

Original Research

Limbah Penebangan Kayu di Perusahaan PT. Dwimajaya Utama

I Nyoman Surasana^{1,*}, Kristiani D Limbong¹, Yosep¹¹ Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya. Kampus UPR Tunjung Nyaho, Jl. Yos Sudarso Palangka Raya, Indonesia, 73111* Korespondensi: I Nyoman Surasana (Email: nyomansurasana@for.upr.ac.id)

Diterima: 17 Juni 2020

Direvisi: 23 September 2020

Disetujui: 24 September 2020

Abstract

This study aims to determine the volume of wood waste (in units of m³ and %) in IUPHHK-HA PT. Dwimajaya Utama. The research was carried out in cutting plots K-18 (RKT 2015) and felling plots J-21 (RKT 2016). As many as 8 units of sample plots measuring of 100 m x 100 m were purposively selected and then the waste resulted from 56 trees that had been felled were observed. The results showed that the woods potential on the cutting plot K-18 were 229.32 m³ while on plot J-21 were 200.03 m³, total volume of waste from the two cutting plots were 429.35 m³. Second, the realization of logs production on the felling plot K-18 were 165.29 m³ (72.07%) and on plot J-21 were 145.73 m³ (72.86%) and the total from the two cutting plots were 311.02 m³ (72.44%). Thirdly, the amount of felling waste on felling plot K-18 were 64.05 m³ (27.93%) and on plot J-21 were 54.28 m³ (27.14%); resulting the total waste from both felling plots were 118.33 m³ (27.56%). Percentage of waste to production on felling plot K-18 were 38.75%, and on plot J-21 were 37.25%, and the mean from the two cutting plots were 38.00%. Forest potential structure for the two logging plots, namely timber potential around 429.35 m³, realized logs production of 311.02 m³ (72.44%) and resulted waste around 118.33 m³ (27.56%). The relatively low percentage of felling waste indicates that the application of RIL (Reduce Impact Logging) in logging activities is relatively successful.

Keywords

Forest, timber harvesting, wood harvesting waste

1. PENDAHULUAN

Sebagai sumberdaya alam hayati, hutan memiliki manfaat sangat besar bagi kehidupan, sumberdaya hutan yang banyak dimanfaatkan manusia adalah kayu. Kayu diolah supaya mempunyai nilai ekonomi, kegiatan mengeluarkan kayu dari hutan disebut dengan pemanenan kayu. Conway (dikutip oleh Wulan et al., 2020) menyatakan bahwa pemanenan kayu adalah rangkaian kegiatan pemindahan kayu dari hutan ke tempat pengolahan melalui tahapan kegiatan penebangan (*timber cutting*), penyaradan (*skidding or yarding*), pengangkutan (*transportation*) dan pengujian (*grading*). Sementara itu Matangaran et al. (2013) menyebutkan bahwa pemanenan hutan atau pemungutan hasil hutan adalah pemungutan hasil hutan berupa kayu melalui semua tindakan yang berhubungan dengan penebangan, pembagian batang, penyaradan, pengangkutan, penimbunan.

Dengan pengertian pemanenan hutan (kayu) diatas, maka kegiatan pemanenan kayu meliputi lima kegiatan (Elias, 1988). *Pertama*, penebangan, yaitu proses mengubah pohon berdiri menjadi kayu bulat yang dapat diangkut keluar hutan untuk dimanfaatkan. Empat prinsip dasar

penebangan adalah meminimalkan kecelakaan, meminimalkan kerugian dan kerusakan pohon, memaksimalkan nilai produk kayu bulat dari tiap pohon dan tidak menyulitkan kegiatan selanjutnya. *Kedua*, pembagian batang, yaitu kegiatan yang dilakukan setelah pohon rebah, berupa membagi batang menjadi ukuran-ukuran tertentu, dengan tujuan untuk mendapatkan kayu sesuai ukuran dan standar yang dibutuhkan atau dipesan oleh pembeli. Ketidak sempurnaan pada pengukuran dan pembagian batang mengakibatkan kayu tidak laku di jual atau nilai ekonomisnya menjadi turun, bahkan dapat menjadi limbah.

