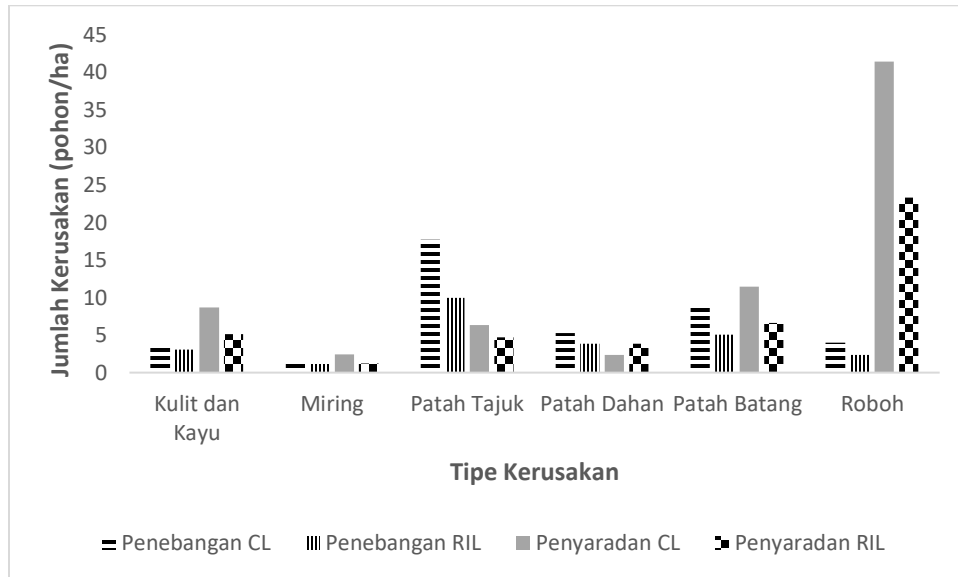
Hasil tinjauan menunjukkan bahwa jumlah total pohon rusak pada teknik RIL sebesar 70 pohon/ha dan untuk teknik CL sebesar 113 pohon/ha. Tipe kerusakan tegakan tinggal akibat pemanenan dengan teknik RIL didominasi oleh pohon roboh (26 pohon/ha), patah tajuk (15 pohon/ha), patah batang (12 pohon/ha), kulit dan kayu rusak dan patah dahan yang jumlahnya masing-masing sebesar 8 pohon/ha, dan pohon miring (2 pohon/ha). Pada teknik CL, sebaran tipe kerusakan tegakan tinggal yang terjadi tidak jauh berbeda dengan teknik RIL, yang mana pohon roboh merupakan tipe kerusakan terbanyak (45 pohon/ha), diikuti oleh patah tajuk (24 pohon/ha), patah batang (20 pohon/ha), kulit dan kayu rusak (12 pohon/ha), dan pohon miring (4 pohon/ha). Sebaran jumlah kerusakan tegakan tinggal akibat teknik RIL dan CL berdasarkan tipe kerusakan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tipe kerusakan tegakan tinggal teknik *Reduced Impact Logging* dan *Conventional Logging*.

Figure 3. Type of residual stand damage in *Reduced Impact Logging* and *Conventional Logging* techniques.

Gambar 4 menyajikan data tipe kerusakan tegakan tinggal akibat teknik RIL dan CL berdasarkan tahapan pemanenan. Sebaran tipe kerusakan tegakan tinggal pada teknik RIL memiliki pola yang sama dengan teknik CL. Tipe kerusakan tegakan tinggal akibat penebangan pada teknik RIL didominasi oleh patah tajuk (10 pohon/ha), kemudian diikuti patah batang (5 pohon/ha), patah dahan (4 pohon/ha), kulit dan kayu rusak (3 pohon/ha) dan terakhir miring (1 pohon/ha). Sementara itu, tipe kerusakan tegakan tinggal pada kegiatan penyaradan didominasi oleh tipe kerusakan roboh (23 pohon/ha), diikuti oleh patah batang (7 pohon/ha), kulit dan kayu rusak (5 pohon/ha), patah tajuk (5 pohon/ha), patah dahan (4 pohon/ha), dan terakhir pohon miring sebesar 1 pohon/ha.



