

## POTENSI LIMBAH PENEBAANGAN DI HUTAN ALAM DAN FAKTOR YANG MEMENGARUHINYA

### LOGGING WASTE POTENTIAL IN NATURAL FOREST AND ITS AFFECTING FACTORS

Paulus Nadun Kedang dan Diah Rakhmah Sari\*

Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman  
Kampus Gunung Kelua, Jl. Penajam Kecamatan Samarinda Ulu  
Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur 75123

\*e-mail: [rakhmah\\_sari@yahoo.com](mailto:rakhmah_sari@yahoo.com)

#### ABSTRACT

*Timber harvesting does not only have to produce good quality logs, but the important thing is to meet the quantity of wood for industrial needs. However, harvesting wood, especially in logging activities in logging plots, the occurrence of logging waste is inevitable. This study aimed to determine the volume of logging waste, the volume of wood used, the percentage of waste in the logging plots in natural forests, and the factors that influence it. Primary data were taken by measuring the slope of the logging area, diameter, and length of the stump and stem waste in the logging plots on 85 samples in three plots, namely plots 2, 7, and 23 in the 2020 Block area at PT Kemakmuran Berkah Timber. Meanwhile, secondary data consisted of tree species and the area (plot) of the study site. The results showed that the volume of stump waste in the felling plots is greater than that of stem waste, where the total waste stump is  $46.99 \text{ m}^3$  with an average waste volume per tree of  $0.55 \text{ m}^3$ . At the same time, the total volume of stem waste is  $30.2 \text{ m}^3$ , with an average volume of trunk waste per tree of  $0.35 \text{ m}^3$ . The total volume of stump and stem waste is  $77.55 \text{ m}^3$ , with an average waste volume per tree of  $0.91 \text{ m}^3$ . The average volume of waste utilized per tree is  $5.23 \text{ m}^3$ , and the average per hectare is  $1.80 \text{ m}^3$ . Overall, the percentage of waste in the logging plots was 44.40%, with an average volume percentage of waste per tree of 0.52% and an average of 0.18% per hectare. The factors that influence the occurrence of logging waste at PT KBT are the diameter of the stump, the diameter of the stem waste, and the type of sinker wood.*

**Keywords:** *natural forest, logging waste, wood felling, wood volume.*

#### ABSTRAK

Pemanenan kayu tidak hanya harus menghasilkan kualitas kayu bulat yang baik, tetapi yang utama juga bertujuan untuk memenuhi kuantitas kayu untuk kebutuhan industri. Namun, proses pemanenan kayu, khususnya pada kegiatan penebangan pohon di petak tebangan, tidak dapat terhindar dari adanya limbah penebangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung volume limbah penebangan, volume kayu yang dimanfaatkan, persentase limbah di petak tebangan dan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Data primer diambil dengan melakukan pengukuran kelerengkan areal tebangan, diameter dan panjang limbah tunggak dan batang di

petak tebangan terhadap 85 sampel yang berada di tiga petak, yaitu petak 2, 7, dan 23 di areal Blok RKT 2020 di PT Kemakmuran Berkah Timber (KBT). Sedangkan data sekunder berupa jenis pohon dan luas areal (petak) lokasi penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume limbah tunggak di petak tebangan lebih besar dari volume limbah batang, dimana total keseluruhan limbah tunggak adalah sebesar 46,99 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah per pohon sebesar 0,55 m<sup>3</sup>, sedangkan total volume limbah batang adalah 30,2 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah batang per pohon sebesar 0,35 m<sup>3</sup>. Total volume limbah tunggak dan batang adalah sebesar 77,55 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah per pohon sebesar 0,91 m<sup>3</sup>. Adapun rata-rata volume kayu yang dimanfaatkan per pohon adalah sebesar 5,23 m<sup>3</sup> dan rata-rata per hektar sebesar 1,80 m<sup>3</sup>. Secara keseluruhan, persentase limbah yang terjadi di petak tebangan adalah sebesar 14,80 %, setara dengan rata-rata persentase volume limbah per pohon sebesar 14,82 %, sedangkan rata-rata persentase limbah per hektarnya sebesar 14,70 %. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya limbah penebangan di PT KBT adalah diameter tunggak, diameter limbah batang, dan jenis kayu tenggelam.

