

STUDI FAKTOR PEMANFAATAN DAN LIMBAH PEMANENAN KAYU DI HUTAN ALAM PAPUA BARAT (*The Study on Utilization and Waste Factor of Timber Harvesting at Natural Forest, West Papua*)

Soenarno, Wesman Endom, & Sona Suhartana

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610, Telp. (0251) 8633378; Fax. (0251) 86333413
E-mail : soenarno@yahoo.co.id

Diterima 11 April 2017, direvisi 25 September 2017, disetujui 15 Februari 2018

ABSTRACT

Timber harvesting is an important process in timber utilization because it determines the quality of log. Two important things in timber harvesting are recovery rate and residual factors. This paper identifies distribution, forms and condition of harvesting waste as well as determines utilization factors and timber residual factor due to timber harvesting. Research was conducted in two areas of forest management in Wasior and Nabire Districts, West Papua Province. Recovery rate of forest concession with Reduced Impact Logging (RIL) techniques tend to be higher than that of conventional techniques. Recovery rate ranged from 86.3–87.8% with an average of 86.9% and residual factor ranged from 12.3–13.8%, with the average of 13.1%. The average utilized wood amounted of 4.578 m³/tree from the potential clear bole of 5.293 m³/tree. The wasted volumes ranged from 0.548 to 0.664 m³/tree with an average of 0.564 m³/tree. In general, most of the logging waste was in the form of wood defects (65.1%), broken (23.3%) and firm timber waste (11.6%) which represented the lowest percentage.

Keywords: Timber harvesting, forest concession, natural forest, recovery rate, residual factor

ABSTRAK

Pemanenan kayu mempunyai peranan penting dalam menentukan kualitas produksi kayu bulat. Dua hal penting dalam proses pemanenan kayu adalah faktor pemanfaatan dan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran, bentuk, dan kondisi limbah pemanenan serta menghitung besarnya faktor pemanfaatan kayu dan faktor residu akibat pemanenan kayu. Penelitian dilakukan di dua areal perusahaan hutan alam di Kabupaten Wasior dan Nabire, Provinsi Papua Barat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor pemanfaatan kayu pada areal izin usaha pemanfaatan hasil hutan kayu pada hutan alam (IUPHHK-HA) yang menerapkan teknik *Reduced Impact Logging* (RIL) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan IUPHHK-HA yang pemanenan kayunya masih dilakukan secara konvensional. Faktor pemanfaatan kayu berkisar antara 86,3–87,8% dengan rata-rata 86,9%, dan faktor residu berkisar 12,3–13,8% atau rata-rata 13,1%. Besarnya volume kayu yang dimanfaatkan rata-rata 4,578 m³/pohon dari potensi batang bebas cabang sebesar 5,293 m³/pohon. Volume limbah berkisar antara 0,548–0,664 m³/pohon atau rata-rata 0,564 m³/pohon. Secara umum, sebagian besar limbah penebangan berupa kayu yang cacat (65,1%), pecah (23,3%), dan paling rendah adalah limbah yang kondisinya masih baik (11,6%).

Kata kunci : Pemanenan kayu, perusahaan, hutan alam, faktor pemanfaatan, faktor residu

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia pemanenan kayu di hutan alam dilakukan oleh pemegang ijin usaha pemanfaatan hasil hutan kayu pada hutan alam (IUPHHK-HA). Pemanenan kayu di hutan alam mempunyai peranan strategis tidak saja menentukan kualitas produksi kayu bulat tetapi juga limbah yang dihasilkan. Limbah pemanenan kayu tersebut terjadi di petak tebang akibat proses penebangan (*felling*), pembagian batang (*bucking*), dan kondisi batang pohon yang cacat dan/atau pecah (Soenarno et al., 2016). Selain itu, limbah pemanenan juga terjadi di tempat pengumpulan kayu sementara (TPn) akibat pemotongan setelah dilakukan pengujian dan pengukuran (*grading and scaling*) kayu bulat. Matangaran dan Anggoro (2012) menyatakan bahwa penebangan berpotensi menghasilkan limbah berupa tunggak dan batang pecah banting, sedangkan pembagian batang berpotensi menghasilkan limbah berbentuk potongan pendek, maupun limbah kayu cacat seperti limbah kayu lapuk dan busuk hati atau gerowong.

Secara teknis, terjadinya limbah kayu disebabkan oleh kesalahan dalam melaksanakan teknik penebangan, menentukan arah rebah, pemotongan batang, dan manajemen yang kurang baik. Faktor non-teknis penyebab rendahnya kualitas kayu bulat antara lain topografi, kondisi hutan bekas tebang, penetapan jatah produksi tahunan (JPT), dan biaya produksi yang makin tinggi (Fauziah, 2016). Biaya produksi yang tinggi akan memicu perusahaan melakukan pengujian kayu lebih ketat untuk menghasilkan kayu bulat kualitas prima, namun di sisi lain limbah pemanenan di TPn menjadi semakin besar.

Limbah pemanenan kayu sangat potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pengolahan kayu, seperti industri papan partikel, papan serat, papan blok, papan sambung, pulp dan kertas serta industri arang kayu. Astana, Soenarno, dan Endom (2015) menyatakan bahwa limbah pemanenan kayu mempunyai prospek ekonomis untuk memasok industri kayu gergajian, kayu lapis, dan pulp. Bahkan, limbah pemanenan juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pada tungku *boiler* untuk menghasilkan listrik di

sekitar lingkungan *base camp* atau camp produksi setempat (Franceschi, 1991).

Pemanfaatan limbah akan menambah pasokan untuk kebutuhan industri pengolahan kayu yang selama ini masih kurang. Kebutuhan kayu bulat untuk industri tahun 2015 mencapai $\pm 63,4$ juta m^3 tetapi produksi kayu bulat hanya $\pm 35,1$ juta m^3 sehingga terjadi kekurangan pasokan sebesar 28,3 m^3 (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016). Nurrochmat (2016) menyatakan berdasarkan kapasitas terpasang industri pengolahan kayu diperkirakan kekurangan kebutuhan kayu bulat mencapai ± 40 juta m^3 /tahun. Penelitian mengenai besarnya limbah pemanenan kayu di hutan alam sudah banyak dilakukan terutama di wilayah Kalimantan oleh Soenarno et al., (2016), Mansyur, Tirkaamiana, dan Sutejo (2013), Matangaran, Partiani, dan Purnamasari (2013), Budiaman dan Komalasari (2012), tetapi data dan informasi limbah pemanenan kayu di wilayah Papua belum banyak diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran, bentuk, dan kondisi limbah serta menghitung besarnya faktor pemanfaatan kayu dan faktor residu/limbah akibat pemanenan kayu.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada tahun 2016 di areal ijin usaha pemanfaatan hasil hutan kayu hutan alam (IUPHHK-HA) PT. A di Kabupaten Wasior dan PT. B di Kabupaten Nabire, Provinsi Papua Barat. Secara geografis, areal kerja PT. A terletak di $3^{\circ}35' - 3^{\circ}11'$ LS dan $134^{\circ}16' - 134^{\circ}11'$ BT sedangkan PT. B terletak di $3^{\circ}04' - 3^{\circ}51'$ BT dan $03^{\circ}08' - 03^{\circ}42'$ LS. Dalam pemanenan kayu, PT. A telah menerapkan pembalakan berdampak rendah (*reduced impact logging/RIL*) sedangkan PT. B masih secara konvensional. *RIL* adalah suatu pendekatan sistematis pemanenan kayu mulai dari perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, dan evaluasi terhadap pemanenan kayu. Dalam pelaksanaannya *RIL* meliputi penyempurnaan praktik pembuatan jalan, penebangan, dan penyaradan yang sudah ada (Applegate, Kartawinata, & Klassen, 2001). Pembalakan konvensional adalah praktik pemanenan kayu

dimana kegiatan penebangan dilakukan sebelum dipersiapkan jalan sarad. Pengumpulan data primer dan sekunder dilakukan pada bulan Februari hingga akhir bulan November 2016. Penebang memiliki kebebasan untuk menebang pohon komersial yang ukuran dan kualitasnya prima serta tidak ada peta pemanenan kayu (Klassen, 2011).