Gambar 4. Tipe kerusakan tegakan tinggal teknik *Reduced Impact Logging* dan *Conventional Logging* berdasarkan tahapan pemanenan hutan.

Figure 4. Type of residual stand damage in *Reduced Impact Logging* and *Conventional Logging* techniques based on forest harvesting step.

Hasil tinjauan menunjukkan bahwa derajat kerusakan tegakan tinggal akibat teknik RIL memiliki pola yang sama dengan teknik CL. Sebagian besar derajat kerusakan tegakan tinggal yang terjadi termasuk dalam kategori berat, kemudian diikuti kerusakan sedang dan rendah. Pada teknik RIL, tegakan tinggal yang mengalami kerusakan berat sebesar 64%, kerusakan sedang 20% dan rendah 16%. Sementara pada teknik CL, sebanyak 66% tegakan tinggal mengalami kerusakan berat, kerusakan sedang sebesar 20% dan rendah sebesar 14%. Derajat kerusakan tegakan tinggal akibat teknik RIL dan teknik CL disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Derajat kerusakan tegakan tinggal teknik *Reduced Impact Logging* dan *Conventional Logging*.

Figure 5. Degree of residual stand damage in *Reduced Impact Logging* and *Conventional Logging* techniques.

Kerusakan tegakan tinggal merupakan salah satu indikator penting dari kualitas teknik pemanenan hutan. Teknik pemanenan hutan yang tepat dan ramah lingkungan akan memberikan dampak kerusakan tegakan tinggal yang kecil. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa teknik RIL terbukti mampu mengurangi kerusakan tegakan tinggal sebesar 10,8% dari kerusakan tegakan tinggal yang ditimbulkan oleh teknik CL. Rata-rata kerusakan tegakan tinggal akibat teknik RIL di Indonesia sebesar 22,7 %. Besarnya tingkat kerusakan tegakan tinggal akibat teknik RIL di Indonesia tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian yang dilakukan di negara tropis lainnya seperti di Malaysia dan Brasil. Tingkat kerusakan tegakan tinggal akibat teknik RIL di Brazil sebesar 22% (Putz et al. 2000) dan di Malaysia sebesar 29% (Pinard et al. 2000). Intensitas penebangan hutan merupakan faktor utama yang menentukan tingkat kerusakan tegakan tinggal akibat penerapan suatu teknik pemanenan hutan, baik teknik RIL maupun CL. Rata-rata intensitas penebangan hutan pada teknik RIL sebesar 8,5 pohon/ha, sementara pada teknik CL sebesar 7,8 pohon/ha. Meskipun intensitas penebangan hutan RIL lebih besar dibandingkan teknik CL, namun tingkat kerusakan tegakan tinggal yang dihasilkan teknik RIL lebih kecil dibandingkan teknik CL. Hasil tinjauan mengindikasikan bahwa intensitas penebangan sebesar 8 pohon/ha dapat dijadikan sebagai ambang batas intensitas penebangan pada teknik pemanenan hutan yang berwawasan lingkungan. Sist et al. (1998) menyatakan bahwa jika intensitas penebangan hutan lebih besar dari 8 pohon/ha, maka efektivitas teknik RIL akan berkurang, meninggalkan tegakan masa depan yang sedikit dan kapasitas hasil yang rendah. Lebih lanjut Khai et al. (2020) dan Matangaran et al. (2019) melaporkan bahwa hubungan antara intensitas penebangan hutan dengan kerusakan tegakan tinggal adalah linear. Semakin kecil intensitas penebangan hutan, semakin kecil pula kerusakan tegakan tinggal yang akan terjadi dan penerapan suatu teknik pemanenan hutan akan lebih efektif. Budiaman dan Pradata (2013) melaporkan bahwa intensitas penebangan sebesar 1 pohon/ha dapat menimbulkan kerusakan tegakan tinggal sebesar 2,1%.

