

Kayu Sisa Setelah Penebangan Hutan Alam di Indonesia: Suatu Tinjauan Sistematis

Ahmad Budiawan* dan Linda Audia

Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Jln. Ulin, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

ABSTRAK

Kayu sisa penebangan selain berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem hutan, juga berpotensi memberikan kontribusi ekonomi dan sosial. Penelitian ini bertujuan untuk menghimpun dan menganalisis hasil-hasil penelitian terkait kuantitas, sumber dan potensi pemanfaatan kayu sisa tebangan pada perusahaan hutan alam di Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode tinjauan sistematis. Pencarian literatur yang sistematis dan komprehensif dilakukan di SINTA, *Research Gate*, *Science Direct*, dan *Google Scholar*, yang dipublikasikan dalam kurun waktu 1990-2020. Kombinasi kata kunci yang digunakan dalam pencarian literatur adalah kayu sisa pemanenan hutan, limbah pemanenan hutan, kayu sisa penebangan hutan, limbah penebangan hutan, *felling waste*, *felling residue*, *cutting waste*, *cutting residue*, *logging residue*, *logging waste* dan *forest residue*. Kayu sisa tebangan pada perusahaan hutan alam dapat mencapai 45% dari volume kayu yang ditebang. Sebagian besar penelitian melaporkan bahwa kayu sisa tebangan pada perusahaan hutan alam berasal dari batang bebas cabang. Sebagian kecil kayu sisa penebangan memiliki potensi sebagai bahan baku industri perkerajinan. Pemanfaatan kayu sisa tebangan secara komersial masih mengalami kendala teknis dan ekonomi.

Kata kunci: ekosistem, hutan alam, kayu sisa, penebangan, tinjauan sistematis.

ABSTRACT

Logging residues, besides playing an important role in maintaining the balance of forest ecosystems, also have potential economic and social contributions. This study aimed to collect and analyze research results related to the quantity, source, and potential use of logging residues in natural forest concessions in Indonesia. This study used a systematic review method. A systematic and comprehensive literature search was conducted at SINTA, Research Gate, Science Direct, and Google Scholar, published between 1990 and 2020. The combination of keywords used in the literature search were timber harvesting residues, forest harvesting waste, logging residues, logging waste, felling waste, felling residue, cutting waste, cutting residue, logging waste, and forest residue. The volume of logging residues in the natural forest concessions can reach up to 45% of the volume of the felled tree. Most of the studies reported that the logging residues in the natural forest concessions came mainly from the branch-free stem. A small portion of the logging residue has potential as raw material for the timber industries. The commercial use of logging residues is still facing a technical and economical problem.

Keywords: ecosystem, felling, logging residue, natural forest, systematic review

Citation: Budiawan, A., dan Audia, L. (2022). Kayu Sisa setelah Penebangan Hutan Alam di Indonesia: Suatu Tinjauan Sistematis. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2), 427-436, doi:10.14710/jil.20.2.427-436

1. Pendahuluan

Pemanenan hutan memiliki peranan penting dalam penyediaan bahan baku industri perkerajinan di Indonesia. Pemanenan hutan tidak hanya menghasilkan kayu bulat dengan kualitas baik, tetapi juga menghasilkan kayu sisa (limbah). Kayu sisa pemanenan hutan terjadi akibat penebangan dan pembagian batang, serta cacat pada pohon yang

ditebang (Soenarno *et al.*, 2016), dan pemotongan batang dalam proses pengujian dan pengukuran kayu di tempat pengumpulan kayu (Suwarna *et al.*, 2013). Budiawan dan Pradata (2013) menyatakan bahwa tahapan pemanenan hutan yang menghasilkan kayu sisa terbanyak adalah penebangan pohon. Kegiatan penjarahan dan pengangkutan kayu menghasilkan

*Penulis korespondensi: budiawan@apps.ipb.ac.id

kayu sisa yang lebih sedikit dibandingkan kegiatan penebangan pohon.

Hutan alam produksi memiliki peran penting dalam penyediaan bahan baku kayu bulat untuk industri perkayuan di Indonesia. Produksi kayu bulat dari hutan alam produksi merupakan sumber kayu bulat terbesar kedua setelah hutan tanaman industri (APHI, 2019). Sistem silvukultur yang diterapkan pada pengelolaan hutan alam produksi di Indonesia adalah Sistem Tebang Pilih dan Tanam Indonesia (TPTI). Sementara itu, hutan tanaman industri ditebang dengan sistem tebang habis dan hutan rakyat ditebang dengan sistem tebang sebagian atau tebang butuh. Perbedaan sistem pemanenan hutan akan menghasilkan volume kayu sisa penebangan hutan yang berbeda. Sistem tebang habis dan tebang sebagian menghasilkan kayu sisa per satuan luas yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem tebang pilih (Budiaman dan Pradata, 2013; Andini *et al.*, 2017). Menurut Budiaman *et al.*, (2020), kayu sisa penebangan hutan alam produksi berasal dari dua sumber, yaitu pohon yang ditebang dan pohon yang tidak ditebang. Volume kayu sisa penebangan yang berasal dari pohon yang ditebang lebih besar dibandingkan pohon yang tidak ditebang.

Kayu sisa penebangan hutan memiliki arti penting dalam aspek ekologi, ekonomi dan sosial. Dalam aspek ekologi, kayu sisa penebangan hutan memiliki peran penting dalam penyimpanan karbon (Martin *et al.*, 2015; Osone *et al.*, 2015); mempertahankan biodiversitas (Ranius *et al.*, 2018) dan mendukung pertumbuhan hutan (Helmisaari *et al.*, 2011). Selain itu, kayu sisa penebangan juga memiliki potensi dan prospek ekonomi sebagai bahan baku industri perkayuan, seperti industri penggergajian kayu, kayu venir, dan bubur kayu (Astana *et al.*, 2015) dan industri perkayuan lainnya seperti industri papan partikel, papan serat, papan blok, papan sambung, kerajinan dan arang kayu. Kayu sisa penebangan juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembangkit energi (Zamora-Cristale and Sessions, 2016). Enters (2001) melaporkan bahwa sebagian besar negara-negara Asia dan Pasifik, termasuk Indonesia, belum memanfaatkan kayu bulat sisa penebangan secara efisien dan masih meninggalkan banyak kayu sisa penebangan yang bernilai tinggi di hutan.