Ketiga, penyaradan, merupakan kegiatan memindahkan kayu dengan cepat dan murah dari tempat penebangan (petak tebang) ke tempat pengumpulan kayu sementara (TPn). Penyaradan merupakan tahap awal dari kegiatan pengangkutan kayu sehingga disebut sebagai *minor transportation*. *Keempat*, muat bongkar kayu. Muat kayu merupakan kegiatan memindahkan kayu dari tanah ke atas kendaraan angkut yang dilakukan di TPn atau Tempat Penimbunan Kayu (TPK), sedangkan bongkar (pembongkaran) kayu adalah kegiatan menurunkan kayu

dari atas alat angkut ke TPK atau di Industri. Tiga prinsip pada kegiatan muat bongkar kayu adalah cepat, ekonomis dan peralatan selalu siap. Kelima, pengangkutan kayu, yaitu kegiatan memindahkan kayu (*logs*) dari TPn ke tujuan akhir yaitu TPK atau logyard atau logpond atau pabrik. Kegiatan pengangkutan kayu disebut dengan istilah *major transportation*. Makin besar ukuran kayu maka waktu penanganannya dan waktu angkutan per satuan volume akan semakin kecil, selanjutnya kayu akan turun kualitasnya jika dibiarkan terlalu lama di dalam hutan.

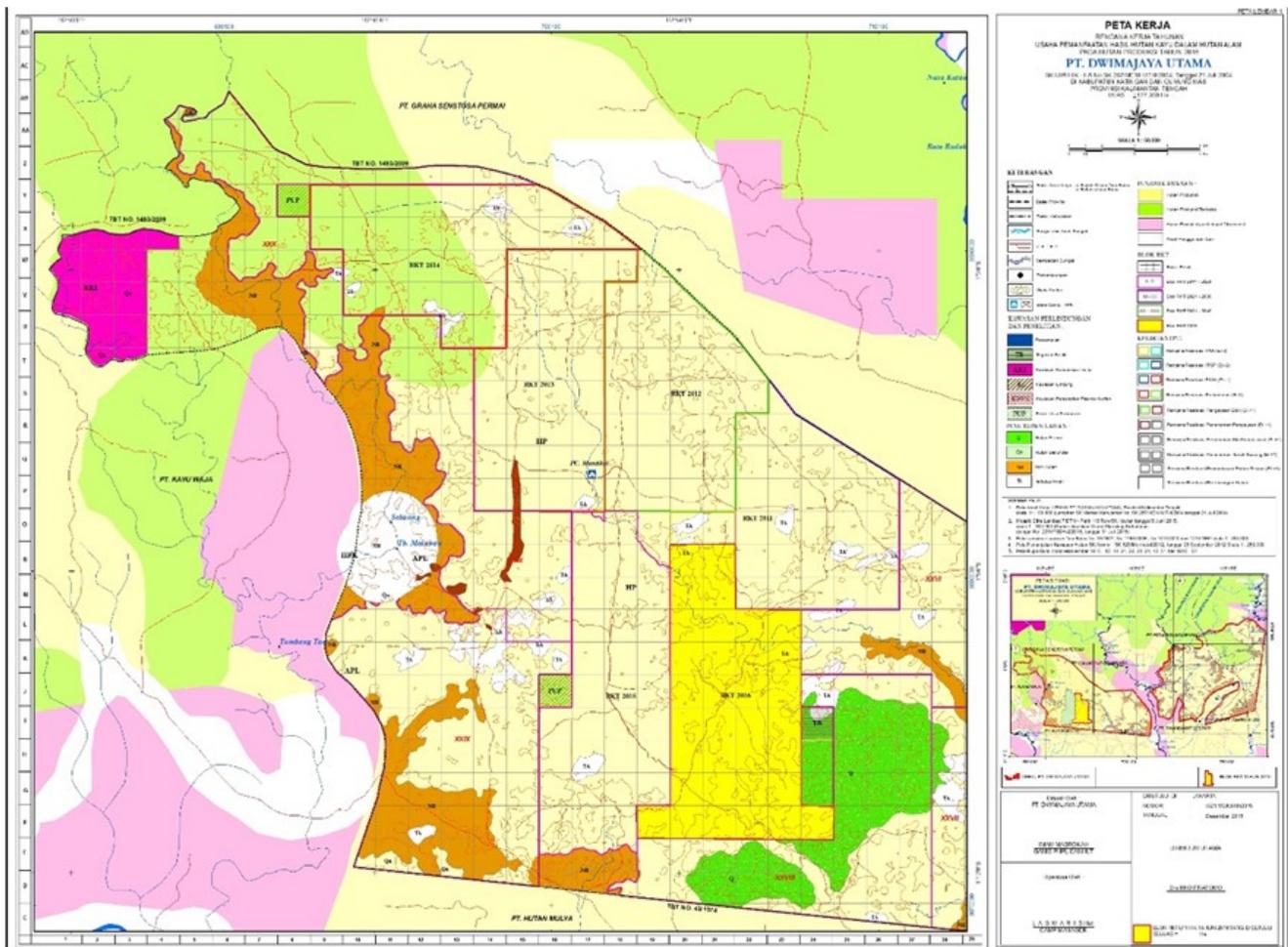
Pada kegiatan pemanenan kayu, pohon yang sudah ditebang hanya sebagian saja dimanfaatkan, bagian yang tidak dimanfaatkan disebut dengan limbah. Limbah kayu tersebut berbentuk tunggak, batang bebas cabang, cabang dan potongan pendek, tempat terjadinya limbah adalah petak tebangan, TPn, TPK, dan limbah akibat pembuatan jalan sarad. Peningkatan limbah pemanenan sering terjadi akibat kesalahan teknis di lapangan dan juga akibat kebijakan perencanaan pemanenan yang kurang tepat, keberadaan limbah ini sering kali diabaikan karena pemanfaatannya dianggap menyulitkan dan mahal, padahal pemanfaatan limbah pemanenan dapat memaksimalkan pemanfaatan potensi hutan, dan dapat mengurangi luasan penebangan untuk menghasilkan volume produksi dalam jumlah yang sama.