**Kata kunci:** hutan alam, limbah pemanenan kayu, penebangan kayu, volume kayu.

## PENDAHULUAN

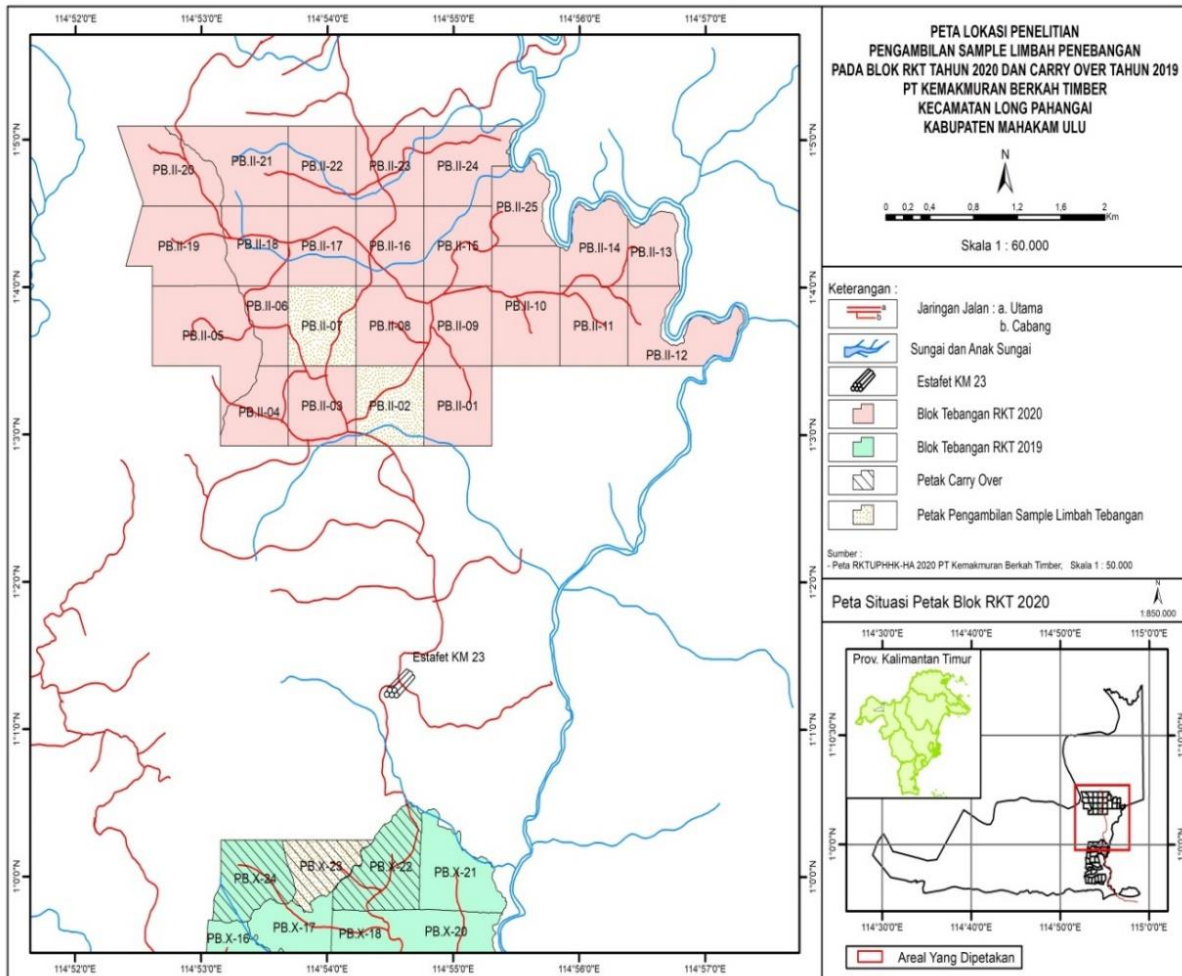
Pengelolaan hutan alam bertujuan untuk menghasilkan bahan baku kayu bagi industri perindustri melalui proses pemanenan hutan. Selain untuk pemenuhan kuantitas bahan baku kayu, proses pemanenan hutan juga diharapkan dapat menjaga kualitas kayu bulat yang dihasilkan (Soenarno, *et al.*, 2018). Namun, proses pemanenan kayu di hutan alam sampai saat ini tidak bisa mencegah terjadinya kayu sisa penebangan yang tidak termanfaatkan, yang disebut dengan limbah penebangan (Budiaman & Audia, 2022). Penyebabnya adalah tidak semua bagian pohon yang ditebang bersifat komersial atau laku untuk dijual, dan bisa diolah dalam proses produksi selanjutnya (Mansur, *et al.*, 2013).