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cat, kuas, dan tali plastik. Peralatan yang digunakan adalah pita ukur diameter pohon (*phi-band*), pengukur kemiringan lereng, meteran pita (*phi-band*), kompas, buku ukur (*tally sheet*), parang, *chainsaw*, traktor, dan perlengkapan lapangan.

C. Metode Penelitian

1. Metode penentuan petak contoh penelitian

Penentuan petak contoh penelitian (PCP) dilakukan dengan metode *systematic sampling with purposive start* dengan mengikuti kegiatan pemanenan kayu yang sedang berlangsung pada RKT 2016. Dari lokasi PT. A dipilih sebanyak empat petak tebang sedangkan di PT. B sebanyak tiga petak tebang RKT 2016. Pada masing-masing petak tebang terpilih dibuat tiga unit PCP masing-masing berukuran berukuran 2 ha (200 m x 100 m) dengan jarak antara PCP 100 m atau disesuaikan dengan kondisi lapangan. Lokasi penempatan PCP dipilih yang dapat mewakili kondisi topografi lapangan yaitu datar (0–8%), landai (>8–15%), agak curam (>15–25%), dan curam (>25–40%).

2. Data yang dikumpulkan

Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder.

Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan, antara lain meliputi volume kayu yang dimanfaatkan, volume serta kondisi limbah pemanenan kayu dan kemiringan lapangan.

Data sekunder merupakan data tambahan untuk mendukung penelitian yang diperoleh melalui wawancara dan/atau pengutipan data dari IUPHHK-HA bersangkutan. Data sekunder

yang dimaksud terdiri dari kondisi umum lokasi penelitian dan sistem pembalakan yang digunakan.

D. Batasan

Yang dimaksud limbah pemanenan adalah kayu sisa yang tidak dimanfaatkan oleh pemegang izin yang sah pada kegiatan penebangan yang berasal dari pohon yang boleh ditebang. Tidak termasuk dalam pengertian ini adalah kelompok kayu mewah, kayu indah, dan kayu sonokeling (*Dalbergia latifolia* Roxb.), kayu ramin (*Gonystylus* spp.), kayu kisereh (*Cinnamomum parthenoxylon*), kayu jati (*Tectona grandis* L.f.), kayu perupuk (*Lophopetalum* spp.), kayu giam (*Cotylelobium* spp.), kayu blangeran (*Shorea blangeran* Burck.). Budiawan dan Rahmat (2009) menyatakan limbah penebangan (*felling waste*) adalah sisa atau bagian dari pohon yang secara ekonomi seharusnya masih dapat dimanfaatkan, tetapi tidak dapat digunakan karena ada beberapa alasan yang menyebabkan bagian dari pohon tersebut ditinggalkan di hutan. Matangaran dan Anggoro (2012) menyatakan bahwa limbah pemanenan merupakan limbah mekanis yang terjadi akibat kegiatan pemanenan kayu di samping limbah alami yang tidak memenuhi persyaratan yang diinginkan.

E. Analisis Data

Volume limbah dan batang yang dimanfaatkan dihitung menggunakan rumus empiris Brereton sebagai berikut (Soenarno et al., 2016):

$$V_L = 1/4 \pi \left(\frac{1/2 (D_p + D_u)}{100} \right)^2 P \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan (*Remarks*):

V_L = Volume limbah (m^3); D_p = Diameter pangkal (cm); D_u = Diameter ujung (cm); P = Panjang limbah (m); π = Konstanta (3,14)

Untuk menghitung volume kayu digunakan rumus sebagai berikut:

$$V = 1/2 (B + b) \times P \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan (*Remarks*):

V = Volume pembalakan (m^3); B = Luas pangkal batang; b = Luas ujung batang; dan P = panjang kayu batang bebas cabang

Faktor pemanfaatan (*recovery rate*) dan faktor limbah dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Matangaran & Anggoro, 2012):

$$f_m = \frac{V_m}{V_t} \times 100 \% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan (*Remarks*):

f_m = faktor pemanfaatan (%), V_m = volume kayu yang dimanfaatkan (m^3), V_t = volume total pohon (m^3). Volume total pohon diperoleh dengan menjumlahkan volume kayu yang dimanfaatkan dengan volume limbah dari masing-masing pohon

$$f_r = \frac{V_r}{V_t} \times 100 \% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan (*Remarks*):

f_r = faktor residu (%), V_r = volume limbah (m^3) adalah jumlah volume semua bentuk limbah yang dihasilkan dari masing-masing pohon, V_t = volume total pohon (m^3)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Faktor Pemanfaatan Kayu

Hasil perhitungan rata-rata volume kayu yang dimanfaatkan pada setiap PCP dapat dilihat pada

Lampiran 1 sedangkan rekapitulasinya disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa di PT. A rata-rata diameter pohon contoh 61,04 cm dan volume kayu yang dimanfaatkan 4,029 m^3 /pohon, relatif sama dengan PT. B yaitu rata-rata berdiameter 62,82 cm dengan volume kayu yang dimanfaatkan rata-rata 4,57 m^3 /pohon. Banyaknya kayu yang dimanfaatkan berpengaruh pada besarnya nilai faktor pemanfaatan kayu. Makin banyak kayu yang dimanfaatkan makin besar nilai faktor pemanfaatan tetapi makin banyak limbah kayu yang terjadi makin kecil nilai faktor pemanfaatannya.

Pada Tabel 1 juga dapat diketahui faktor pemanfaatan kayu di PT. A sebesar 87,8% dan di PT. B 86,2%. Hasil penelitian faktor pemanfaatan di IUPHHK-HA yang telah memperoleh sertifikat pengelolaan hutan lestari melalui skema *Forest Stewardship Council (FSC)* di Kalimantan Timur mencapai rata-rata 90% (Soenarno, Dulsalam, & Endom, 2013). Untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan nilai faktor pemanfaatan kayu di PT. A dan PT. B dilakukan dengan uji rata-rata sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai $F_{hitung} = 0,199$ lebih kecil dari nilai $F_{0,05(11;8)} = 3,32$ sehingga

Tabel 1. Rekapitulasi hasil perhitungan rerata faktor pemanfaatan kayu pada IUPHHK-HA di hutan alam Papua Barat

Table 1. Recapitulation of the calculated average timber recovery rate at forest concession in West Papua