Pemanfaatan kayu di Indonesia sampai saat ini belum efektif dan efisien karena jumlah kayu yang dimanfaatkan pada umumnya masih rendah dibandingkan dengan volume kayu yang ditebang. Bagian pohon seperti tunggak, cabang, ranting, dan batang cacat umumnya ditinggalkan didalam hutan dan menjadi limbah (Tinambunan, 2001; Suwarna dan Matangaran, 2013; Soenarno et al., 2020). Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui volume limbah kayu (dalam m³ dan persen) pada petak tebangan di IUPHHK-HA PT. Dwimajaya Utama, yang bermanfaat sebagai salah satu informasi untuk mengetahui tingkat keberhasilan pelaksanaan RIL (*Reduce Impact Logging*) pada kegiatan penebangan.

2. METODOLOGI

2.1. Objek, Tempat dan Waktu

Objek penelitian adalah pohon yang ditebang dan limbah kayu hasil penebangan pada petak tebangan K-18 (RKT 2015) dan petak tebangan J-21 (RKT 2016) PT. Dwimajaya Utama Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah, selama 1 (satu) bulan. Lokasi RKT 2016 PT. Dwimajaya Utama disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian di RKT 2016 PT. Dwimajaya Utama

2.2. Jenis Data dan Plot Contoh

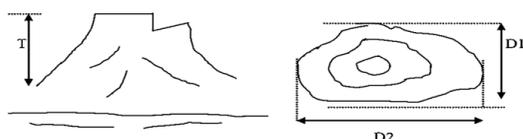
Jenis data penelitian bersifat primer dan sekunder. Data primer adalah limbah kegiatan penebangan yang diperoleh dengan cara pengukuran langsung di lapangan pada petak tebangan K18 dan J21. Data sekunder adalah berupa informasi pendukung penelitian seperti keadaan umum perusahaan dan Laporan Hasil Cruising (LHC) diperoleh dari data yang ada pada perusahaan.