Salah satu tahapan pemanenan kayu adalah penebangan pohon di petak tebangan. Namun dalam prosesnya, kegiatan penebangan pohon menjadi penyumbang terbesar bagi keberadaan limbah pemanenan kayu (Budiaman & Pradata, 2013; Sari & Ariyanto, 2018). Keberadaan limbah tersebut perlu mendapat perhatian, terlebih potensi limbah terbesar berada di petak tebangan (Mansur, *et al.*, 2013; Matangaran, *et al.*, 2013). Limbah penebangan di petak tebangan diantaranya berbentuk limbah tunggak dan limbah batang/potongan pendek sisa pemotongan pangkal dan ujung kayu (Matangaran & Anggoro, 2012; Surasana, *et al.*, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui volume limbah penebangan, volume kayu yang dimanfaatkan, persentase limbah di petak tebangan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Penelitian tentang identifikasi dan potensi limbah kayu sangat diperlukan, agar diketahui seberapa besar limbah hasil pemanenan yang ditimbulkan dan prospek pemanfaatan limbah kayu tersebut. Budiaman & Audia (2022) menyatakan bahwa limbah penebangan berperan besar secara ekologi, ekonomi dan sosial. Informasi tentang limbah di petak tebangan sangat berguna untuk peningkatan riset selanjutnya yang terkait dengan manajemen hutan dan keanekaragaman hayati (Budiaman, *et al.*, 2020). Selain volume limbah, faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya limbah juga penting untuk dikaji. Informasi tersebut dapat menjadi dasar evaluasi terhadap proses penebangan pohon yang dilakukan, sehingga terjadinya limbah dapat ditekan serendah mungkin, dan pemanfaatan kayu dapat dilakukan dengan efisien dan efektif. Dengan pengelolaan hutan yang intensif, produktivitas hutan yang optimal dapat dipertahankan (Gryazkin, *et al.*, 2017).

## METODE

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2020 di areal PT Kemakmuran Berkah Timber (KBT) yang berlokasi di Kecamatan Long Pahangai, Kabupaten Mahakam Ulu, Provinsi Kalimantan Timur, yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian  
Figure 1. Map of Research Location

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *clinometer*, alat tulis, meteran panjang, *tally sheet*, kamera, dan limbah tunggak dan batang sisa penebangan. Data yang diambil dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer berupa data diameter dan panjang limbah tunggak dan batang, serta kelerengkan areal petak tebangan. Sedangkan data sekunder yang dikumpulkan yaitu data jenis pohon untuk mengelompokkan kayu menjadi kayu timbul (*floaters*) dan tenggelam (*sinker*), dan luas areal/petak lokasi penelitian.

Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan limbah pemanenan adalah bagian pohon yang tidak dimanfaatkan. Limbah pemanenan kemudian diklasifikasikan dalam beberapa bentuk, yaitu:

1. Tunggak, tunggak adalah bagian dari pohon yang berada di bawah takik rebah dan takik balas. Tinggi tunggak sangat bervariasi tergantung ketinggian takik balas.

2. Batang (potongan pendek dari batang), adalah kayu bulat yang merupakan sisa pembagian batang, maupun karena sebab lain seperti cacat atau pecah, dan pemotongan bagian pangkal dan ujung.