IUPHHK-HA (<i>Forest concessions</i>)	Petak tebang (<i>Felling sites</i>)	Volume kayu dimanfaatkan (<i>Volume of the utilized wood, m³</i>)	Volume kayu batang bebas cabang (<i>Volume of total clear bole, m³</i>)	Faktor pemanfaatan (<i>Recovery rate, %</i>)
PT. A	1	4,589	5,273	87,0
	2	4,329	5,011	86,4
	3	4,238	4,869	87,0
	4	2,958	3,265	90,6
Rata-rata (<i>Average</i>)		4,029	4,605	87,8
PT. B	1	5,098	5,830	87,4
	2	4,941	5,575	88,6
	3	3,671	4,450	82,5
Rata-rata (<i>Average</i>)		4,570	5,285	86,2
Rata-rata total (<i>Grand average</i>)		4,299	4,945	86,9

Tabel 2. Hasil analisis uji rata-rata faktor pemanfaatan kayu
Table 2. Analytical results on the average of timber recovery factor

Uji Levene kesamaan ragam (<i>Levene's Test for Equality of Variances</i>)		t-test untuk kesetaraan rata-rata (<i>t-test for equality of means</i>)						
	F _{hitung} (F _{akt.})	Nyata (Significant)	t	Derajat bebas (Degree of freedom)	Sig. (2-tailed)	Perbedaan rata-rata (Mean Difference)	Perbedaan standar kesalahan (Std. Error Difference)	Beda nyata selang kepercayaan (Confidence Interval of the Difference, 95%)
								Bawah (Lower) Atas (Upper)
Variabel yang sama diasumsikan (<i>Equal of the assumed variances</i>)	0,199	0,660	1,174	19	0,255	1,65556	1,41042	-1,29649 4,60760
Varian yang sama tidak diasumsikan (<i>Equal of the unassumed variances</i>)			1,152	16,076	0,266	1,65556	1,43724	-1,39010 4,70121

faktor pemanfaatan kayu di PT. A tidak berbeda nyata dengan di PT. B. Faktor pemanfaatan kayu di kedua perusahaan berkisar antara 86,2 – 87,8% dengan rata-rata 86,9%. Faktor pemanfaatan kayu di PT. A cenderung lebih tinggi dibandingkan di PT. B. Hal ini diakibatkan cara pemanenan kayu di PT. A telah menerapkan teknik RIL sedangkan di PT. B masih dilakukan secara konvensional. Dalam kaitannya dengan faktor pemanfaatan kayu, Garland dan Jackson (1997) menyatakan bahwa teknik penebangan dan pembagian batang yang benar akan meningkatkan kualitas dan produksi kayu bulat yang dihasilkan. Cara pemanenan kayu konvensional di PT. B dilakukan oleh para penebang yang belum memperoleh pelatihan teknis penebangan berdampak rendah. Akibatnya, penguasaan teknik pembuatan takik tebang tidak baik dan orientasi pembagian batang hanya untuk mendapatkan kualitas kayu yang prima. Penelitian Idris dan Soenarno (2015) menunjukkan bahwa pemanenan kayu secara konvensional banyak mengakibatkan limbah kayu baik pada bagian batang bebas cabang

maupun bagian kayu di atas cabang pertama sehingga efisiensi pemanenan kayu menjadi tidak maksimal.

Hiesl (2013) menyatakan bahwa keterampilan seorang operator membutuhkan minimal tiga tahun pengalaman kerja untuk mencapai 100% potensi produktivitasnya. Bahkan dinyatakan bahwa operator yang telah terlatih produktivitas kerjanya meningkat 40% lebih tinggi dibanding yang belum mendapatkan pelatihan. Kendatipun keterampilan dan pengalaman kerja hanya merupakan salah satu faktor yang berpengaruh untuk produktivitas, kerja tetapi kemampuan operator untuk menyesuaikan dengan perubahan lingkungan kerja dan situasi yang berbeda perlu menjadi perhatian.

B. Limbah Pemanenan Kayu

1. Faktor residu

Secara rinci hasil perhitungan faktor residu (limbah pemanenan kayu) dapat dilihat pada Lampiran 2 sedangkan rekapitulasinya disajikan

Tabel 3. Rekapitulasi hasil perhitungan rata-rata faktor residu pada penebangan di IUPHHK-HA di Papua Barat

Table 3. Recapitulation of the calculated average residual factor in harvesting of forest concession in West Papua

Nomor petak tebang (<i>Felling site number</i>)	Limbah kayu di petak tebang (<i>Wood waste at felling site, m³</i>)	Limbah kayu di TPn (<i>Wood waste at landing point, m³</i>)	Faktor residu (<i>Residual factor</i>)
PT. A			
1	0,671	0,013	13,0
2	0,498	0,184	13,6
3	0,62	0,011	13,0
4	0,307	0,000	9,4
Rata-rata (<i>Average</i>)	0,548 (11,9%)	0,052 (1,1%)	12,3
PT. B			
1	0,686	0,046	12,6
2	0,605	0,029	11,4
3	0,700	0,029	17,5
Rata-rata (<i>Average</i>)	0,664 (12,6%)	0,035 (0,7%)	13,8
Rata-rata total (<i>Grand average</i>)	0,564 (12,1%)	0,044 (0,9%)	13,1

Keterangan (*Remarks*): Angka dalam kurung menunjukkan nilai terhadap total batang bebas cabang (*Numbers in bracket is the ratio of waste volume the volume of clear bole*)

pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan nilai faktor residu rata-rata di PT. A adalah 11,9% lebih rendah dibandingkan di PT. B yaitu sebesar 12,6%. Ini artinya bahwa limbah pemanenan kayu per pohon yang terjadi di PT. A lebih sedikit dibandingkan di PT. B. Pada Tabel 3 juga dapat dilihat bahwa sebagian besar limbah kayu tersebut masih tertinggal di petak tebang 11,9–12,6% dan sisanya 0,7–1,1% di TPn merupakan potongan dolok akibat proses pengujian dan pengukuran yang dilakukan oleh petugas teknis. Penelitian Nurrachmania (2009) menyatakan bahwa limbah kayu di TPn mencapai sebesar 11,89%. Penyebab terjadinya limbah kayu tersebut karena growong (25,08%), busuk hati (47,99%), mata kayu (18,43%), pecah (5,46%), dan *grading scaling* (3,04%).

2. Limbah penebangan

a. Volume limbah kayu berdasarkan kondisi topografi

Hasil pengamatan pengukuran volume limbah pembalakan pada berbagai kondisi topografi dapat dilihat pada Lampiran 2, dan rekapitulasinya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 memperlihatkan bahwa besarnya volume limbah penebangan berkisar antara 0,487–0,621 m³/pohon dengan rata-rata sebanyak 0,564 m³/pohon. Limbah penebangan tersebut terdiri dari limbah tunggak sebanyak 0,009 m³/pohon, limbah banir 0,211 m³/pohon, pangkal

0,086 m³/pohon, dan limbah ujung sebanyak 0,181 m³/pohon. Sebaran persentase limbah penebangan pada topografi datar sampai curam disajikan pada Gambar 1.