Pengukuran limbah kegiatan penebangan dilakukan pada setiap plot contoh dengan ukuran 100 m x 100 m (luasnya 1 ha/unit plot contoh). Plot contoh dibuat sebanyak 8 unit, penempatan plot contoh dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

2.3. Pengukuran Sortimen Limbah Penebangan

Sortimen limbah penebangan dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian di bawah cabang pertama dan bagian dari cabang pertama ke atas. Bagian di bawah cabang pertama meliputi tunggak dan batang bebas cabang, sedangkan bagian dari cabang pertama ke atas terdiri dari batang atas dan dahan. Secara rinci sortimen penebangan yang diukur meliputi:

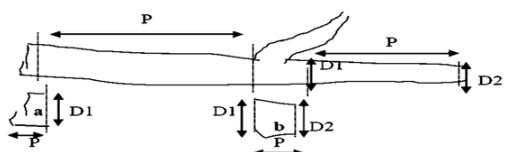
1. Limbah tunggak yaitu bagian bawah pohon yang berada di bawah takik rebah dan takik balas, dimensi yang diukur meliputi diameter dan tinggi tunggak (Gambar 2).



Gambar 2. Pengukuran Tunggak

Keterangan
D = diameter T = tinggi tunggak

2. Limbah batang bebas cabang yaitu batang utama dari atas tunggak atau banir sampai cabang pertama (Gambar 3). Limbah batang bebas cabang dapat berupa potongan pendek ataupun kayu gelondongan. Potongan pendek adalah bagian batang utama yang mengandung cacat (rusak) dan perlu dipotong; potongan pendek juga meliputi batang dengan cacat tampak, pecah, busuk dan kerusakan fisik lainnya. Kayu gelondongan terjadi jika batang jatuh ke jurang atau pecah terlalu banyak sehingga ditinggalkan. Dimensi limbah batang bebas cabang yang diukur meliputi: diameter pangkal, diameter ujung dan panjang batang.

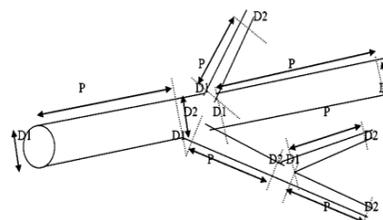


Gambar 3. Pengukuran limbah batang bebas cabang dan batang bagian atas

Keterangan

- a dan b = potongan sisa
- A = batang bebas cabang/batang utama
- B = Batang Atas
- D1 = diameter pangkal
- D2 = diameter ujung
- P = panjang limbah

3. Limbah batang atas yaitu bagian batang dari cabang pertama sampai tajuk yang merupakan perpanjangan dari batang utama. Dimensi limbah batang atas meliputi: diameter pangkal, diameter ujung dan panjang batang (Gambar 4).



Gambar 4. Pengukuran limbah batang atas

Keterangan

- D1 = diameter pangkal
- D2 = diameter ujung
- P = panjang limbah

2.4. Analisis Data

Analisis data meliputi perhitungan: volume pohon berdiri, volume limbah dan logs, volume tunggak berbanir, volume limbah per hektar, volume limbah per pohon dan persen limbah (meliputi persen limbah berdasarkan potensi pohon dan persen limbah berdasarkan total limbah).