Pengukuran kayu bulat dilakukan pada tiga petak, yaitu di petak 2, petak 7, dan petak 23 pada blok RKT 2020, dengan jumlah sampel masing-masing 28, 29, dan 28, sehingga total sampel yang diukur adalah 85 sampel.

Perhitungan volume limbah tunggak dan batang menggunakan rumus Brereton Metric (BSN, 2020):

$$I = \frac{0,785 \times d^2 \times p}{10.000}$$

Dimana:

- I : isi atau volume limbah batang/tunggak ( $m^3$ )
- p : panjang/tinggi limbah batang/tunggak (m)
- d : diameter limbah batang/tunggak (cm)

Diameter limbah diukur dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{D} = \frac{\bar{Dp} + \bar{Du}}{2} = \frac{\frac{1}{2}(d1 + d2) + \frac{1}{2}(d3 + d4)}{2}$$

Dimana:

- $\bar{D}$  : diameter kayu bulat (cm).
- $\bar{Dp}$  : diameter rata-rata bontos pangkal dalam kelipatan satu cm penuh, yang diperoleh dari diameter terpendek (d1) dan diameter terpanjang (d2) melalui pusat bontos (cm).
- $\bar{Du}$  : diameter rata-rata bontos ujung dalam kelipatan satu cm penuh, yang diperoleh dari diameter terpendek (d3) dan terpanjang (d4) melalui pusat bontos (cm).

Perhitungan volume total limbah kayu, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$VLtp = VLtg + VLbu$$

Dimana:

- VLtp : Volume total limbah per pohon ( $m^3$ ).
- VLtg : Volume limbah tunggak ( $m^3$ ).
- VLbu : Volume limbah batang utama ( $m^3$ ).

Untuk menghitung persentase limbah kayu yang dihasilkan, menggunakan rumus di bawah ini:

$$PL = \frac{VLtp}{(Vtk + VLtp)} \times 100\%$$

Dimana:

- PL : Persentase kayu limbah dalam satuan persen (%)
- VLtp : Volume total limbah per pohon ( $m^3$ )
- Vtk : Volume total kayu per pohon yang dapat dimanfaatkan ( $m^3$ )

Untuk mengetahui hubungan antara kelerengan dengan limbah pemanenan, pengalaman operator dengan limbah pemanenan, umur alat dengan limbah pemanenan, dan tipe alat dengan limbah pemanenan, dilakukan analisis regresi linier sederhana, dengan rumus sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

Dimana:

Y : Variabel respons atau variabel akibat (dependen) yaitu volume limbah.

X : Variabel independen atau variabel bebas yaitu kelerengan atau pengalaman operator atau umur alat atau tipe alat.

a : Konstanta

b : Koefisien regresi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gambaran Umum Lokasi Penelitian

PT Kemakmuran Berkah Timber (KBT) adalah perusahaan yang bergerak dalam pengelolaan hutan alam, dengan luas areal pengelolaan sebesar 82.194,45 ha (berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. SK: 199/Menhut-II/2014 tanggal 27 Februari 2014 tentang Penetapan Batas Areal Kerja Izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu Dalam Hutan Alam). Secara geografis areal PT KBT terletak di antara posisi 114°28'55"-114°59'26" BT dan 0°54'47"-1°15'21" LS, dimana di sebelah utara berbatasan dengan Hutan Lindung Batu Rok, sebelah timur berbatasan dengan PT Rimba Karya Rayatama (eks PT. DRMS) dan PT Roda Mas Timber Kalimantan, sebelah selatan berbatasan dengan PT Roda Mas Kalimantan, Sungai Mahakam dan Areal Penggunaan Lain (APL), dan sebelah barat berbatasan dengan eks HPH PT Jati Purna Mahakam Timber dan areal non IUPHHK. Secara administratif, areal PT KBT berada di Kecamatan Long Pahangai, Kabupaten Mahakam Ulu, Provinsi Kalimantan Timur.