Dari Tabel 4 juga dapat dilihat bahwa persentase volume limbah pangkal pada topografi datar, landai, agak curam, dan curam tidak berbeda, tetapi untuk limbah ujung semakin curam topografi cenderung semakin besar volume limbahnya (Gambar 2). Hal ini mudah dipahami karena umumnya operator *chainsaw* menentukan arah rebah pohon ke bagian bawah lereng karena pertimbangan kemudahan cara menebang. Padahal, untuk menebang pohon pada areal yang curam seharusnya arah rebah pohon ke bagian atas lereng atau minimal sejajar dengan arah kontur (Soenarno & Idris, 2015).

b. Volume limbah berdasarkan kondisi

Secara lebih rinci, hasil pengukuran kondisi limbah pemanenan kayu pada masing-masing PCP dapat dilihat pada tiga lampiran, sedangkan rekapitulasi disajikan pada Tabel 5. Tabel 5 menunjukkan bahwa sebagian besar limbah penebangan kondisinya cacat (mata buaya, bengkok, growing, busuk hati) yaitu berkisar antara 56,3–76,9% dengan rata-rata 65,1%. Limbah penebangan yang pecah berkisar antara 7,3–35,3% dengan rata-rata 23,3% dan limbah penebangan yang kondisinya dinilai baik berkisar antara 8,4–15,8% dengan rata-rata 11,6% atau sebesar 0,076 m³/pohon. Mencermati Tabel 5

Tabel 4. Jenis dan volume limbah berdasarkan topografi lapangan pada penebangan di IUPHHK-HA di Papua Barat

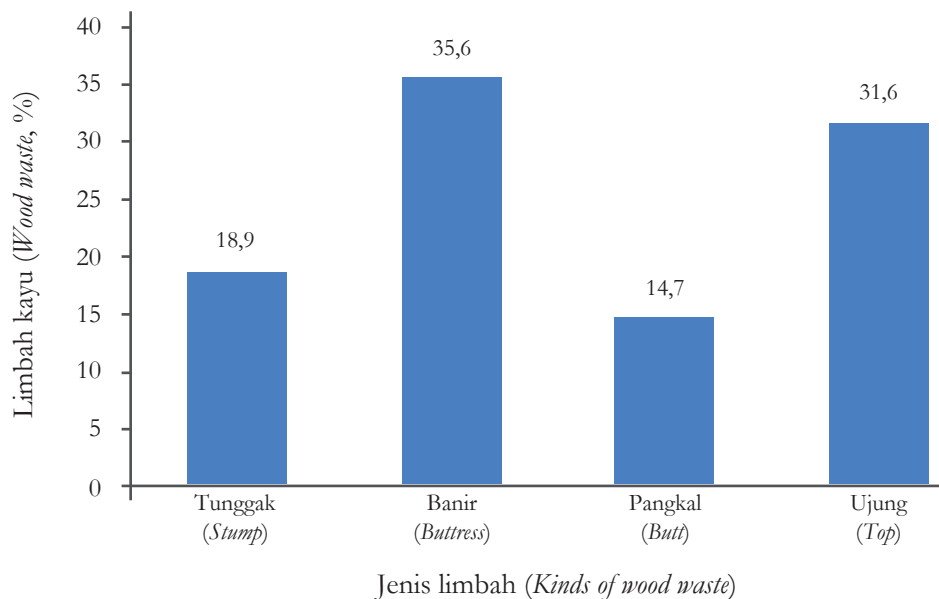
Table 4. Type and volume of logging wastes according to topography in harvesting of forest concession in West Papua

No.	Topografi (<i>Topography</i>)	Volume limbah (<i>Waste volume, m³</i>)				Jumlah (<i>Total</i>)
		Tunggak (<i>Stump</i>)	Banir (<i>Buttress</i>)	Pangkal (<i>Butt</i>)	Ujung (<i>Top</i>)	
1.	Datar (<i>Flat</i>)	0,087	0,213	0,044	0,143	0,487
2.	Landai (<i>Sloping</i>)	0,078	0,275	0,114	0,154	0,621
3.	Agak curam (<i>Rather steep</i>)	0,116	0,151	0,055	0,176	0,498
4.	Curam (<i>Steep</i>)	0,115	0,204	0,131	0,251	0,650
	Rata-rata (<i>Average</i>)	0,099	0,211	0,086	0,181	0,564

tersebut diperoleh gambaran bahwa kendatipun UPHHK-HA telah memperoleh sertifikat PHPL tetapi tidak serta merta dapat menjamin tidak terjadinya pecah kayu dari pohon yang ditebang.

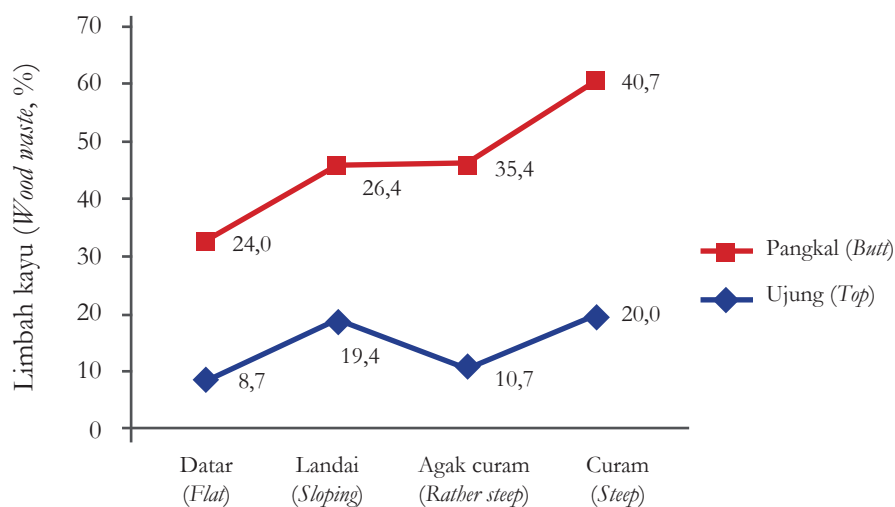
Banyak faktor yang mempengaruhi tingkat pecah kayu akibat penebangan, diantaranya kondisi topografi, jenis pohon, bentuk tajuk, kompetensi penebang, dan kerapatan tegakan. Berdasarkan pengamatan di lapangan, kondisi limbah penebangan yang pecah tersebut diduga

lebih diakibatkan pengaruh topografi lapangan. Hasil pada Tabel 6 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan besarnya volume limbah kayu yang pecah di topografi curam dengan yang di topografi datar, landai maupun agak curam. Namun, volume limbah kayu pecah tidak berbeda nyata antara yang terjadi di topografi datar, landai, dan agak curam. Limbah pecah paling banyak terjadi pada kondisi topografi yang curam.



Gambar 1. Histogram sebaran limbah penebangan pada berbagai topografi pada penebangan di IUPHHK-HA di Papua Barat

Figure 1. Histogram distribution of logging wastes in various topography in harvesting of forest concession in West Papua



Gambar 2. Persentase volume limbah pangkal dan ujung log pada berbagai topografi

Figure 2. Volume percentage of log butt and top wasted on various topographies

Hasil uji lebih lanjut dengan uji beda nyata terkecil (*least significant different/LSD*) pada taraf kepercayaan 95% disajikan pada Tabel 7. Tabel 7 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata pada limbah yang pecah antara kondisi topografi curam dengan yang agak curam, landai maupun datar. Namun, tidak ada perbedaan limbah

yang pecah antara topografi agak curam, landai, dan yang datar. Limbah pecah pada topografi curam dapat dikurangi apabila operator *chainsaw* menguasai teknik penebangan yang baik dan benar serta menggunakan alat bantu penebangan berupa baji.