Mengingat kayu sisa penebangan hutan memiliki prospek, kontribusi dan peran penting dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem hutan, peningkatan manfaat ekonomi dan sosial masyarakat Indonesia, maka tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memberikan penilaian tentang keadaan kayu sisa penebangan hutan alam produksi di Indonesia. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan apakah informasi ilmiah yang tersedia dalam literatur memadai untuk menggeneralisasi kuantitas, sumber dan kemungkinan pemanfaatan kayu sisa penebangan hutan alam produksi di Indonesia.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan sistematis (*Systematic Review*). Menurut Kitchenham (2004), tinjauan sistematis merupakan suatu metode penelitian untuk mengidentifikasi, mengevaluasi dan menginterpretasi hasil-hasil penelitian yang relevan dengan topik penelitian tertentu, atau fenomena yang menjadi fokus penelitian. Tinjauan sistematis dilakukan dengan menelaah artikel ilmiah secara terstruktur dan terencana.

Tahapan pengumpulan literatur mengacu pada panduan *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis* (PRISMA), yang terdiri atas empat kegiatan, yaitu identifikasi, skrining, kelayakan dan penerimaan literatur. Tahap identifikasi dilakukan dengan menelusuri sumber-sumber literatur di dunia maya (*article searching*) atau sumber literatur lain. Skrining merupakan tahapan penyaringan artikel yang duplikasi. Setelah proses penghapusan duplikat (skrining), dilakukan proses penilaian kelayakan literatur dengan cara mengekstraksi informasi dari judul dan abstrak setiap artikel. Artikel yang layak adalah artikel yang relevan dengan tujuan dan pertanyaan-pertanyaan penelitian tinjauan sistematis ini. Tahapan terakhir dari metode tinjauan sistematis adalah penerimaan. Penerimaan literatur merupakan penentuan artikel yang memenuhi kriteria inklusi yang ditetapkan dan layak digunakan untuk sintesis kualitatif dan kuantitatif. Penerimaan dilakukan dengan membaca keseluruhan isi artikel (Liberaty *et al.*, 2009).

Penelitian ini menggunakan lima kriteria inklusi, yaitu (1) penelitian dilakukan pada kegiatan penebangan hutan alam di Indonesia; (2) menggunakan metode pohon penuh (*whole tree method*) dalam mengkuantifikasi kayu sisa penebangan; (3) menyajikan data minimal berupa faktor pemanfaatan dan faktor kayu sisa (residu, limbah); (4) artikel yang ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris; dan (5) pustaka primer (bukan review artikel, prosiding konferensi/seminar, dan berita).

Penelitian ini menggunakan sumber data yang mudah diakses tanpa bayar dan menyediakan kemungkinan cakupan artikel paling banyak terkait penebangan hutan di perusahaan hutan alam di Indonesia. Sumber-sumber data tersebut antara lain SINTA, *Research Gate*, *Science Direct*, dan *Google Scholar*. Selain itu, artikel dicari dengan menggunakan mesin pencari *google search*. Basis data yang dicari mencakup artikel yang dipublikasikan dari tahun 1990-2020. Pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci berikut: kayu sisa pemanenan hutan, limbah pemanenan hutan, kayu sisa penebangan hutan, limbah penebangan hutan, *felling waste*, *felling residue*, *cutting waste*, *cutting residue*, *logging residue*, *logging waste* dan *forest residue*.

Informasi dan data yang diperoleh dari hasil ekstraksi literatur selanjutnya disintesis tanpa meta

analisis atau sintesis kualitatif (*Synthesis Without Meta-analysis, SWiM*) (Campbell *et al.*, 2020). Sintesis kualitatif dilakukan dengan merangkum hasil-hasil penelitian secara komprehensif dan menarasikan hasil-hasil penelitian secara deskriptif. Sintesis kualitatif menjelaskan karakteristik penelitian dan mensintesa kuantitas, sumber dan potensi pemanfaatan kayu sisa penebangan hutan alam sebagai bahan baku industri per kayu.

3. Hasil dan Pembahasan

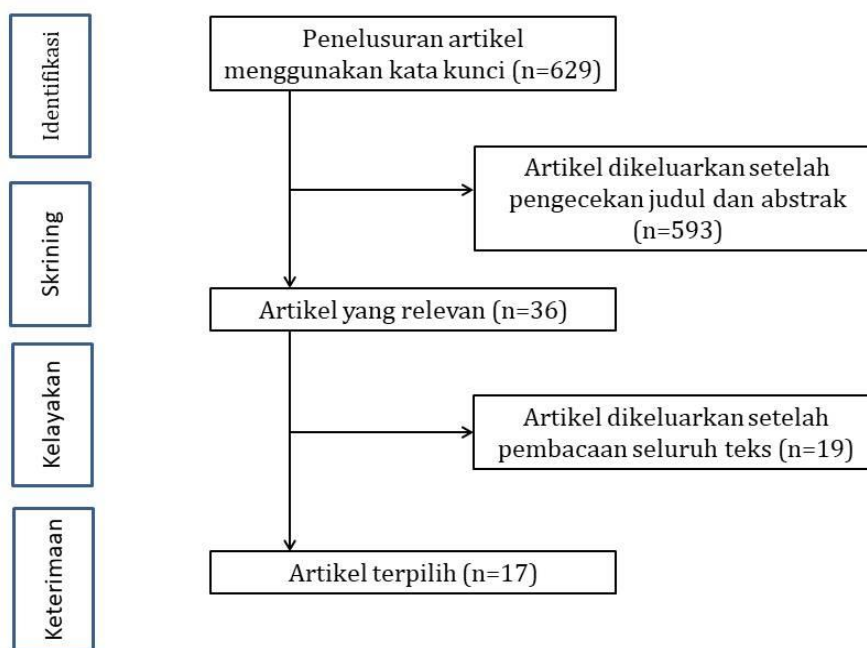
3.1. Karakteristik penelitian kayu sisa

Berdasarkan kombinasi kata kunci yang digunakan dalam proses pencarian literatur diperoleh sebanyak 629 artikel, yang kesemuanya merupakan artikel jurnal ilmiah. Dari jumlah tersebut, 36 artikel dinilai relevan dengan sistematika utama tinjauan sistematis ini berdasarkan judul dan abstrak. Hasil dari proses pembacaan seluruh teks artikel menghasilkan 17 artikel yang dipertahankan dan digunakan sebagai basis data dalam tinjauan sistematis ini. Proses lengkap seleksi artikel berdasarkan panduan PRISMA disajikan pada Gambar 1. Tabel 1 menyajikan karakteristik penelitian kayu sisa penebangan hutan alam produksi di Indonesia. Penelitian kayu sisa penebangan hutan alam di Indonesia dilakukan di empat pulau besar, yaitu i Kalimantan, Sumatera, Papua dan Sulawesi. Dari 17 artikel terpilih, sebanyak 21% penelitian dilakukan di pulau Sumatera, pulau Sulawesi 3%, pulau Kalimantan 61%; dan pulau Papua 11%. Penelitian kayu sisa penebangan terbanyak

dilakukan di pulau Kalimantan, yang tersebar di 5 provinsi di pulau Kalimantan. Provinsi Kalimantan Timur merupakan provinsi dengan jumlah penelitian terbanyak (31%). Penelitian kayu sisa penebangan di pulau Sumatera dilakukan di 4 provinsi, yaitu Sumatera Utara, Riau, Sumatera Barat dan Aceh. Jumlah penelitian kayu sisa penebangan hutan di pulau Papua dilakukan di provinsi Papua dan Papua Barat. Jumlah penelitian kayu sisa penebangan terendah dilakukan di pulau Sulawesi.