### Volume Limbah Penebangan

Perhitungan volume limbah dilakukan pada limbah pohon sisa tebangan pada RKT 2020, dalam bentuk limbah tunggak dan batang. Dari perhitungan volume limbah, diperoleh hasil dimana pada petak 2 dengan jumlah sampel 28 dan luas area 95 ha, diperoleh limbah tunggak sebesar 13,73 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah sebesar 0,49 m<sup>3</sup>/pohon, dan limbah batang sebesar 9,05 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah 0,32 m<sup>3</sup>/pohon. Total keseluruhan limbah tunggak dan batang di petak 2 adalah sebesar 22,78 m<sup>3</sup>. Adapun pada petak 7, dengan jumlah sampel 29 dan luas area 83 ha, diperoleh limbah tunggak sebesar 16,25 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah sebesar 0,56 m<sup>3</sup>/pohon, dan limbah batang sebesar 10,11 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah 0,34 m<sup>3</sup>/pohon. Total keseluruhan limbah tunggak dan batang di petak 7 adalah sebesar 26,36 m<sup>3</sup>.

Pada petak 23, dengan jumlah sampel 28 dan luas area 69 ha, diperoleh limbah tunggak sebesar 17,01 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah sebesar 0,61 m<sup>3</sup>/pohon, dan limbah batang sebesar 11,04 m<sup>3</sup> dengan rata-rata 0,39 m<sup>3</sup>/pohon. Total limbah tunggak dan batang di petak 23 adalah sebesar 28,05 m<sup>3</sup>. Dengan demikian, volume keseluruhan limbah tunggak di petak 2, 7, dan 23 adalah sebesar 46,99 m<sup>3</sup> dengan rata-rata limbahnya 0,55 m<sup>3</sup>/pohon, sedangkan total limbah batang di ketiga petak tersebut adalah 30,2 m<sup>3</sup> dengan rata-rata limbah 0,35 m<sup>3</sup>/pohon. Dapat disimpulkan bahwa volume limbah tunggak lebih besar dari pada volume limbah yang berbentuk batang. Hal ini sejalan dengan penelitian Surasana, *et al.* (2020) dengan hasil volume limbah penebangan sebesar 70,77 m<sup>3</sup> dan volume limbah batang sebesar 47,56 m<sup>3</sup>.

Pada umumnya limbah tunggak yang ditinggalkan di petak tebang cukup tinggi, terlebih untuk tunggak berbanir. Ketidapatuhan operator *chainsaw* dalam memenuhi tinggi takik rebah yang diizinkan dan posisi *chainsaw man* yang berdiri ketika melakukan penebangan menjadi penyebab tingginya limbah tunggak yang ditinggalkan (Soenarno, *et al.*, 2021). Tingginya volume limbah tunggak pada penelitian ini juga disebabkan karena pada penelitian ini keseluruhan tinggi tunggak digunakan dalam perhitungan limbah, bukan hanya selisih antara tinggi tunggak dengan tinggi takik rebah yang diizinkan. Total volume limbah tunggak dan batang untuk ketiga petak tersebut

adalah sebesar 77,55 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah per pohon sebesar 0,91 m<sup>3</sup>. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Volume Limbah Tunggak dan Batang  
Table 1. Waste Volume of Stump and Stem

Nomor Petak	Luas Area (ha)	Kelerengan (%)	Jumlah Sampel	Volume Setiap Jenis Limbah				Total Volume Limbah (m <sup>3</sup> )
				Tunggak		Batang		
				Volume (m <sup>3</sup> )	Rata-rata (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Rata-rata (m <sup>3</sup> )	
2	95	0-15	28	13,73	0,49	9,05	0,32	22,78
7	83	0-15	29	16,25	0,56	10,11	0,34	26,36
23	69	0-15	28	17,01	0,61	11,04	0,39	28,05
Jumlah			85	46,99	1,66	30,2	1,05	77,19
Rata-rata/pohon					0,55		0,35	0,91