1. Volume pohon berdiri, dihitung dengan rumus:

$$V = 1 / 4 \times \pi \times \left(\frac{D}{100} \right)^2 \times T \times F$$

dimana
V = volume pohon berdiri (m³)
D = diameter pohon (cm)
T = tinggi pohon (m)
π = konstanta (3,14)
F = angka bentuk (0,7)

2. Volume limbah dan logs, dihitung dengan rumus empiris Brereton (Dirjen Pengusahaan Hutan, 1993):

$$V_i = 1/4 \times \pi \times \left\{ \frac{1/2 \times (D_p - D_u)}{100} \right\}^2 \times P$$

dimana:
V_i = volume limbah/logs (m³)
D_p = diameter pangkal limbah/logs (cm)
D_u = diameter ujung limbah/logs (cm)
P = panjang limbah/logs (m)
π = konstanta (3,14)

3. Volume tunggak berbanir, dihitung dengan rumus (Soenarno et al., 2016):

$$V_t = V_b + V_{ttb}$$

$$V_b = \sum (1/6 \times 10 \times a \times p \times l)$$

$$V_{ttb} = 1/4 \times \pi \times \left(\frac{dp^2 + du^2}{10.000} \right) \times L$$

Keterangan

Vt = volume tunggak (m³)

Vb = volume banir/seksi pertama (m³)

Vttb = volume tunggak tanpa banir/seksi kedua (m³)

Dp = diameter pangkal (cm)

Du = diameter ujung (cm)

a = tebal sisi alas banir

p = panjang banir (cm)

l = tinggi banir (cm)

L = Tinggi tunggak (m)

4. Volume limbah per hektar, dihitung dengan rumus:

$$\text{Volume limbah (m}^3/\text{ha)} = \frac{\text{Volume total limbah (m}^3\text{)}}{\text{Luas plot contoh (ha)}}$$

5. Volume limbah per pohon, dihitung dengan rumus:

$$\text{Volume limbah (\%)/pohon} = \frac{\text{Volume total limbah (m}^3\text{)}}{\text{Jumlah pohon yang ditebang (pohon)}}$$

6. Persen limbah

- a. Persen limbah berdasarkan potensi pohon, dihitung dengan rumus:

$$\text{Volume limbah (\%)} = \frac{\text{Volume total limbah (m}^3\text{)}}{\text{Volume pohon menurut LHC (m}^3\text{)}}$$

- b. Persen limbah per petak, dihitung dengan rumus:

$$\text{Volume limbah (\%)/petak} = \frac{\text{Volume total limbah di petak (m}^3\text{)}}{\text{Volume limbah total (m}^3\text{)}}$$

bongkar dan pengangkutan. Perusahaan PT. Dwimajaya Utama melakukan pemanenan secara mekanis, dengan teknik pemanenan RIL (*Reduce Impact Logging*), menggunakan sistem silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI), pada areal hutan dengan katagori Hutan Produksi Terbatas.

Penebangan pohon dilaksanakan oleh regu tebang yang melakukan penebangan dari satu pohon ke pohon berikutnya, satu regu tebang terdiri dari 2 (dua) orang yaitu *chainsawman* dan pembantu (*helper*). Kegiatan penebangan diawali dengan mencari pohon, menentukan arah rebah, membersihkan tumbuhan bawah (semak-semak) di sekitar pohon, menentukan dan membuat jalan penyelamatan, membuat takik rebah dan takik balas, terakhir memotong ujung dan pangkal pohon rebah.

Jenis Pohon yang ditebang: Keruing (*Dipterocarpus boorneensis* V.SI), Benuas (*Shorea leavis* Ridl), Balau (*Shorea guiso*), Bangkirai (*Shorea teysmani*), kelompok Meranti dan jenis komersil lainnya. Kelompok Meranti meliputi: Meranti Kerakas (*Shorea lamellate*), Meranti Merah (lenan, letang) (*Shorea parvifolia* Dyer), Meranti Kuning (*Shorea sp*) dan Meranti Putih (*Shorea sp*).

Pohon yang ditebang berdiameter minimal 40 cm, sehat, bernilai komersial, dan pada saat Inventarisasi Tegakan Sebelum Penebangan (ITSP) diberi label warna merah. Jumlah dan volume pohon hasil penebangan disajikan pada Tabel 1.