Tabel 5. Sebaran kualitas limbah kayu pada penebangan di IUPHHK-HA di Papua Barat
Table 5. Distribution of wood waste quality in harvesting of forest concession in West Papua

Petak terbang (<i>Felling site</i>)/ Petak contoh pengamatan (<i>Observation sample plots</i>)	Limbah penebangan (<i>Felling wastes</i>)						Topografi (<i>Topography</i>)
	Baik (<i>Good</i>)		Cacat (<i>Defect</i>)		Pecah (<i>Broken</i>)		
	(m ³)	(%)	(m ³)	(%)	(m ³)	(%)	
PT. A							
1	0,174	26,0	0,417	62,2	0,080	11,8	Landai (<i>Sloping</i>)
2	0,034	7,0	0,279	56,0	0,183	37,0	Agak curam (<i>Rather steep</i>)
3	0,004	0,8	0,209	33,9	0,406	65,4	Curam (<i>Steep</i>)
4	0,000	0,0	0,224	72,9	0,083	27,1	Landai (<i>Sloping</i>)
Rata-rata (<i>Average</i>)	0,053	8,4	0,282	56,3	0,188	35,3	
PT. B							
1	0,172	25,1	0,464	68,5	0,05	6,4	Landai (<i>Sloping</i>)
2	0,049	9,0	0,474	84,8	0,082	6,2	Datar (<i>Flat</i>)
3	0,077	13,3	0,42	77,4	0,051	9,4	Landai (<i>Sloping</i>)
Rata-rata (<i>Average</i>)	0,099	15,8	0,452	76,9	0,061	7,3	
Total rata-rata (<i>Grand average</i>)	0,073	11,6	0,355	65,1	0,134	23,3	

Tabel 6. Hasil uji statistik persentase limbah log pecah menurut topografi
Table 6. Statistical test results on the percentage of the broken log waste based on to topography

Variabel bergantung (*Dependent variable*), Limbah pecah (*broken wood waste*)

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.})	Pobabilitas perbedaan (<i>Significance probability</i>)
Model terkoreksi (<i>Corrected model</i>)	0,590 ^a	3	0,053	5,902	0,020
Konstanta (<i>Intercept</i>)	0,328	1	0,328	36,524	0,000
Topografi (<i>Topography</i>)	0,159	3	0,053	5,902	0,020
Kesalahan percobaan (<i>Error</i>)	0,072	8	0,009		
Jumlah (<i>Total</i>)	0,655	12			
Jumlah terkoreksi (<i>Corrected Total</i>)	0,231	11			

Keterangan (*Remarks*): Koefisien determinasi (*R Squared/ r²*) = 0,689; r² yang disesuaikan (*Adjusted R Squared*) = 0,572)

Ruslim, Hinrichs, dan Ulbricht (1999) menjelaskan bahwa salah satu persyaratan teknis cara penebangan untuk menjamin arah rebah pohon adalah menggunakan baji. Baji tersebut mejadi perlengkapan pokok operator *chainsaw* yang terbuat dari potongan kayu, bahan plastik yang kuat ataupun besi (Occupational Safety and Health Service, 2001). Persyaratan lainnya menurut Ruslim et al. (1999) adalah takik rebah dibuat dengan ketinggian $\pm 1/3$ diameter pohon yang akan ditebang dengan mulut takik membentuk sudut 45°, takik balas dibuat berkisar antara 5–10 cm di atas takik rebah, dan di potong pada kedua sisi takik rebah sedalam 5–10 cm agar kayu tidak pecah. Ruslandi, (2013) menyatakan bahwa untuk mengurangi limbah tunggak maka

tinggi takik rebah maksimal 30 cm dari permukaan tanah. Prosedur penebangan yang benar disajikan pada Gambar 3 (Klassen, 2006b).

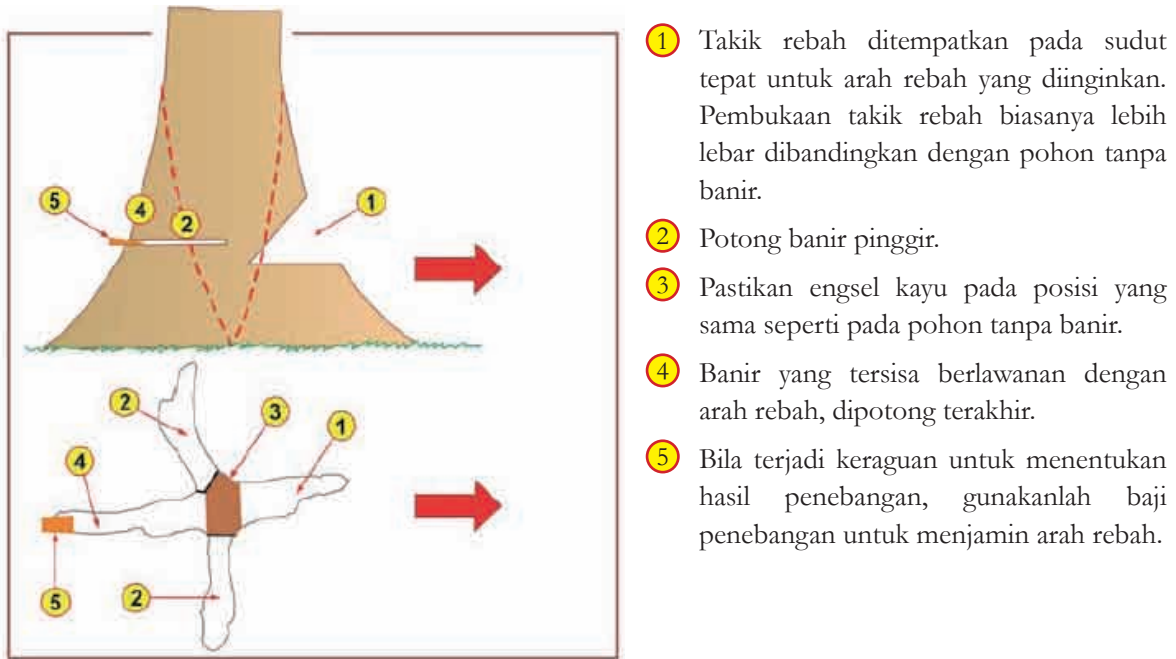
Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa pecah kayu tersebut selain akibat kondisi topografi yang curam juga tidak sempurnanya teknik penebangan. Kesalahan yang sering dilakukan oleh penebang adalah membuat mulut takik rebah terlalu sempit, takik rebah dibuat pada banir pohon tanpa lebih dahulu dilakukan penyesetan banir, dan arah rebah pohon ke bagian bawah lereng (Gambar 4). Selain itu, pembuatan takik rebah yang salah juga menjadi penyebab terjadinya serat tercabut (*barber chair*) sehingga mengakibatkan bagian pangkal batang menjadi pecah (Gambar 5).