### Persentase Limbah Penebangan

Pada petak 2, volume kayu yang dimanfaatkan adalah sebesar 132,59 m<sup>3</sup> dengan rata-rata 4,74 m<sup>3</sup>/pohon. Adapun petak 7, volume kayu yang dimanfaatkan adalah sebesar 149,19 m<sup>3</sup> dengan rata-rata 5,14 m<sup>3</sup>/pohon. Sementara pada petak 23, volume kayu yang dimanfaatkan yaitu sebesar 162,52 m<sup>3</sup>, dengan rata-rata volume kayu yang dimanfaatkan sebesar 5,80 m<sup>3</sup>/pohon. Secara keseluruhan rata-rata volume kayu yang dimanfaatkan per pohon adalah sebesar 5,23 m<sup>3</sup> dan rata-rata per hektar sebesar 1,80 m<sup>3</sup>. Hasil ini tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil penelitian Soenarno, *et al.* (2021) yang melakukan penelitian di 5 perusahaan dengan total sampel sebanyak 61 pohon sampel, dimana diperoleh hasil volume kayu yang dimanfaatkan sebesar 4,64 m<sup>3</sup>/pohon. Volume kayu yang dimanfaatkan berbanding lurus dengan diameter pohon (Soenarno, *et al.*, 2016). Persentase limbah penebangan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Persentase Limbah Penebangan  
Table 2. Percentage of Logging Waste

Petak	Luas Area (ha)	Jumlah Sampel (pohon)	Total Volume Kayu dimanfaatkan/Pohon (m <sup>3</sup> )	Rata-rata Volume Kayu yang dimanfaatkan/Pohon (m <sup>3</sup> )	Total Volume Limbah (m <sup>3</sup> )	Total Volume Sampel (m <sup>3</sup> )	Persentase Limbah (%)
2	95	28	132,59	4,74	22,78	155,37	14,67
7	83	29	149,19	5,14	26,36	175,55	15,01
23	69	28	162,52	5,80	28,05	190,57	14,72
Jumlah	247	85	444,30	15,68	77,19	521,49	14,80
Rata-rata/pohon			5,23	-	0,91	6,14	14,82
Rata-rata/hektar			1,80	-	0,31	2,11	14,70

Pada Tabel 2 dapat dilihat pula bahwa persentase volume limbah di petak 2 dengan total volume limbah 22,78 m<sup>3</sup> dan total volume sampel 155,37 m<sup>3</sup> adalah sebesar 14,67 %. Sedangkan persentase volume limbah di petak 7 dengan total volume limbah 26,36 m<sup>3</sup> dan total volume sampel 175,55 m<sup>3</sup> adalah sebesar 15,01 %. Adapun persentase volume limbah di petak 23 dengan total volume limbah 28,05 m<sup>3</sup> dan total volume sampel 190,57 m<sup>3</sup> adalah sebesar 14,72 %. Persentase limbah yang terjadi di petak tebangan dalam penelitian ini adalah sebesar 14,80 %, dengan rata-rata persentase limbah per pohon adalah 14,82 % dan rata-rata per hektarnya 14,70 %. Sari & Ariyanto (2018), menyebutkan bahwa persentase limbah tunggak dan sisa pembagian batang di hutan alam adalah sebesar 19,32%, sedangkan Abidin, *et al.*, (2017), menunjukkan bahwa limbah penebangan sisa pembagian batang saja di hutan alam adalah sebesar 14,21 %. Matangaran, *et al.*, (2013) menyebutkan besaran persentase limbah tunggak dan batang bebas cabang sebesar 22,17 % (penelitian di Kalimantan Tengah), dan 22,99 %

(penelitian di Sumatera Barat). Persentase limbah penebangan yang relatif lebih kecil menandakan bahwa kayu relatif telah lebih banyak termanfaatkan, dan kegiatan penebangan telah cukup berhasil menerapkan penebangan ramah lingkungan (Surasana, *et al.*, 2020).

### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Limbah Penebangan

Untuk mengetahui pengaruh kelerengan, diameter tunggak dan diameter batang, serta jenis kayu timbul (*floaters*) dan tenggelam (*sinker*) terhadap terjadinya limbah, dilakukan analisis regresi linier sederhana, dan hasilnya disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, nilai R faktor kelerengan datar adalah sebesar 0,055, R<sup>2</sup> sebesar 0,03, dan Sig 0,657, yang menunjukkan bahwa kelerengan datar memiliki hubungan yang sangat lemah dan tidak berpengaruh terhadap terjadinya limbah. Demikian juga dengan kelerengan sedang yang memiliki nilai R sebesar 0,243, R<sup>2</sup> sebesar 0,059, dan Sig sebesar 0,348 menunjukkan bahwa kelerengan sedang memiliki hubungan yang sangat lemah dan tidak berpengaruh terhadap terjadinya limbah. Hal ini didukung dengan hasil penelitian Soenarno (2014), yang menyatakan bahwa volume kayu limbah penebangan pada areal dengan kelerengan datar sampai agak curam tidak berbeda nyata. Budiawan & Audia (2022) juga menyatakan bahwa topografi areal tebangan tidak berpengaruh nyata terhadap faktor kayu sisa penebangan. Sementara itu, faktor jenis kayu timbul (*floaters*) juga memiliki hubungan yang sangat lemah dan tidak berpengaruh terhadap terjadinya limbah, dengan nilai R sebesar 0,146, R<sup>2</sup> sebesar 0,007, dan Sig sebesar 0,227.

Tabel 3. Hasil Analisis Regresi Linier Sederhana dari Kelerengan, Diameter Tunggak, Diameter Batang, Jenis Kayu timbul, dan Jenis Kayu Tenggelam terhadap Volume Limbah  
*Table 3. Results of Simple Linear Regression Analysis of Slope, Stump Diameter, Stem Diameter, Floater Wood, and Sinker Wood, to Waste Volume*

Faktor	Koefisien Korelasi (R)	Koefisien Determinasi (R <sup>2</sup> )	Nilai Signifikansi (Sig)
Kelerengan Datar (0-8%)	0,055	0,03	0,657
Kelerengan Sedang (8-15%)	0,243	0,059	0,348
Diameter Tunggak	0,613	0,376	0,000
Diameter Batang	0,521	0,272	0,000
Kayu Timbul	0,146	0,007	0,227
Kayu Tenggelam	0,654	0,427	0,011