Nilai rata-rata jumlah pohon yang ditebang (sesuai LHP) per ha adalah 8 pohon (dibulatkan) dengan volume 40,82 m³ (Tabel 1). Jumlah pohon dan volume pohon yang ditebang per ha pada petak tebang J-21 lebih besar dari petak tebang K-18 dan nilai rata-rata untuk kedua petak tebang. Jadi tingkat kerapatan pohon per ha pada petak tebang J-21 lebih tinggi dari petak tebang K-18 dan nilai rata-rata untuk kedua petak tebang.

Tingkat efisiensi penebangan menurut LHP (Tabel 1) pada petak tebang K-18 = 165,29 m³ (33,06 m³/ha), petak tebang J-21 = 145,73 m³ (48,58 m³/ha) dan nilai total untuk kedua petak tebang = 311,02 m³ (40,82 m³/ha). Realisasi produksi logs per ha pada petak tebang J-21 lebih besar dari petak tebang K-18 dan nilai rata-rata untuk kedua petak tebang, sedangkan ukuran dimensi pohon yang ditebang pada petak K-18 lebih besar dari petak tebang J-2 dan nilai rata-rata untuk kedua petak tebang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Realisasi Pemanenan

Pemanenan mencakup empat kegiatan utama yaitu penebangan, pembagian batang, penyaradan, muat

Tabel 1. Jumlah dan volume pohon hasil kegiatan penebangan

Petak*)	Luas plot (ha)	Jumlah penebangan			Rataan	
		(batang)	(m ³)	(pohon/ha)	(m ³ /pohon)	(m ³ /ha)
K-18	5	27	165,29	5,40	6,12	33,06
J-21	3	29	145,73	9,67	5,03	48,58
Total	8	56	311,02	15,07	11,15	81,64
Rataan	-	-	-	7,54	5,58	40,82

*) Jumlah plot pada Petak tebang: K-18 = 5 bh (5 ha) dan J-21 = 3 bh (3 ha)

Sumber: Laporan Hasil Produksi (LHP) perusahaan

3.2. Limbah Kayu Hasil Kegiatan Penebangan

Sumber limbah penebangan adalah limbah cabang pertama ke bawah (berupa limbah tunggak dan limbah batang bebas cabang) dan limbah di atas cabang pertama, limbah umumnya dalam kondisi baik. Jumlah limbah kayu hasil kegiatan penebangan disajikan pada Tabel 2.

Jumlah limbah (Tabel 2) pada petak tebangan K-18 = 64,05 m³ (12,81 m³/ha), petak tebangan J-21= 54,28 m³ (18,09 m³/ha) dan nilai total untuk kedua petak tebangan = 118,33 m³ (15,45 m³/ha). Volume limbah per ha pada petak tebangan J-21 lebih besar dari petak tebangan K-18 dan nilai rata-ran untuk kedua petak tebangan, hal ini terjadi karena penebangan pada petak J-21 lebih banyak meninggalkan limbah pada saat *trimming* pangkal dan ujung pohon (setelah pohon rebah) akibat cacat pada logs (berupa cacat alami maupun cacat mekanis).

3.3. Persentase Limbah terhadap Potensi Kayu (LHC)

Potensi hutan menurut Laporan Hasil Cruising/LHC (Tabel 3) pada Petak tebangan K-18 = 229,32 m³ (45,86 m³/ha), petak tebangan J-21= 200,03 m³ (66,68 m³/ha) dan nilai total untuk kedua petak tebangan = 429,35 m³ (53,67 m³/ha). Besarnya potensi volume kayu per pohon (menurut LHC) pada petak tebangan K-18 (8,49 m³/pohon) lebih besar dari petak tebangan J-21 (6,90 m³/pohon) dan nilai rata-ran untuk kedua petak tebangan (7,67 m³/pohon). Potensi volume kayu per ha pada petak tebangan J-21 lebih besar dari petak tebangan K-18 dan nilai rata-ran untuk kedua petak tebangan.