Hasil tinjauan menunjukkan bahwa tahap penyaradan kayu menghasilkan kerusakan tegakan tinggal yang lebih besar dibandingkan penebangan pohon, baik pada teknik RIL maupun CL. Penebangan pohon dan penyaradan kayu pada teknik RIL mengurangi kerusakan tegakan

tinggal berturut-turut sebesar 4,3% dan 7,9% dari kerusakan yang ditimbulkan oleh teknik CL. Hasil tinjauan mendapatkan data yang serupa dengan penelitian sebelumnya. Bodaghi et al. (2020) melaporkan bahwa sebagian besar kerusakan tegakan tinggal terjadi pada saat ekstraksi kayu (penyaradan kayu) menggunakan traktor. Lebih lanjut Yuniawati dan Dulsalam (2020) dan Mirkala (2017) melaporkan bahwa penyebab tingginya tingkat kerusakan tegakan tinggal pada proses penyaradan kayu adalah kegiatan pembersihan lahan untuk pembuatan jalan sarad dan manuver traktor pada saat mengekstraksi kayu dari tunggak menuju ke tempat pengumpulan kayu.

Hasil tinjauan menunjukkan bahwa tegakan tinggal yang mati (*destroyed*) lebih besar dibandingkan yang luka (*injured*), baik pada teknik RIL maupun CL. Sebagian besar tegakan tinggal yang mati kebanyakan terjadi akibat penyaradan kayu, sedangkan tegakan tinggal yang luka terjadi akibat penebangan pohon. Tegakan tinggal yang mati akibat penyaradan kayu merupakan tegakan tinggal yang sebagian besar roboh akibat dorongan traktor penyarad dan memiliki derajat kerusakan berat. Tegakan tinggal ini tidak dapat tumbuh kembali dikarenakan akarnya tercerabut. Sementara itu, penebangan pohon mengakibatkan kerusakan tegakan tinggal yang lebih ringan dan masih memiliki peluang untuk dapat tumbuh kembali. Jumlah tegakan tinggal yang mati akibat penebangan hutan adalah lebih kecil dibandingkan tegakan tinggal yang luka. Tegakan tinggal yang mati akibat penebangan pohon merupakan tegakan tinggal yang mengalami patah batang dan pohon miring dengan derajat kerusakan berat. Penelitian ini memperoleh hasil yang serupa dengan penelitian yang dilakukan di negara lain. Tavankar et al. (2013) melaporkan bahwa penyaradan kayu di hutan Caspia di Iran merupakan penyebab kematian pohon, sedangkan penebangan pohon merupakan penyebab pohon luka. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa keberhasilan teknik RIL dalam mengurangi kerusakan tegakan tinggal disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah perencanaan pemanenan yang tepat, sistem pengawasan yang baik, organisasi pekerjaan yang jelas, kerjasama dan komunikasi yang baik, terutama antara regu penebang dan regu penyarad kayu, sumberdaya manusia yang terlatih dan kompeten, serta sistem pengupahan yang memadai yang mendorong pada upaya penurunan kerusakan lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah merangkum hasil-hasil penelitian tentang kerusakan tegakan tinggal akibat teknik RIL pada pengelolaan hutan alam produksi di Indonesia. Seluruh penelitian mendapatkan hasil bahwa teknik RIL dapat mengurangi tingkat kerusakan tegakan tinggal. Tahapan penyaradan kayu menimbulkan kerusakan tegakan tinggal yang lebih besar dibandingkan penebangan pohon. Sebagian besar tingkat kerusakan tegakan tinggal pada teknik RIL tergolong dalam kategori kerusakan berat. Intensitas penebangan hutan merupakan faktor penentu (*determinant factor*) tingkat kerusakan tegakan tinggal yang diakibatkan oleh teknik pemanenan hutan, baik teknik RIL maupun CL. Intensitas penebangan hutan sebesar 8 pohon/ha dapat digunakan sebagai ambang batas maksimum dalam teknik RIL. Penelitian ini merekomendasikan agar ambang batas maksimum intensitas penebangan hutan perlu dinyatakan dalam preskripsi sistem silvikultur yang digunakan dalam pengelolaan hutan alam produksi di Indonesia, agar tingkat kerusakan lingkungan dari teknik pemanenan hutan yang digunakan berada dalam rentang yang masih dapat diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertault, J.G. & Sist, P. (1997). An experimental comparison of different harvesting intensities with reduced-impact and conventional logging in East Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 94, 209-218.