Penelitian kayu sisa penebangan pada pengusahaan hutan alam produk lebih banyak dilakukan pada hutan alam tanah kering daripada di hutan rawa. Dari 17 artikel yang terseleksi, 90% penelitian dilakukan di hutan alam tanah kering, sementara sisanya dilakukan di hutan rawa. Berdasarkan jenis penelitian, sebagian besar penelitian kayu sisa penebangan di hutan alam produksi merupakan penelitian eksplorasi (62%), sedangkan sisanya (38%) merupakan penelitian eksperimental. Perlakuan dalam penelitian eksperimental diantaranya adalah pengaruh intensitas penebangan, topografi, diameter pohon yang ditebang, lokasi HPH, teknik pemenehan dan status sertifikasi HPH terhadap kuantitas kayu sisa penebangan.

Metode pohon penuh merupakan metode kuantifikasi kayu sisa yang mengelompokkan kayu sisa penebangan ke dalam tiga kelompok, yaitu (1) batang bebas cabang (BBC); (2) batang di atas cabang pertama (BAC) dan (3) tunggak. BBC merupakan potongan-potongan kayu bulat sisa yang berasal dari pangkal, tengah dan ujung batang bebas cabang.



Gambar 1 Diagram Alir Proses Seleksi Literatur Berdasarkan PRISMA

Sementara BAC merupakan potongan kayu bulat sisa yang berasal dari batang di atas cabang pertama, termasuk cabang dan ranting yang terdapat padanya, atau disebut juga dengan kayu bulat yang terdapat di bagian tajuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan dalam menetapkan tunggak sebagai kayu sisa penebangan. Sebagian besar penelitian menetapkan bahwa tunggak yang ditinggalkan di tempat tebangan adalah kayu sisa penebangan tanpa mempertimbangkan tinggi takik rebah. Sebagian kecil penelitian menetapkan bahwa kayu sisa tunggak merupakan bagian tunggak yang berada di atas takik rebah yang diijinkan, yaitu pada di atas 1/3 diameter pohon. Jika tinggi tunggak < 1/3 diameter pohon, maka tunggak tidak dikategorikan sebagai kayu sisa penebangan.

3.2. Volume kayu sisa

Kayu sisa penebangan dalam tinjauan sistematis ini didefinisikan sebagai semua kayu bulat di luar batang komersial, yang memiliki diameter terbesar 30 cm dan terkecil 10 cm atau memiliki diameter di atas 30 cm dengan panjang < 4 m, yang dihasilkan dari kegiatan penebangan dan pembagian batang, serta tidak dikeluarkan dari tempat tebangan.

Penelitian kayu sisa penebangan hutan alam produksi menghasilkan data volume kayu sisa yang bervariasi. Sebagian besar penelitian kayu sisa menggunakan satuan volume kayu dalam m³/pohon, sementara yang menggunakan satuan dalam m³/ha sebanyak 3 penelitian. Volume pohon yang ditebang bervariasi dari 3,85–22,5 m³/pohon, dengan rata-rata sebesar 9,74 m³/pohon. Sementara itu, volume pemanfaatan kayu tebangan bervariasi dari 2,69–16,70 m³/pohon, dengan rata-rata sebesar 7,57

m³/pohon. Volume kayu sisa penebangan yang dihasilkan berkisar dari 0,21–5,37 m³/pohon, dengan rata-rata sebesar 2,15 m³/pohon. Besarnya faktor pemanfaatan penebangan hutan alam produksi di Indonesia berkisar dari 44,00–96,66%, dengan rata-rata sebesar 85,30%. Sementara itu, besarnya faktor kayu sisa (limbah kayu) bervariasi dari 3,34–56,87%, dengan rata-rata sebesar 26,10% (Tabel 2). Hasil ekstraksi literatur terpilih menunjukkan bahwa volume pemanfaatan dan volume kayu sisa berhubungan erat dengan volume pohon yang ditebang (Gambar 2 dan 3).

Terdapat enam penelitian yang menguji hubungan antara beberapa faktor, seperti diameter, topografi, teknik pemanenan (pemanenan berdampak rendah/RIL vs pemanenan konvensional), tinggi takik rebah, status sertifikasi pengelolaan hutan dan lokasi HPH terhadap produksi kayu sisa penebangan. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa diameter pohon yang ditebang dan tinggi takik rebah berpengaruh nyata terhadap kuantitas kayu sisa penebangan, sedangkan topografi, teknik pemanenan, status sertifikasi pengelolaan hutan dan lokasi HPH tidak berpengaruh nyata terhadap kuantitas kayu sisa penebangan.

Kayu sisa penebangan hutan alam produksi sebagian besar berasal dari BBC (60%), dan sisanya berasal dari BAC (23%) dan tunggak (17%). Hal ini menunjukkan bahwa kayu sisa penebangan pada perusahaan hutan alam produksi didominasi oleh kayu sisa yang memiliki diameter besar, terutama yang berasal dari pangkal dan ujung batang bebas cabang, tetapi berukuran pendek. Kayu sisa ini merupakan potongan-potongan hasil pembagian batang (Gambar 4).