Persentase volume limbah (Tabel 3) terhadap potensi hutan (LHC) pada petak tebangan K-18 (27,93%) lebih besar dari petak tebangan J-21 (27,14%) dan nilai rata-ran untuk kedua petak tebangan (27,56%). Persentase limbah hasil penelitian ini (27,56%) lebih kecil dibandingkan dengan persentase limbah pada di IUPHHK PT. Sumalindo Lestari Jaya sebesar 36% (Sasmita, 2003) dan persentase limbah pemanenan kayu pada hutan tropika basah dari suatu HPH di Kalimantan Timur yang mencapai 39,9% (Widiyanto, 1981 dalam Muhdi, 2006), sebaliknya lebih besar dibandingkan dengan persentase limbah pada PT. Salaki Summa Sejahtera sebesar 23,60% (Partiani, 2010). Ketidak sempurnaan dalam pemotongan dan pembagian batang, cacat pada pohon, dan minimnya pengawasan oleh manajemen pada kegiatan penebangan yang dilakukan oleh regu tebang di petak tebangan menyebabkan meningkatnya volume limbah yang terjadi.

3.4. Persentase Limbah terhadap Realisasi Penebangan (LHP)

Persentase limbah terhadap realisasi produksi logs berdasarkan Laporan Hasil Produksi/LHP (Tabel 4) pada petak tebangan K-18 (38,75%) lebih besar dari petak tebangan J-21 (37,25%) dan nilai rata-ran untuk kedua petak tebangan (38,00%). Struktur pemanfaatan potensi hutan berupa kayu pada 56 pohon yang diamati (Tabel 3 dan 4) adalah potensi hutan menurut LHC = 429,35 m³, besarnya pemanfaatan kayu berupa logs (menurut LHP) = 311,02 m³

Tabel 2. Jumlah limbah kayu hasil kegiatan penebangan

Petak ^{*)}	Luas plot (ha)	Jumlah pohon (batang)	Jenis limbah			Total Limbah	
			Tunggak tanpa banir (m ³)	Tunggak berbanir (m ³)	Batang (m ³)	(m ³)	(m ³ /ha)
K-18	5	27	16,04	18,78	29,23	64,05	12,81
J-21	3	29	18,12	17,83	18,33	54,28	18,09
Total	8	56	34,16	36,61	47,56	118,33	30,90
Rataan	-	-	-	-	-	-	15,45

*) Jumlah plot: pada petak tebangan K-18 = 5 bh (5 ha) dan J-21 = 3 bh (3 ha)

Sumber: Data hasil pengamatan

Tabel 3. Persentase limbah kegiatan penebangan terhadap potensi kayu

Petak ^{*)}	Luas plot (ha)	Jumlah pohon (batang)	LHC			Limbah	
			(m ³)	(m ³ /ha)	(m ³ /pohon)	(m ³)	(%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(4)/(2)	(6)=(4)/(3)	(7)	(9) = ((7)/(4))*100
K-18	5	27	229,32	45,86	8,49	64,05	27,93
J-21	3	29	200,03	66,68	6,90	54,28	27,14
Total	8	56	429,35	53,67	7,67	118,33	55,07
Rataan	-	-	-	-	-	-	27,56

Sumber: Pengolahan data hasil pengamatan dan laporan hasil cruising (LHC)

Tabel 4. Persentase limbah terhadap realisasi penebangan

Petak	Luas plot (ha)	Jumlah pohon (batang)	LHP (m ³)	Limbah	
				(m ³)	(%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=((5)/(4))*100
K-18	5	27	165,29	64,05	38,75
J-21	3	29	145,73	54,28	37,25
Total	8	56	311,00	118,33	76,00
Rataan	-	-	-	-	38,00

Sumber: Pengolahan data hasil pengamatan dan laporan hasil produksi (LHP)

(72,44% dari LHC) dan realisasi limbah kegiatan penebangan = 118,33 m³ (27,56% dari LHC).