Tabel 7. Uji beda nyata terkecil limbah yang pecah dengan topografi pada penebangan di IUPHHK-HA di Papua Barat

Table 7. Least significant difference (LSD) test between the broken wood waste and topography in harvesting of forest concession in West Papua

(I) Topografi (<i>Topography</i>)	(J) Topografi (<i>Topography</i>)	Beda rata-rata (<i>Mean difference</i>) (I-J)	Kesalahan baku (<i>Std. Error</i>)	Probabilitas perbedaan (<i>Significance probability</i>) ^a	95% Selang kepercayaan (<i>Confidence interval for difference</i>) ^a	
					Batas bawah (<i>Lower bound</i>)	Batas atas (<i>Upper bound</i>)
Agak curam (<i>Rather steep</i>)	Curam (<i>Steep</i>)	-0,253*	0,087	0,019	-0,452	-0,053
	Datar (<i>Flat</i>)	0,120	0,109	0,306	-0,133	0,372
	Landai (<i>Sloping</i>)	0,054	0,067	0,446	-0,101	0,208
Curam (<i>Steep</i>)	Agak curam (<i>Rather steep</i>)	0,253*	0,087	0,019	0,053	0,452
	Datar (<i>Flat</i>)	0,373*	0,116	0,012	0,105	0,640
	Landai (<i>Sloping</i>)	,0307*	0,077	0,004	0,128	0,485
Datar (<i>Flat</i>)	Agak curam (<i>Rather steep</i>)	-0,120	0,109	0,306	-0,372	0,133
	Curam (<i>Steep</i>)	-,0373*	0,116	0,012	-0,640	-0,105
	Landai (<i>Sloping</i>)	-0,066	0,102	0,537	-0,302	0,170
Landai (<i>Sloping</i>)	Agak curam (<i>Rather steep</i>)	-0,054	0,067	0,446	-0,208	0,101
	Curam (<i>Steep</i>)	-0,307*	0,077	0,004	-0,485	-0,128
	Datar (<i>Flat</i>)	0,066	0,102	0,537	-0,170	0,302

Keterangan (*Remarks*): Berdasarkan nilai rata-rata (*Based on estimated marginal means*); *). Beda rata-rata pada taraf nyata 0,05 (*Mean difference is significant at α 0,05*); a) Penyesuaian perbandingan (*Adjustment for multiple comparisons*): Beda nyata terkecil, tanpa penyesuaian (*Least Significant Difference, equivalent to no adjustments*)



Gambar 3. Prosedur penebangan pohon berbanir
Figure 3. Felling procedure on the buttressed tree



a. Takik rebah terlalu kecil
(*Felling notch too narrow*)



b. Membuat takik rebah pada banir
(*Making felling notch on buttress*)



c. Arah rebah pohon ke bagian bawah lereng
(*Falling tree direction downhill*)

Gambar 4. Beberapa kesalahan pada teknik penebangan konvensional
Figure 4. Several common mistakes in conventional tree felling technique



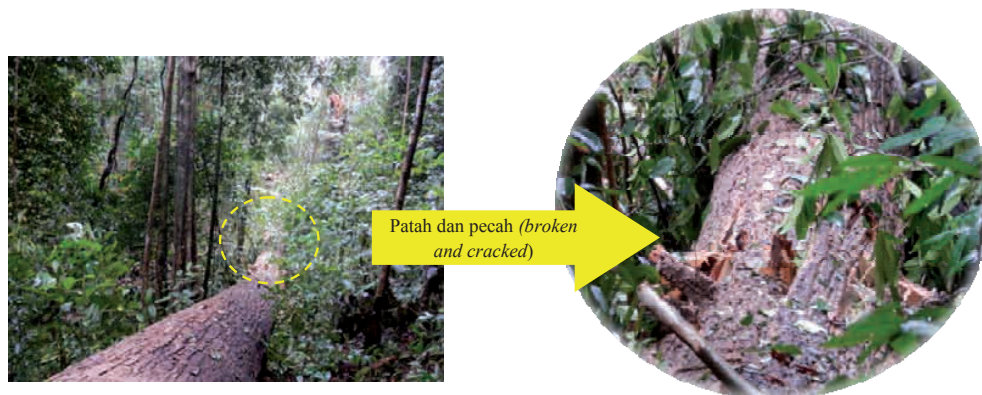
Gambar 5. Takik rebah yang salah (a) menyebabkan serat tercabut (b)
Figure 5. Unappropriate felling notch (a) causes barber chair (b)

Pengamatan di lapangan menunjukkan terjadinya limbah pecah juga disebabkan oleh penentuan arah rebah pohon ke bagian bawah lereng. Permasalahan yang sering dilakukan, operator *chainsaw* melakukan kesalahan dalam menaksir panjang lereng. Apabila panjang lereng ternyata lebih pendek dari tinggi pohon maka mengakibatkan pohon menjadi patah dan/atau pecah (Gambar 6). Secara teknis, arah rebah pohon ke bagian bawah lereng tidak dibenarkan. Arah rebah pohon yang benar adalah ke bagian atas lereng atau sejajar mengikuti kontur lapangan (Soenarno & Idris, 2015).

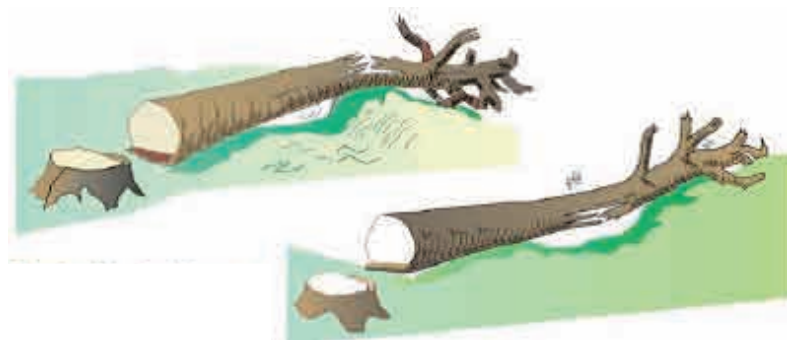
Selain dilarang untuk merebahkan pohon ke arah bagian bawah lereng maka arah rebah pohon sebaiknya juga menghindari kondisi lapangan yang tidak rata atau bergelombang (Klassen, 2006a), sedangkan Garland dan Jackson (1997) menyatakan bahwa arah rebah dan pembagian batang yang benar akan menghasilkan kualitas dan kuantitas kayu sehingga meningkatkan

pendapatan dari hasil penjualan kayu. Ward (2011) menjelaskan bahwa keberhasilan penebangan sangat ditentukan oleh arah rebah pohon dan keterampilan penebang.

Untuk meminimalisir terjadinya limbah penebangan maka selain meningkatkan kompetensi penguasaan teknik tebang juga dapat diterapkan metode *tree length logging*. Untuk itu, penebang (*chainsaw operator*) perlu mendapatkan pelatihan teknik penebangan agar mereka mampu dan terampil. Penebang yang terampil mampu mengurangi pecah kayu sehingga produktivitas kerja meningkat. Uusitalo, Kokko, dan Kivinen (2004) menyatakan bahwa teknik penebangan yang diikuti dengan pembagian batang yang tepat akan mempengaruhi efisiensi pemanfaatan dan kualitas kayu yang dihasilkan. Idris dan Soenarno (2015a) menyatakan bahwa dengan penerapan metode *tree length logging* maka limbah kayu dapat dikurangi menjadi $\pm 8\%$.



Gambar 6. Batang pohon pecah akibat kesalahan menaksir panjang lereng
Figure 6. Broken trunk caused by miss-prediction of slopes



Sumber (*Source*): Klassen (2006a)

Gambar 7. Kesalahan arah rebah pohon pada areal bergelombang menyebabkan pohon patah
Figure 7. Miss-prediction of tree falling direction could cause broken trunk

Mempertimbangkan potensi limbah penebangan di kedua IUPHHK-HA tersebut masih cukup banyak (rata-rata 13,1% atau 0,564 m³/pohon) sebaiknya dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai tambah. Besarnya limbah pemanenan kayu rata-rata di lima IUPHHK-HA di Kalimantan Timur adalah 14,7–17% atau 1,149 m³/pohon (Mansyur et al., 2013; Soenarno et al., 2016). Volume limbah pemanenan kayu di Kalimantan Tengah mencapai 33,8% atau 5,37 m³/pohon dan di Sumatera Barat sebesar 30,4% atau 4,60 m³/pohon (Matangaran et al., 2013).