- Bodaghi, A.I., Nikooy, M., Naghdi, R., & Tavankar, F. (2020). Logging damage to residual trees during sustainable harvesting of uneven-age stands in the Hyrcanian forests of Iran. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 50, 1-11. doi: [10.33494/nzjfs502020x15x](https://doi.org/10.33494/nzjfs502020x15x).
- Budiaman, A. & Pradata, A.A. (2013). Low impact felling distance and allowable number of felled trees in TPTI system. *Journal of Tropical Forest Management*, 19(3), 194-200. doi: 10.7726/jmht.19.3.194.
- Campbell, M., Mckenzie, J.E., Sowden, A., Katikireddi, S.V., Brennan, S.E., Ellis, S., Hartmann-Boyce, J., Ryan, R., Shepperd, S., Thomas, J., Welch, V., & Thomson, H. (2020): Synthesis without meta-analysis (SWiM) in systematic reviews: Reporting guideline. *BMJ Clinical Research*, 368, l6890. doi:10.1136/bmj.l6890.
- Dulsalam., Soenarno., Suhartana, S., Sukadaryati., Yuniawati., Herniningrum, M., & Andini, S. (2021). Reduced impact logging in the dried land natural production forests in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 914, 012060. doi:10.1088/1755-1315/914/1/012060.
- Ellis, E.A., Montero, S.A., Gómez, I.U.H., Montero, J.A.R., Ellis, P.W., Rodríguez-Ward, D., Reyes, P.B., & Putz, F.E. (2019). Reduced-impact logging practices reduce forest disturbance and carbon emissions in community managed forests on the Yucatán Peninsula, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 437, 396-410.
- Helmi, M., Rianawati, F., & Sandiana, A.P.M. (2020). Analisa biaya pemanenan kayu menggunakan teknik RIL (*Reduced Impact Logging*) di IUPHHK-HA PT.Wijaya Sentosa, Papua Barat. *Jurnal Hutan Tropis*, 8(3), 260-264.
- Idris, M.M. & Suhartana, S. (1996). Pembalakan ramah lingkungan untuk minimasi kerusakan tegakan tinggal: kasus di satu perusahaan hutan di Kalimantan Timur. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 15(3), 212-222.
- Khai, T.C., Mizoue, N., & Ota, T. (2020). Harvesting intensity and disturbance to residual trees and ground under Myanmar selection system; Comparison of four sites. *Global Ecology and Conservation*, 24, e01214. doi: [10.1016/j.gecco.2020.e01214](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01214).
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Eversleigh (UK): Keele University.
- Kizha, A.R., Nahor, E., Coogen, N., Louis, L.T., & George, A.K. (2021). Residual stand damage under different harvesting methods and mitigation strategies. *Sustainability*, 13, 7641. doi: 10.3390/su13147641.
- Liberati, A., Altman, D.G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P.C., Ioannidis, J.P.A., Clarke, M., Devereaux, P.J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2019). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), e1-e34. doi: [10.1016/j.jclinepi.2009.06.006](https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006).
- Matangaran, J.R., Putra, E.I., Diatin, I., Mujahid, M., & Adlan, Q. (2019). Residual stand damage from selective logging of tropical forests: A comparative case study in central Kalimantan and West Sumatra, Indonesia. *Global Ecology and Conservation*, 19, e00688. doi: 10.1016/j.gecco.2019.e00688.
- 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. (2009). Dampak pemanenan kayu dengan teknik reduced impact logging terhadap kerusakan tegakan sisa di hutan alam. *Berkala Penelitian Hayati*, 15, 77-84.
- Muhdi, Elias, Murdiyarso, D., & Matangaran, J.R. (2012). 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), 303-311.
- 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.