Tabel 1. Karakteristik Penelitian Kayu Sisa Penebangan Hutan Alam Produksi di Indonesia

Sumber	Lokasi Penelitian	Jenis Hutan	Jenis Penelitian	Perlakuan
Thaib 1991	Kalimantan Barat	Hutan Rawa	Eksplorasi	-
Budiaman 2000	Jambi	Hutan Tanah Kering	Eksplorasi	-
Mujetahid 2007	Papua Barat	Hutan Tanah Kering	Eksplorasi	-
Muhdi et al 2016	Kalimantan Barat	Hutan Tanah Kering	Eksperimental	Penebangan Konvensional dan RIL
Suwarna et al. 2013	Riau	Hutan Rawa	Eksplorasi	-
Matangaran et al. 2013	Sumatera Barat dan Kalimantan Tengah	Hutan Tanah Kering	Eksplorasi	Penebangan Konvensional
Mansur et al. 2013	Kalimantan Timur	Hutan Tanah Kering	Eksplorasi	-
Soenarno 2014a	Kalimantan Timur	Hutan Tanah Kering	Eksperimental	Perbedaan diameter pohon dan topografi
Soenarno 2014b	Kalimantan Timur	Hutan Tanah Kering	Eksplorasi	-
Idris dan Soenarno 2015	Kalimantan Timur	Hutan Tanah Kering	Eksplorasi	-
Soenarno et al. 2016	Kalimantan Timur	Hutan Tanah Kering	Eksperimental	HPH bersertifikat PHPL internasional dan nasional
Abidin et al. 2017	Kalimantan Tengah	Hutan Tanah Kering	Eksplorasi	-
Soenarno et al. 2018	Papua Barat	Hutan Tanah Kering	Eksperimental	Penebangan Konvensional dan RIL
Suhartana dan Yuniawati 2018	Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara	Hutan Tanah Kering	Eksplorasi	-
Surasana et al 2020	Kalimantan Tengah	Hutan Tanah Kering	Eksplorasi	-
Soenarno et al 2020	Kalimantan Tengah	Hutan Tanah Kering	Eksperimental	Penebangan Konvensional dan Pemanenan Zero Waste
Budiaman et al. 2020	Kalimantan Utara dan Papua Barat	Hutan Tanah Kering	Eksperimental	Penebangan intensitas rendah

Tabel 2. Kayu Sisa Penebangan Hutan Alam Produksi di Indonesia

Sumber	Volume Pohon Ditebang (m ³ /pohon)	Volume Pemanfaatan		Volume kayu sisa	
		(m ³ /pohon)	(%)	(m ³ /pohon)	(%)
Thaib 1991	4,34	2,69	68,0	1,65	32,00
Budiawan 2000	10,66	6,45	51,88	4,21	48,12
Mujetahid 2007	11,74	10,04	85,52	1,71	14,48
Muhdi et al. 2016	-	-	75,29	-	24,70
Muhdi et al. 2016	-	-	60,41	-	39,58
Suwarna et al. 2013	-	-	83,20	-	16,8
Suwarna et al. 2013	-	-	78,90	-	29,10
Matangaran et al. 2013	8,64	4,04	46,77	4,6	52,23
Matangaran et al. 2013	9,45	4,08	44,13	5,37	56,87
Mansur et al. 2013	12,66	10,81	84,88	1,85	15,11
Soenarno 2014	8,75	8,07	92,18	0,68	7,80
Soenarno 2014b	11,81	8,23	69,69	1,56	30,31
Idris dan Soenarno 2015	6,78	6,26	92,31	0,52	7,69
Soenarno et al. 2016	8,40	7,50	89,77	0,86	10,23
Soenarno et al. 2016	9,87	7,97	80,45	1,93	19,55
Soenarno et al. 2016	3,85	3,22	83,64	0,63	16,36
Soenarno et al. 2016	8,42	7,15	84,92	1,27	15,08
Soenarno et al. 2016	19,09	16,76	87,79	2,41	12,21
Abidin et al. 2017	8,57	7,35	85,79	1,22	14,21
Soenarno et al. 2018	4,61	4,03	87,80	0,55	11,90
Soenarno et al. 2018	4,45	4,57	86,20	0,66	12,56
Suhartana dan Yuniawati 2018	19,09	16,76	87,79	3,41	12,21
Suhartana dan Yuniawati 2018	7,21	6,74	93,48	0,47	6,52
Budiawan et al. 2020	22,50	13,04	58,27	9,46	41,72
Budiawan et al. 2020	13,16	8,02	60,87	5,14	39,13
Surasana et al 2020	-	-	62,15	-	37,85
Soenarno et al 2020	-	-	88,00	0,86	12,00
Soenarno et al 2020	-	-	91,90	0,42	8,10

Faktor kayu sisa merupakan ukuran kuantitatif efisiensi penebangan hutan yang dinyatakan dalam %. Faktor ini merupakan rasio antara kayu sisa yang ditinggalkan di tempat tebangan dengan volume pohon yang ditebang. Penebangan hutan yang efisien akan menghasilkan kayu sisa yang sedikit di tempat tebangan. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa faktor kayu sisa tebangan di perusahaan hutan alam produksi di Indonesia berkisar antara 6,52-52,23%. Kisaran nilai faktor kayu sisa yang lebar ini disebabkan terutama oleh perbedaan batasan tunggak sebagai kayu sisa penebangan. Penelitian-penelitian yang menggunakan rujukan tunggak di atas tanah dimasukkan sebagai kayu sisa penebangan, menghasilkan faktor kayu sisa yang tidak berbeda jauh, yaitu rata-rata sebesar 42%. Sementara itu, penelitian-penelitian yang menggunakan rujukan tunggak tidak dimasukkan sebagai kayu sisa, jika tinggi takik rebah < 1/3 diameter pohon, menghasilkan faktor kayu sisa yang lebih rendah, yaitu rata-rata sebesar 15%. Peraturan-peraturan yang terkait dengan kayu sisa di Indonesia belum menetapkan batasan tinggi standar takik rebah pada penebangan hutan alam produksi. Faktor kayu sisa penebangan akan meningkat, jika tunggak, akar dan banir dimasukkan sebagai bagian dari biomasa pohon yang ditebang (Karjalainen et al., 2004; Spinelli et al., 2005). Sebagian besar hasil penelitian kayu sisa penebangan hutan alam produksi di

Indonesia tidak jauh berbeda dengan dengan hasil-hasil penelitian di beberapa lokasi di Malaysia, yang mana besarnya bervariasi dari 34,1-46,5% (Noack, 1995).