Dari aspek legalitas, pemanfaatan limbah kayu tersebut sudah ada payung hukum dengan telah diterbitkannya peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor P.13/Menlhk-Setjen/2015 tentang ijin usaha industri primer hasil hutan (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015). Ijin industri berupa industri portabel pengolahan kayu untuk mengolah limbah pemanenan kayu dalam areal kerja IUPHHK. Jenis mesin portabel dimaksud adalah *portable band saw* atau *portable circular saw* dan/atau *portable rotary peeler* atau *portable slicer* dan/atau *portable chipper*.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil studi kegiatan pemanenan kayu di hutan alam Papua Barat menunjukkan bahwa faktor pemanfaatan kayu berkisar antara 86,2–87,8% dengan rata-rata 86,9% dan faktor residu berkisar 12,3–13,8% dengan rata-rata 13,1%. Besarnya volume limbah berkisar antara 0,548–0,664 m³/pohon dengan rata-rata 0,564 m³/pohon. Faktor pemanfaatan kayu pada IUPHHK-HA yang menerapkan teknik *RIL* cenderung lebih tinggi dibandingkan IUPHHK-HA yang pemanenan kayunya masih dilakukan secara konvensional. Besarnya limbah penebangan kondisinya cacat (mata buaya, bengkok, *growing*, busuk hati) rata-rata 65,1%, pecah 23,3% dan yang masih baik 11,6%. Limbah kayu pecah selain diakibatkan oleh kondisi topografi yang curam juga diakibatkan kesalahan operator *chainsaw* dalam membuat takik rebah, takik balas dan arah rebah ke bagian bawah kemiringan lereng.

Guna meningkatkan faktor pemanfaatan dan mengurangi terjadinya pecah kayu disarankan

untuk meningkatkan keterampilan operator gergaji mesin dalam proses penebangan dan pembagian batang. Peningkatan nilai tambah limbah kayu dapat dilakukan dengan membangun industri pengolahan kayu di areal kerja menggunakan mesin pengolahan kayu baik tipe yang tidak bergerak (*non-portable*) atau yang mudah dipindahkan (*portable*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan pendanaan dari PT. Wijaya Sentosa Groups sehingga kegiatan ini dapat dilaksanakan dengan baik. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Bapak Ir. Andi Taufik Husain yang telah memberikan perhatian, dan bantuan pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Applegate, G., Kartawinata, K., & Klassen, A. (2001). Pedoman *reduced impact logging* Indonesia. Center for International Forestry Research, Bogor.
- Astana, S., Soenarno., & Endom, W. (2015). Potensi penerimaan negara bukan pajak dari limbah pemanenan di hutan alam dan hutan tanaman. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 12(3), 227–243.
- Budiaman, A., & Komalasari, P. (2012). Waste of felling and on-site production of teak squarewood of the community forest. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 18(3), 164–168. doi: 10.7226/jtfm.18.3.164.
- Budiaman, A., & Rahmat. (2009). Pengeluaran limbah penebangan hutan tanaman industri dengan sistem pemikulan manual (Penilaian performansi kualitatif), *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 15(3), 117–122.
- Fauziah, M. (2016). Produksi kayu hutan alam terus menurun. Diakses dari <http://www.republika.co.id/berita/ekonomi/bisnis/13/02/07/mhugxo-aphi-produksi-kayu-hutan-alam-terus-menurun>, pada 11 Januari 2016.

- Franceschi, J. P. D. (1991). *Economics of utilizing waste wood for energy*. Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
- Garland, J., & Jackson, D. (1997). *Felling and bucking techniques for woodland owners*. Oregon: Oregon State University.
- Hiesl, P. (2013). *Productivity standards for whole-tree and cut-to-length harvesting systems in Maine*. (Dissertation). The University of Maine, Maine.
- Idris, M. M., & Soenarno. (2015a). Penerapan metode *tree length logging* skala operasional di areal teknik silvikultur intensif: Studi kasus di PT. Parakanca Timber, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(1), 19–34.
- Idris, M. M., & Soenarno. (2015b). Unjuk kerja teknik penyaradan kayu dengan metode *tree length logging* pada hutan alam lahan kering. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(2), 153–166.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor: P.13/Menlhk-II/2015 tentang izin usaha industri primer hasil hutan (2015). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). *Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2015*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi, KLHK.
- Klassen, A. (2006a). *Operational considerations for Reduced Impact Logging*. Bogor: International Tropical Timber Organization (ITTO).
- Klassen, A. (2006b). *Pertimbangan dalam merencanakan pembalakan berdampak rendah*. Jakarta: Tropical Forest Foundation.
- Mansyur, A., Tirkaamiana, M., & Sutejo, H. (2013). Limbah pemanenan dan faktor eksploitasi IUPHHK-HA PT. Rizki Kacida Reana, Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur. *AGRIFOR*, XII, 116–131.
- Matangaran, J., Partiani, T., & Purnamasari, D. (2013). Faktor eksploitasi dan kuantifikasi limbah kayu dalam rangka peningkatan efisiensi pemanenan hutan alam. *Bumi Lestari*, 13(2), 384–393.
- Matangaran, J. R., & Anggoro, R. (2012). Limbah pemanenan jati di Banyuwangi Jawa Timur. *Jurnal Perennial*, 8(2), 88–92.
- Nurrachmania, M. (2009). *Potensi limbah pemanenan kayu di tempat pengumpulan kayu (TPn) IUPHHK-HA PT. Andalas Merapi Timber*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Nurrochmat, R. R. (2016). Prediksi keseimbangan *supply-demand* hasil hutan kayu Indonesia. Diakses dari https://www.google.co.id/?gws_rd=cr&ei=svOkWO1QoJKgBLCat4AM#9=PREDIKSI+KESEIMBANGAN+SUPPLY_DEMAND+HASIL+HUTAN+KAYU+INDONESIA&start=0, pada 4 Desember 2016.
- Occupational Safety and Health Service. (2001). *A guide to safety in tree felling and cross cutting. Wire*. Department of Labour. New Zealand.
- Ruslandi. (2013). *Penerapan pembalakan berdampak rendah-carbon (RIL-C)*. Jakarta: The Nature Conservancy.
- Ruslim, Y., Hinrichs, A., & Ulbricht, R. (1999). Panduan teknis pelaksanaan pembalakan ramah lingkungan. *Laporan kerja sama teknik Indonesia-Jerman*. Departemen Kehutanan dan Perkebunan, Jakarta.
- Soenarno, Dulsalam, & Endom, W. (2013). Faktor eksploitasi pada hutan produksi terbatas di IUPHHK-HA PT. Kemakmuran Berkah Timber. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 31(2), 151-160.
- Soenarno, Endom, W., Basari, Z., Suhartana, S., Dulsalam, & Yuniawati. (2016). Faktor eksploitasi hutan di Sub Region Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 34(4), 335–348.
- Soenarno & Idris, M. M. (2015). Pedoman teknis *tree length logging* di hutan alam produksi lahan kering. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Uusitalo, J., Kokko, S., & Kivinen, V. P. (2004). The effect of two bucking methods on Scots pine lumber quality. *Silva Fennica*, 38(3), 291–303. doi: 10.14214/sf.417.
- Ward, E. (2011). *Chainsaws — safety, operation, tree felling techniques*. Manhattan.