- Pinard, M.A., Putz, F.E., & Tay, J. (2000). Lessons learned from the implementation of reduced-impact logging in hilly terrain in Sabah, Malaysia. *International Forestry Review*, 2(1), 33-39.
- Purwoko, A., Muhdi., & Hanafiah, H.S. (2018). Residual stand damages caused by conventional and reduced impact timber harvesting in the natural forest. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(3), 313-325. <http://iaeme.com/Home/issue/IJMET?Volume=9&Issue=3>.
- Putz, F.E., Sist, P., Fredericksen, T., & Dykstra, D. (2008). Reduced-impact logging: Challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 256, 1427-1433.
- Putz, F.E., Dykstra, D.P., & Heinrich, R. (2000). Why poor logging practices persist in the tropics. *Conservation Biology*, 14, 951-956.
- Romero, F.M.B., Jacovine, L.A.G., Torres, C.M.M.E., Ribeiro, S.C., de Morais Junior, V.T.M., da Rocha, S.J.S.S., Romero, R.A.B., Gaspar, R.d.O., Velasquez, S.I.S., Staudhammer, C.L., et al. (2021). Forest management with reduced-impact logging in Amazonia: estimated aboveground volume and carbon in commercial tree species in managed forest in Brazil's State of Acre. *Forests*, 12(481), 2-14. doi: 10.3390/f12040481.
- Sist, P., Nolan, T., Bertault, J.G., & Dykstra. (1998). Harvesting intensity versus sustainability in Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 108, 251-260.
- Sist, P., Sheil, D., Kartawinata, K., & Priyadi, H. (2003). Reduced impact logging in Indonesia Borneo: some results confirming the need for new silvicultural prescriptions. *Forest Ecology and Management*, 179, 415-427.
- Soenarno, Dulsalam, & Yuniawati. (2020). Uji coba penebangan kayu berbasis zero waste dan ramah lingkungan pada hutan alam di Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 38(2), 105-118.
- Suhartana, S. & Idris, M.M. (1998). Penyaradan terkontrol untuk minimasi kerusakan hutan: Kasus di dua perusahaan hutan di Kalimantan Tengah. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 16(2), 69-78.
- Suhartana, S. (1997). Penyaradan yang direncanakan untuk minimasi kerusakan tegakan tinggal. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 15(1), 60-67.
- Suhartana, S. (2002). Pengaruh penebangan terkendali dan konvensional terhadap kerusakan tegakan tinggal dan produktivitas kerja. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 19(4), 219-230.
- Suhartana, S. & Dulsalam. (2000). Pemanenan berwawasan lingkungan untuk minimasi kerusakan hutan. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 18(2), 87-103.
- Suhartana, S., Yuniawati., Gandaseca, S., Dulsalam., Soenarno., & Ratnasingam, J. (2022). Potential of wood harvesting residues and residual stand damage due to timber harvesting: A case study at PT Austral Byna in Central Kalimantan, Indonesia. *International Journal of Forestry Research*, 3251945: 8 p. doi: 10.1155/2022/3251945.
- Suhartana, S. & Yuniawati. (2019). Teknik penyaradan RIL guna meningkatkan produktivitas serta meminimalkan biaya produksi dan kerusakan lingkungan (studi kasus di PT inhutani II Malinau). *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 8 (2), 113-123.
- Sukadaryati, & Dulsalam. (2002). Penebangan pohon yang efisien dengan kerusakan tegakan tinggal minimal. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 20 (2), 95-105.

- Sukadaryati,, Dulsalam., & Sinaga, M. (2002). Kerusakan tegakan tinggal, keterbukaan lahan, pergeseran tanah dan biaya pada penyaradan terkendali. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 20 (5), 379-399.
- 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.
- Yuniawati. & Dulsalam. (2020). Residual stand damage due to timber harvesting in PT Tunas Timber Lestari, Papua. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 9(2), 121-132. doi: 10.18330/jwallacea.2020.vol9iss2p p121-132.