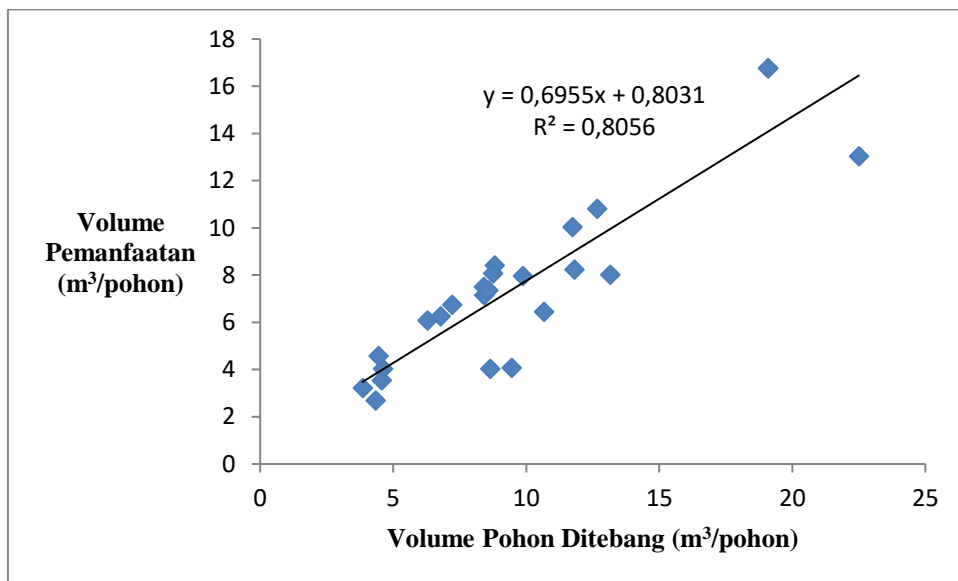
Besarnya faktor kayu sisa dipengaruhi oleh beberapa faktor. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa faktor kayu sisa penebangan berhubungan erat dengan volume dan diameter pohon yang ditebang, teknik penebangan dan kesehatan pohon yang ditebang. Sementara teknik pemanenan, status sertifikasi dan lokasi HPH, dan topografi areal tebangan tidak berpengaruh nyata terhadap faktor kayu sisa penebangan. Menurut Numazawa et al., (2017) dan Rozak et al., (2018), intensitas penebangan hutan menentukan kuantitas kayu sisa yang akan dihasilkan.

Hasil tinjauan menunjukkan bahwa teknik pembuatan takik rebah, terutama tinggi takik rebah dan arah rebah pohon, berpengaruh nyata terhadap produksi kayu sisa tebangan. Takik rebah serendah mungkin dan arah rebah yang tepat menghasilkan kayu sisa yang lebih rendah dibandingkan dengan takik rebah konvensional dan arah rebah yang tidak terarah. Takik rebah yang tepat adalah takik rebah yang dibuat di ketinggian tidak lebih dari 1/3 diameter pohon yang ditebang dengan mulut takik membentuk sudut 45°, takik balas dibuat di atas lantai takik rebah setinggi 5-10 cm, dan kedalaman takik rebah sebesar 5-10 cm (Ward, 2006). Pembuatan takik yang tepat dapat

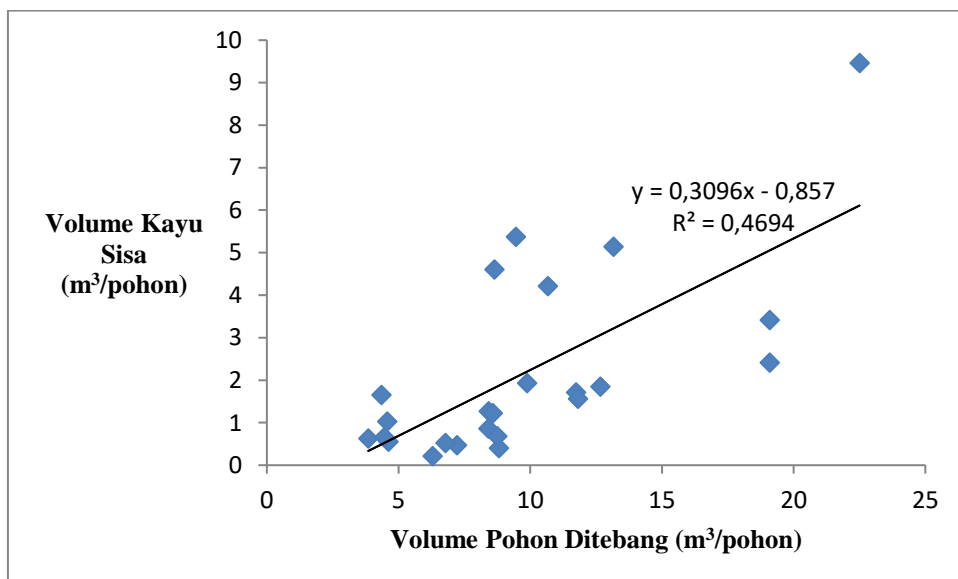
menghindari terjadinya kerusakan pohon yang ditebang, seperti pecah atau belah, sehingga dapat memperkecil produksi kayu sisa penebangan.

Hasil tinjauan menunjukkan bahwa kayu sisa penebangan hutan alam produksi sebagian besar berasal dari BBC dan sisanya berasal dari BAC dan tunggak. Kayu sisa BBC merupakan bagian kayu bulat pangkal dan ujung yang harus ditinggalkan di hutan dengan beberapa alasan, diantaranya adalah bagian pohon yang sehat, namun tidak memenuhi syarat panjang minimal untuk dapat diolah sebagai bahan baku kayu gergajian dan venir; dan kayu yang mengandung cacat kayu, baik cacat alami maupun cacat teknis. Jenis cacat alami lebih banyak ditemukan pada kegiatan penebangan hutan alam produksi

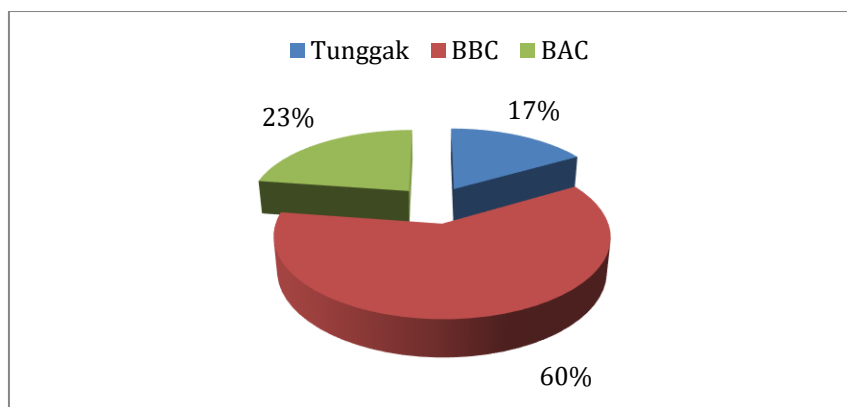
daripada cacat teknis. Cacat alami adalah cacat yang tidak dapat dihindari dan merupakan penyebab tingginya produksi kayu sisa penebangan. Cacat alami ini terdiri atas gerowong, mata kayu mati, lapuk, dan bengkok. Sementara cacat teknis merupakan cacat kayu yang disebabkan oleh kesalahan pembuatan takik rebah dan teknik pemotongan batang (*trimming*). Cacat teknis dapat berupa pecah, belah dan hancur. Kayu sisa penebangan BAC merupakan kayu bulat yang memiliki diameter kecil, yang umumnya berasal dari dahan, cabang atau ranting. Hasil tinjauan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya, yang melaporkan bahwa mayoritas kayu sisa tebangan merupakan bagian tajuk pohon dan memiliki diameter kecil (Filko *et al.*, 2013; Erajaa *et al.*, 2010).