Dari Tabel 3 juga dapat diketahui bahwa faktor diameter tunggak dan diameter batang memiliki pengaruh yang kuat terhadap terjadinya limbah. Hal ini sejalan dengan Soenarno, *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa diameter pohon yang ditebang memiliki hubungan yang erat dengan timbulnya limbah penebangan. Selain itu, hasil pengujian dalam penelitian ini juga menunjukkan bahwa jenis kayu tenggelam (*sinker*) memiliki hubungan yang kuat dan berpengaruh signifikan terhadap terjadinya limbah di petak tebangan. Diameter tunggak memiliki nilai R sebesar 0,613, Nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,376, dan nilai Sig sebesar 0,000, sedangkan nilai R pada diameter batang sebesar 0,521, R<sup>2</sup> sebesar 0,272, dan Sig sebesar 0,000. Adapun nilai R, R<sup>2</sup>, dan Sig pada faktor jenis kayu tenggelam masing-masing sebesar 0,654, 0,427, dan 0,011. Budiawan & Audia (2022), dalam tinjauan sistematisnya tentang kayu sisa setelah penebangan di hutan alam di Indonesia, menyebutkan bahwa ada enam penelitian yang menguji hubungan beberapa faktor terhadap terjadinya limbah penebangan, dimana diperoleh hasil bahwa diameter pohon tebangan dan tinggi dari takik rebah memiliki pengaruh signifikan terhadap besaran limbah penebangan, sedangkan teknik pemanenan, topografi, status sertifikasi pengelolaan hutan, dan lokasi perusahaan tidak berpengaruh signifikan terhadap volume limbah penebangan. Namun, dari keenam penelitian tersebut tidak ada yang melakukan pengujian hubungan antara jenis kayu terhadap limbah penebangan.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa volume limbah tunggak di petak tebangan lebih besar dari volume limbah batang, dimana total keseluruhan limbah tunggak adalah sebesar 46,99 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah per pohon sebesar 0,55 m<sup>3</sup>, sedangkan total volume limbah batang adalah 30,2 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah batang per pohon sebesar 0,35 m<sup>3</sup>. Total volume limbah tunggak dan batang adalah sebesar 77,55 m<sup>3</sup> dengan rata-rata volume limbah per pohon sebesar 0,91 m<sup>3</sup>. Adapun rata-rata volume kayu yang dimanfaatkan per pohon adalah sebesar 5,23 m<sup>3</sup> dan rata-rata volume kayu yang dimanfaatkan per hektar sebesar 1,80 m<sup>3</sup>. Dalam penelitian ini, persentase limbah yang terjadi di petak tebangan adalah sebesar 14,80%, setara dengan rata-rata persentase limbah per pohon sebesar 14,82 %. Adapun persentase limbah rata-rata per hektarnya adalah sebesar 14,70 %. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya limbah penebangan di PT KBT adalah diameter tunggak, diameter limbah batang, dan jenis kayu tenggelam (*sinker*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Thamrin, Gt.A.R., & Silaban, C. 2017. Potensi Limbah Pemanenan Kayu di Lokasi Penebangan IUPHHK-HA PT. Dasa Intiga Kalimantan Tengah. *Jurnal Hutan Tropis*. 5(2): 174-181.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2020. SNI 8911:2020 Pengukuran dan Penetapan isi Kayu Bundar. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Budiaman, A., & Audia, L. 2022. Kayu Sisa Setelah Penebangan Hutan Alam di Indonesia: Suatu Tinjauan Sistematis. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 20(2): 427-436.
- Budiaman, A., Mubarak., F.M., & Lismoyo, W. 2020. Kayu Limbah Penebangan Intensitas Rendah di Izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu-Hutan Alam. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. 25(1): 145-151.
- 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.
- Gryazkin, A.V., Beliaev, V.V., Beliaeva, N.V., Kovalev, N.V., & Shakhov, A.G. 2017. The Logging Waste as Inexhaustible Resource for Alternative Energy. *Thermal Science*. 21(2): 1135-1142.
- Mansur, A., Tirkaamiana, M.T., & Sutejo, H. 2013. Limbah Pemanenan dan Faktor Eksploitasi IUPPK-HA PT Rizki Kadica Reana-Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur. *Agrifor*. 12(2): 116-131.
- Matangaran, J.R., & Anggoro, R. 2012. Limbah Pemanenan Jati di Banyuwangi Jawa Timur. *Jurnal Perennial*. 8(2): 88-92.
- Matangaran, J.R., Partiani, T., & Purnamasari, D.R. 2013. Faktor Eksploitasi dan Kuantifikasi Limbah Kayu dalam Rangka Peningkatan Efisiensi Pemanenan Hutan Alam. *Jurnal Bumi Lestari*. 13(2): 384-393.



- Sari, D.R., & Ariyanto. 2018. The Potential of Woody Waste Biomass From The Logging Activity at The Natural Forest of Berau District, East Kalimantan. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 144: 1-7.
- Soenarno. 2014. Efisiensi Pembalakan dan Kualitas Limbah Pembalakan di Hutan Tropika Pegunungan: Studi Kasus Di IUPHHK-HA PT Roda Mas Timber Kalimantan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 32(1): 45-61.
- 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, Endom, W., & Suhartana, S. 2018. Studi Faktor Pemanfaatan dan Limbah Pemanenan Kayu di Hutan Alam Papua Barat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 36(2): 67-83.
- Soenarno, Yuniawati, Dulsalam, & Suhartana, S. 2021. Penetapan Angka Standard Faktor Eksploitasi Hutan Alam dan Potensi Limbah Pemanenan Kayu Sub Region Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 39(3): 155-169.
- Surasana, I.N., Limbong, K.D., & Yosep. 2020. Limbah Penebangan Kayu di Perusahaan PT Dwimajaya Utama. *Journal of Environment and Management*. 1(3): 253-258.