Lampiran 1. Faktor pemanfaatan dan faktor residu pada penebangan di IUPHHK-HA di Papua Barat
Appendix 1. Calculation of recovery rate and residual factor in harvesting of forest concession in West Papua

IUPHHK-HA (Forest concession)/Petak tebangan (Felling site)	Petak contoh pengamatan (Observation sample plots)	Kayu dimanfaatkan (Utilized wood, m ³)	Limbah kayu di petak tebangan (Wood waste at felling site, m ³)	Limbah kayu di TPn (Wood waste at landing point, m ³)	Volume kayu batang bebas cabang (Clear bole, m ³)	Faktor pemanfaatan (Recovery rate, %)	Faktor limbah (Residual factor, %)
PT. A							
1	1	4,185	0,661	0,027	4,873	85,9	14,1
	2	5,871	0,659	0,014	6,544	89,7	10,3
	3	3,712	0,694	0,000	4,406	84,2	15,8
2	1	4,430	0,469	0,177	5,076	87,3	12,7
	2	4,810	0,531	0,314	5,655	85,1	14,9
	3	3,748	0,495	0,051	4,294	87,3	12,7
3	1	4,109	0,729	0,031	4,869	84,4	15,6
	2	4,004	0,570	0,000	4,574	87,5	12,5
	3	4,600	0,560	0,003	5,163	89,1	10,9
4	1	2,806	0,219	0,000	3,025	92,8	7,2
	2	3,223	0,232	0,000	3,455	93,3	6,7
	3	2,844	0,471	0,000	3,315	85,8	14,2
PT. B							
1	1	4,185	0,914	0,080	5,178	80,8	19,2
	2	5,871	0,361	0,012	6,244	94,0	6,0
	3	3,712	0,783	0,046	4,541	81,7	18,3
2	1	4,430	0,594	0,000	5,023	88,2	11,8
	2	4,810	0,676	0,022	5,508	87,3	11,2
	3	3,748	0,545	0,063	4,356	86,0	17,0
3	1	4,109	0,822	0,002	4,921	83,5	#REF!
	2	4,004	0,886	0,087	4,960	80,7	19,3
	3	4,600	0,607	0,000	5,207	88,3	15,6
Rata-rata (Average)		4,578	0,564	0,035	5,293	86,5	12,2

Lampiran 2. Sebaran limbah penebangan pada penebangan di IUPHHK-HA di Papua Barat
Appendix 2. Distribution of felling waste in harvesting of forest concession in West Papua

Petak contoh		Limbah penebangan (Felling waste, m ³)						
IUPHHK-HA (Forest concession)	Pengamatan (Observation sample plots)	Tunggak (Stump)	Banir (Buttrees)	Pangkal (But)	Ujung (Top)	Jumlah (Total)	Topografi (Topography)	
PT. A								
1	1	0,130	0,180	0,072	0,279	0,661	Landai (Sloping)	
	2	0,080	0,305	0,142	0,131	0,659	Landai (Sloping)	
	3	0,078	0,271	0,203	0,141	0,694	Landai (Sloping)	
2	1	0,130	0,151	0,011	0,177	0,469	Agak curam (Rather steep)	
	2	0,115	0,120	0,103	0,193	0,531	Agak curam (Rather steep)	
	3	0,102	0,183	0,051	0,159	0,495	Agak curam (Rather steep)	
3	1	0,085	0,290	0,186	0,329	0,729	Curam (Steep)	
	2	0,088	0,210	0,163	0,109	0,570	Landai (Sloping)	
	3	0,118	0,180	0,102	0,160	0,560	Curam (Steep)	
4	1	0,039	0,092	0,025	0,063	0,219	Datar (Flat)	
	2	0,031	0,011	0,081	0,109	0,232	Landai (Sloping)	
	3	0,068	0,257	0,068	0,077	0,471	Landai (Sloping)	
PT. B								
1	1	0,058	0,616	0,051	0,188	0,914	Landai (Sloping)	
	2	0,045	0,185	0,055	0,076	0,361	Datar (Flat)	
	3	0,025	0,364	0,210	0,182	0,783	Landai (Sloping)	
2	1	0,071	0,345	0,083	0,096	0,594	Datar (Flat)	
	2	0,134	0,429	0,000	0,113	0,676	Datar (Flat)	
	3	0,141	0,141	0,000	0,263	0,545	Curam (Steep)	
3	1	0,088	0,124	0,060	0,208	0,480	Datar (Flat)	
	2	0,147	0,102	0,040	0,301	0,590	Datar (Flat)	
	3	0,145	0,258	0,040	0,171	0,607	Landai (Sloping)	
Total rata-rata (Grand average)		0,112	0,223	0,077	0,181	0,564		

Lampiran 3. Sebaran limbah penebangan
Appendix 3. *Distribution of felling waste*

IUPHHK-HA (Forest concession) / Petak tebang (Felling site)	Petak contoh pengamatan (Observation sample plots)	Limbah penebangan (Felling waste)						Topografi (Topography)	
		Baik (Good) (m ³)	Cacat (Decay) (%)	Pecah (Broken) (m ³)	Jumlah (Total) (m ³)				
PT. A									
1	1	0,200	30,3	0,368	55,7	0,093	14,0	0,661	Landai (Sloping)
	2	0,166	25,2	0,474	71,9	0,019	2,8	0,659	Landai (Sloping)
	3	0,157	22,6	0,409	58,9	0,129	18,5	0,694	Landai (Sloping)
2	1	0,039	8,2	0,221	47,0	0,210	44,8	0,469	Agak curam (Rather steep)
	2	0,031	6,0	0,306	58,5	0,186	35,5	0,523	Agak curam (Rather steep)
	3	0,033	6,7	0,310	62,6	0,152	30,7	0,495	Agak curam (Rather steep)
3	1	0,000	0,0	0,238	32,6	0,491	67,4	0,729	Curam (Steep)
	2	0,013	2,3	0,210	36,8	0,347	60,9	0,570	Landai (Sloping)
	3	0,000	0,0	0,180	32,1	0,380	67,9	0,560	Curam (Steep)
4	1	0,000	0,0	0,156	71,2	0,063	28,8	0,219	Datar (Flat)
	2	0,000	0,0	0,123	53,0	0,109	47,0	0,232	Landai (Sloping)
	3	0,000	0,0	0,393	83,6	0,077	16,4	0,471	Landai (Sloping)
PT. B									
1	1	0,226	24,0	0,677	74,6	0,01	1,1	0,914	Landai (Sloping)
	2	0,096	26,5	0,266	73,6	0	0,0	0,361	Datar (Flat)
	3	0,195	24,9	0,449	57,3	0,139	17,8	0,783	Landai (Sloping)
2	1	0,044	8,6	0,467	84,9	0,082	6,5	0,593	Datar (Flat)
	2	0,033	4,9	0,627	92,8	0,016	2,4	0,676	Datar (Flat)
	3	0,069	13,6	0,329	76,8	0,147	9,6	0,545	Curam (Steep)
3	1	0,063	13,1	0,357	74,4	0,06	12,5	0,480	Datar (Flat)
	2	0,033	5,6	0,516	87,5	0,041	6,9	0,590	Datar (Flat)
	3	0,135	21,1	0,382	70,3	0,053	8,6	0,607	Landai (Sloping)
Total rata-rata (Grand average)		0,073	11,6	0,355	65,1	0,134	23,3	0,564	