Gambar 2. Hubungan antara Volume Pohon yang Ditebang dan Volume Pemanfaatan.



Gambar 3. Hubungan antara Volume Pohon yang Ditebang dan Volume Kayu Sisa Penebangan



Gambar 4. Sumber Kayu Sisa Penebangan Hutan Alam Produksi di Indonesia.

3.3. Kualitas kayu sisa

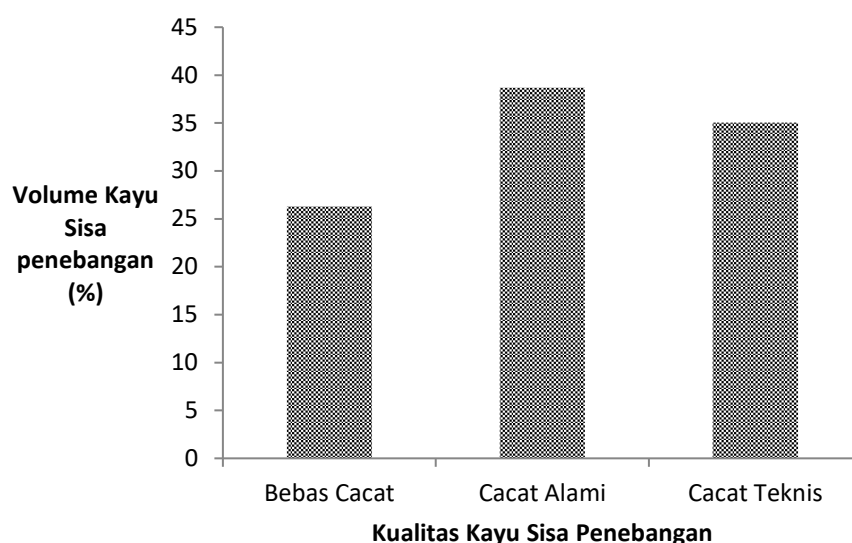
Hasil tinjauan menunjukkan bahwa terdapat 10 penelitian yang mengkaji kualitas kayu sisa tebangan hutan alam produksi. Pengujian kayu sisa tebangan dilakukan berdasarkan 2 kriteria, yaitu (1) kandungan cacat kayu dan (2) spesifikasi bahan baku industri perkerajinan dengan merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk kayu gergajian, kayu venir, kayu bahan konstruksi rumah dan bangunan, serta kayu bahan kusen dan daun pintu dan jendela.

Hasil penelitian kayu sisa menunjukkan bahwa sebagian besar kayu sisa penebangan hutan alam produksi tidak potensial digunakan sebagai bahan kayu industri perkerajinan. Volume kayu sisa tebangan yang mengandung cacat bervariasi dari 44-88%, sementara kayu sisa tebangan yang tidak mengandung cacat bervariasi dari 11,6-55,85%. Gambar 5 menyajikan data sebaran rata-rata volume kayu sisa penebangan berdasarkan kualitas kayu. Sebagian besar kayu sisa tebangan bebas cacat lebih sesuai digunakan sebagai bahan baku potensial untuk kaso, kuda-kuda, kusen pintu dan jendela, daun pintu dan jendela daripada untuk industri penggergajian atau kayu venir. Hasil penelitian kayu sisa menunjukkan bahwa volume kayu sisa tebangan yang potensial untuk bahan baku kayu gergajian dan venir adalah relatif sedikit. Kayu sisa ini umumnya berasal dari potongan pangkal yang memiliki diameter > 30 cm dengan panjang < 4 m. Sementara itu, kayu sisa penebangan kualitas jelek, selain memiliki diameter kecil dan mengandung cacat, panjang kayu sisa ini tidak lebih dari 2 m. Kayu sisa tebangan kualitas jelek umumnya mengandung cacat alami seperti gerowong, bengkok, mata kayu, busuk hati, busuk batang, dan bonggol. Persentase cacat alami pada kayu sisa tebangan lebih besar dibandingkan cacat teknis.

Kayu sisa penebangan dalam tinjauan sistematis ini didefinisikan sebagai semua kayu bulat di luar batang komersial, yang memiliki diameter terbesar 30 cm dan terkecil 10 cm atau memiliki diameter di atas 30 cm dengan panjang < 4 m, yang dihasilkan dari kegiatan penebangan dan pembagian batang, serta tidak dikeluarkan dari tempat tebangan.

Hasil tinjauan menunjukkan bahwa volume kayu sisa tebangan hutan alam produksi yang potensial dapat diolah lebih sedikit dibandingkan kayu sisa yang tidak dapat diolah. Meskipun kayu sisa tebangan memiliki potensi untuk dijadikan bahan baku alternatif industri perkerajinan, namun pengeluaran kayu sisa tebangan hutan alam di Indonesia masih menjadi wacana hingga saat ini. Permasalahan yang muncul tidak hanya terkait dengan masalah teknis pengeluaran dan lokasi kayu sisa tebangan, tetapi juga berkaitan dengan masalah ekonomi dan lingkungan hutan. Lokasi perusahaan hutan alam produksi di Indonesia saat ini bergerak menuju ke daerah pegunungan yang semakin jauh dari pusat-pusat industri perkerajinan. Kondisi ini mengakibatkan biaya pengangkutan kayu sisa tebangan semakin mahal. Strokes (1992) menyatakan bahwa biaya pengeluaran kayu sisa tebangan adalah besar. Hal ini dikarenakan kayu sisa tebangan tersebar tidak merata, berukuran kecil, bentuknya tidak seragam dan sulit untuk dibuat kompak. Lebih lanjut Nugroho & Oktorio (2004) menyatakan bahwa pemanfaatan kayu sisa tebangan secara komersial tidak memberikan insentif kepada pelaku usaha pemanfaatan hutan. Pengeluaran kayu sisa tebangan akan dibebani tarif provisi sumberdaya hutan, seperti diatur dalam PP No: 74/1999 (Astana *et al.*, 2015).