Persentase limbah penebangan yang relatif lebih rendah pada PT. Dwimajaya Utama menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan potensi hutan berupa kayu relatif besar dan penerapan RIL (*Reduce Impact Logging*) pada kegiatan penebangan relatif berhasil.

4. KESIMPULAN

Jumlah pohon yang ditebang pada petak tebangan K-18 (RKT 2015) sebanyak 27 batang dengan volume LHC = 229,32 m³ (45,87 m³/ha), Volume LHP = 165,29 m³ (33,06 m³/ha) dan volume limbah = 64,05 (12,81 m³/ha). Sedangkan pada petak tebangan J-21 (RKT 2016) jumlah pohon yang ditebang sebanyak 29 batang dengan volume LHC = 200,03 m³ (66,67 m³/ha), Volume LHP = 145,73 m³ (48,58 m³/ha) dan volume limbah = 54,28 m³ (18,09 m³/ha). Potensi hutan total untuk kedua petak tebangan atau kedua RKT: potensi kayu = 429,35 m³, realisasi produksi logs = 311,04 m³ (72,44%) dan limbah = 118,33 m³ (27,56%). Nilai rata-rata potensi hutan untuk kedua petak tebangan: potensi hutan (LHC) = 53,67 m³/ha, hasil produksi logs (LHP) = 38,88 m³/ha dan limbah hasil penelitian = 14,79 m³/ha. Berdasarkan potensi kayu (LHC), maka tingkat efisiensi penebangan (LHP) = 72,44% dan besarnya limbah = 27,56%. Persentase limbah penebangan yang relatif lebih rendah menunjukkan bahwa tingkat penerapan RIL (*Reduce Impact Logging*) pada kegiatan penebangan relatif berhasil.

DAFTAR PUSTAKA

Ditjen Pengusahaan Hutan. 1993. *Petunjuk Cara*

Pengukuran dan Penetapan Isi Kayu Bulat Rimba Indonesia. Direktorat Jendral Pengusahaan Hutan, Jakarta.

Elias. 1988. *Pembukaan Wilayah Hutan*. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

Matangaran, J.R., Partiani, T. and Purnamasari, D.R., 2013. Faktor eksploitasi dan kuantifikasi limbah kayu dalam rangka peningkatan efisiensi pemanenan hutan alam. *Jurnal Bumi Lestari*, 13(2), 384-393.

Muhamdi. 2006. *Limbah Pemanenan*. Karya Tulis Departemen Kehutanan. Universitas Sumatera Utara, Medan.

Partiani, T. 2010. *Limbah Pemanenan Kayu dan Faktor Eksploitasi di Hutan Alam PT. Salaki Summa Sejahtera, Pulau Siberut Sumatera Barat*. Skripsi Sarjana Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

Sasmita, R. L., 2003. *Limbah Pemanenan Hutan Alam di Indonesia*. Skripsi Sarjana Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

Soenarno, S., Edom, W., Basari, Z., Dulsalam, D., Suhartana, S. and Yuniawati, Y., 2016. Faktor Eksploitasi Hutan Di Sub Regional Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 34(4), 335-348.

Soenarno, S., Dulsalam, D. and Yuniawati, Y., 2020. Uji Coba Penebangan Kayu Berbasis Zero Waste Dan Ramah Lingkungan Pada Hutan Alam Di Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 38(2), 101-114.

Suwarna, U. and Matangaran, J.R., 2013. Ciri Limbah Pemanenan Kayu di Hutan Rawa Gambut Tropika. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 18(1), 61-65.

Tinambunan, D. 2001. Pemborosan Kayu dalam Pemanenan Hutan Alam di Luar Pulau Jawa dan Upaya Mengatasinya. Diakses dari: <http://www.dephut.go.id/> (29 Maret 2016).

Wulan, D.R., Itta, D. and Rezekiah, A.A., 2020. Analisis Waktu Efektif Penebangan Jenis Akasia (*Acacia mangium*) di Areal IUPHHK-HT PT INHUTANI II Pulau Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 3(1), 104-111.