Pengeluaran kayu sisa penebangan hutan dapat menimbulkan dampak serius terhadap lingkungan hutan (Vance *et al.*, 2018). Biomassa kayu hutan alam tropis sebagian besar berada pada batang pohon. Jika batang pohon diekstraksi keluar hutan, maka siklus unsur hara akan terganggu. Achat *et al.*, (2015) melaporkan bahwa pengeluaran kayu sisa tebangan berpengaruh terhadap kesuburan tanah hutan dan pertumbuhan pohon. Lebih lanjut Eisenbies *et al.*, (2009) menyatakan bahwa kayu sisa tebangan merupakan cadangan penting siklus hara pada ekosistem hutan. Pengeluaran kayu sisa tebangan akan mempengaruhi simpanan dan emisi karbon hutan (Azian *et al.*, 2017; Butarbutar *et al.*, 2019). Selain itu, pengeluaran kayu sisa penebangan dapat memberikan dampak signifikan terhadap keanekaragaman hayati hutan (Edward *et al.*, 2012; Franca *et al.*, 2016).



Gambar 5. Rata-rata Volume Kayu Sisa Penebangan Hutan Alam Produksi di Indonesia Berdasarkan Kualitas Kayu.

4. Kesimpulan

Tinjauan sistematis ini telah merangkum informasi penting tentang hasil-hasil penelitian kayu sisa penebangan hutan alam produksi di Indonesia. Sebagian besar penelitian mengungkap bahwa kayu sisa penebangan hutan alam produksi di Indonesia relatif banyak. Beberapa peneliti telah merancang untuk menguji faktor-faktor yang mempengaruhi produksi kayu sisa tebangan. Hasil pengujian membuktikan bahwa diameter pohon yang ditebang dan teknik penebangan berpengaruh nyata terhadap volume kayu sisa tebangan. Selanjutnya, beberapa penelitian menunjukkan bahwa sumber utama kayu sisa tebangan hutan alam produksi berasal dari batang bebas cabang. Hasil tinjauan menemukan bahwa terdapat perbedaan kuantitas kayu sisa yang dihasilkan dari penebangan hutan alam produksi di Indonesia. Penelitian yang menggunakan pendekatan bahwa semua tunggak di atas tanah adalah kayu sisa penebangan, menghasilkan kayu sisa yang lebih tinggi. Sementara penelitian yang menggunakan dasar takik rebah sebagai batas kayu sisa penebangan, menghasilkan kayu sisa penebangan yang rendah. Berdasarkan hasil tinjauan ini diperlukan penyempurnaan klasifikasi dan dimensi kayu bulat sisa penebangan hutan dalam peraturan atau Standar Nasional Indonesia tentang kayu bulat sisa.

Hasil tinjauan sistematis ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman tentang peran kayu sisa tebangan pada perusahaan hutan alam produksi di Indonesia. Mempertimbangkan konsekuensi ekonomi, lingkungan dan teknis, pengeluaran kayu sisa tebangan pada perusahaan hutan alam produksi merupakan pilihan yang mahal. Tidak semua kayu sisa tebangan dapat dijadikan bahan baku industri perindustrian.

Sebagian besar kayu sisa tebangan dapat dipertahankan dan dibiarkan di hutan untuk keberlanjutan siklus unsur hara, simpanan karbon hutan dan mempertahankan keanekaragaman hayati hutan alam tropis Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Thamrin, S. A. R., & Silaban, C. (2017). Potensi kayu sisa pemanenan kayu di lokasi penebangan IUPHHK-HA PT Dasa Intiga Kalimantan Tengah. *Jurnal Hutan Tropis*, 5(2), 174-181.
- Achat, D. C., Deleuze, C., Landmann, G., Pouse, N., Ranger, J., & Augusto, L. (2015). Quantifying of remove harvesting residue on forest soils and tree growth: A Meta-Analysis. *Forest Ecology and Management*. 344, 124-141. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.03.042.
- Andini, S., Budiaman, A., & Muhdin. (2017). Development of line intersect method for logging residue assessment of teak. *Journal of Tropical Forest Management*, 23, 51-60. <https://doi.org/10.7226/jtfm.23.2.51>.
- [APHI] Asosiasi Perusahaan Hutan Indonesia. (2019). *Peta jalan pembangunan hutan produksi tahun 2019-2045*. APHI, Jakarta.
- Astana, S., Soenarno, & Endom, W. (2015). Potensi penerimaan negara bukan pajak dari kayu sisa kayu pemanenan di hutan alam dan hutan tanaman. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 12(3), 227-243.
- Azian, M., Ismail, P., Rahman, A., Samsudin, M., Nizam, M., Hajar, N., Azmer, M., Lim, K. L., & Yusoff, M. (2017). Comparative study of carbon emissions change from different logging technique in inland production forest in Pahang. *The Malaysian Forester*. 80(1), 99-112.
- 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. <https://doi.org/10.7226/jtfm.19.3.194>.

- Budiaman, A., Mubarak, F. M., & Lismaya, W. (2020). Kayu sisa penebangan intensitas rendah di izin usaha pemanfaatan hasil hutan kayu-hutan alam. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 145-151.
- Budiaman, A. (2000). Kuantifikasi kayu bulat kecil kayu sisa pemanenan pada pengusaha hutan alam. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*, 8(2), 34-43.
- Butarbutar, T., Soedirman, S., Neupane, P. R., & Kohl, M. (2019). Carbon recovery following selective logging in tropical rainforests in Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecosystem*, 6(3), 2-14.
- 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. *British Medical Journal* 2020: 368.16890. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.16890>.
- Enters, T. (2001). Trash or treasure? Logging and mill residues in Asian and the Pacific. Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nation, Regional Office for Asian and Pacific.
- Erajaa, S., Halme, P., Kotioho, J. S., Markkanen, A., & Toivaren, T. (2010). The volume and composition of dead wood on traditional and forest fuel harvested clear-cuts. *Silva Fennica*, 44(2), 203-211.
- Edwards, D. P., Woodcock, P., Edwards, F. A., Larsen, T. H., Hsu, W. W., Benedick, S., & Wilcove, D. S. (2012). Reduced Impact Logging and Biodiversity Conservation: Case Study from Borneo. *Ecological Applications*, 22(2), 561-571. DOI: 10.1890/11-1362.1.
- Eisenbies, M. H., Vance, E. D., Aust, W., & Seiler, J. R. (2009). Intensive utilization of harvest residues in southern pine plantation: Quantities available and implications for nutrient budgets and sustainable site productivity. *Bioenergy Resources*, 2, 90-98.
- França, F., Barlow, J., Araújo, B., & Louzada, J. (2016). Does Selective Logging Stress Tropical Invertebrates? Using Fat Stores to Examine Sub Lethal Responses in Dung Beetles. *Ecology and Evolution*, 17, 63-173. DOI: 10.1002/ece3.2488.
- Filko, D. C., de Banos, P. L. C., & Silva, J. N. M. (2013). Diameter distribution of wood residues in logged and unlogged forest areas of the eastern Brazilian Amazon. *Cerne*, 19, 383-389.
- Helmisaari, H-S., Hanssen, K. H., Jacobson, S., Kukhola, M., Lairo, J., Saarsalmi, A., Tamminen, P., & Tveite, B. (2011). Logging residue removal after thinning in Nordic boreal forests: Long-term impact on tree growth. *Forest Ecology and Management*, 26, 1919-1927. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.02.015>.
- Karjalainen, T., Asikainen, A., Ilavsky, J., Zamboni, R., Hotari, K. E., & Röser, D. (2004). Estimation of energy wood potential in Europe. Finnish Forest Research Institut. Working papers of the Finnish Forest Research Institut 6. Helsinki.
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Keele University, United Kingdom.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gotzsche, P. C., Loannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *British Medical Journal* 2009: 339.b2700. DOI: 10.1136/bmj.b2700.
- Mansur, A., Tirkaamiana, T., & Sutejo, H. (2013). Kayu sisa pemanenan dan faktor eksploitasi IUPHHK-HA PT Rizki Kacida Reana-Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal AGRIFOR*, 12(2), 116-131.
- Martin, P. A., Newton, A. C., Pfeifer, M., Khoo, M., & Bullock, J. M. (2015). Impacts of tropical selective logging on carbon storage and tree species richness: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 356, 224-233. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.07.010>
- Matangaran, J. R., Partiani, T., & Purnamasari, D. R. (2013). Faktor eksploitasi dan kuantifikasi kayu sisa kayu dalam rangka peningkatan efisiensi pemanenan hutan alam. *Jurnal Bumi Lestari*, 13(2), 384-393.
- Muhamad, Elias, Murdiyarsa, D., & Matangaran, J. R. (2016). Wood waste caused by reduced-impact logging in Indonesian Selective Cutting and Planting System, North Borneo, Indonesia. *International Journal of Science: Basic and Applied Research*, 30, 86-92.
- Mujetahid, A. M. (2007). Komposisi kayu sisa penebangan di areal HPH PT. Teluk Bintuni Mina Agro Karya. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*. 2(1), 166-173.
- Noack, D. (1995). Better utilisation of tropical timber resources in order to improve sustainability and reduce negative ecological impacts. ITTO-Project P74/90.
- Nugroho, B., & Oktorio, R. (2004). Analisis kebijakan insentif pemanfaatan limbah pemanenan. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*, 17(2), 100-107.
- Numazawa, C. T. D., Numazawa, S., Pacca, S., & John, V. M. (2017). Logging residues and CO2 of Brazilian Amazon timber: Two case studies of forest harvesting. *Resource, Conservation and Recycling*. 122, 280-285.
- Osone, Y., Toma, T., Warsudi, Sutedjo, & Sato, T. (2015). High stocks of coarse woody debris in tropical rainforest East Kalimantan: Coupled impact of forest fire and selective logging. *Forest Ecology and Management*, 374, 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.027>.
- Ranius, T., Hamalainen, A., Egneli, G., Olson, B., Eklafl, K., Stendahl, J., Rudolphi, J., Stens, A., & Felton, A. (2018). The effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and management. *Journal of Environment Management*, 209, 409-425. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.048>
- Rozak, A. H., Rutishauser, E., Raulund-Rasmussen, K., & Sist, P. (2018). The imprint of logging on tropical forest carbon stock: A Bornean case-study. *Forest Ecology and Management*. 417, 154-166.
- 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.
- Soenarno, Endom, W., Basari, Z., Dulsalam, Suhartana, S., & 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 kayu sisa kayu di hutan alam Papua Barat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(2), 67-84.
- Soenarno, & Endom, W. (2016). Faktor konversi kayu sisa pemanenan kayu hutan tanaman dan rendemen pengelolaan serpih kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 34(1), 77-88.
- Soenarno. (2014a). Efisiensi pembalakan dan kualitas kayu sisa pembalakan di hutan tropika pegunungan: Studi

- kasus di IUPHHK-HA PT Roda Mas Timber Kalimantan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32(1), 45-61.
- Soenarno. (2014b). Potensi dan karakteristik kayu sisa pembalakan pada PT Kemakmuran Berkah Timber Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32(2), 151-166.
- Spineli, R., Nati, C., & Magagnotti, N. (2005). Harvesting and transport of root biomass from forest growing poplar plantation. *Silva Fennica*, 39(4), 539-548.
- Strokes, B.J. (1992). Harvesting small trees and forest residues. *Biomass and Bioenergy*, 2(6), 131-147.
- Suhartana, S., & Yuniawati. (2018). Pengaruh kayu sisa pemanenan kayu terhadap efisiensi pemanfaatan kayu hutan produksi alam pada dua perusahaan hutan di Kalimantan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(2), 147-154.
- Surasana, N., Limbong, K. D., & Yosep. (2020). Kayu sisa penebangan kayu di perusahaan PT. Dwimajaya Utama. *Journal of Environment and Management*, 1(3), 253-258.
- Suwarna, U., & Matangaran, J. R., & Morizon. (2013). Ciri kayu sisa pemanenan kayu di hutan rawa gambut tropika. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 18(1), 61-65.
- Thaib, J. (1991). Kerusakan tegakan dan kayu sisa pemanenan hutan rawa pada kawasan suatu perusahaan hutan di Kalimantan Barat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 9(3), 97-102
- Ward, E. (2006). *Chain Saws – Safety, Operation, Tree Felling techniques*. Kansas Forest Service. Kansas State University. United State of America.
- Vance, E. D., Prisley, S. P., Schilling, E. B., Tatum, V. L., Wigley, T. B., Lucier, A. A., & Van Deusen, P. C. (2018). Environmental implications of harvesting lower-value biomass in forest. *Forest Ecology and Management*, 407, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.023>
- Zamora-Cristales, R., & Sessions, J. (2016). Modeling harvest forest residue collection for bioenergy production. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 37, 287–296.