

DAMPAK PERUSAKAN ANTROPOGENIK TERHADAP SEDIMENTASI DAN EROSI PADA HUTAN LINDUNG WOSI RENDANI DI KABUPATEN MANOKWARI

Impact of Anthropogenic Destruction Toward Sedimentation and Erosion at Protected Forest of Wosi Rendani in Manokwari Regency

Mahmud¹⁾*

¹⁾ Jurusan kehutanan, Fakultas Kehutanan Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat, Indonesia 98314

ABSTRACT

Communities who live around the forest in supporting their daily lives cannot be separated from interactions with the forest, including protected forests impact that triggers erosion, sedimentation, flooding and landslides. This study aims to identify the anthropogenic destruction in Protected Forest of Wosi Rendani (PFWR) and its impact on sediment and erosion. The research was conducted through surveys and data analysis by scoring. The head of the KPHL, forest rangers and retired Forestry Service employees were selected in a purposive sampling. The results showed that anthropogenic activities in the PFWR area included forest encroachment, illegal logging, shifting cultivation by burning, soil extraction and C excavation, conversion to built-up areas. Anthropogenic activities have an impact on increasing sediment from high to very high and erosion in the very high category. The increase in sediment and erosion caused by shrinkage and destruction of PFWR is now remaining 26% which if not managed properly will trigger floods and flash floods.

Keywords: Anthropogenic, destruction, erosion, sedimentation, PFWR

ABSTRAK

Masyarakat yang mendiami sekitar hutan dalam menunjang kehidupan tidak terlepas dari interaksi dengan hutan, tak terkecuali dengan hutan lindung yang memicu kejadian erosi, sedimentasi, banjir dan longsor. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi perusakan antropogenik Hutan Lindung Wosi Rendani (HLWR) dan dampak yang ditimbulkan terhadap sedimen dan erosi. Penelitian dilakukan melalui survey dan analisis data dengan skoring. Kepala KPHL, polisi hutan dan pensiunan pegawai Dinas Kehutanan dipilih dalam pengambilan contoh dengan sengaja. Hasil penelitian menunjukkan aktifitas antropogenik di area HLWR meliputi perambahan hutan, penebangan liar, perladangan berpindah dengan cara membakar, pengambilan tanah dan galian C, alih fungsi ke kawasan terbangun. Aktivitas antropogenik berdampak terhadap peningkatan sedimen dari tinggi menjadi sangat tinggi dan erosi berkategori sangat tinggi. Peningkatan sedimen dan erosi disebabkan oleh penyusutan dan perusakan HLWR sekarang tersisa 26% yang jika tidak segera dikelola dengan baik akan menjadi pemicu penyebab banjir maupun banjir bandang.

Kata kunci: Antropogenik, perusakan, erosi, sedimentasi, HLWR

PENDAHULUAN

Hutan di Indonesia telah menjadi sorotan dan kepedulian Internasional, mengingat fungsi hutan sebagai paru-paru dunia yang terus mengalami deforestasi dan degradasi yang memicu terjadi perubahan iklim. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) (2015) hutan lindung di Indonesia seluas 29.7 juta ha dari total luas hutan 128 juta ha, menempati urutan ke-9 sebagai hutan terluas di dunia. Deforestasi hutan di Papua sepanjang dua dekade terakhir, menyusut 663,443 ha terjadi pada tahun 2001-2010 (29%), tahun 2011-2019 (71%) dengan deforestasi 34,918 ha per tahun (Koalisi Indonesia Memantau, 2021). Ketidakpedulian dan ketidaksadaran manusia terhadap fungsi hutan di wilayah nusantara, menyebabkan kehilangan hutan terus terjadi sampai sekarang. Degradasi dan deforestasi hutan di wilayah nusantara menjadi perhatian masyarakat global bahkan Internasional karena disinyalir bisa berpengaruh terhadap perubahan iklim, banjir dan bahkan banjir bandang (Fisher, 2012).

Peningkatan laju degradasi hutan dan lahan sebagai dampak dari lapangan pekerjaan yang sulit, tuntutan ekonomi, gaya hidup dan keperluan hidup manusia harus membuka hutan dan lahan tanpa memperdulikan statusnya. Manusia dalam usahatani terkadang memanfaatkan lahan tanpa memperdulikan kelerengan terjal yang berdampak pada erosi dan tanah longsor. Menurut Awang (2006) masyarakat sekitar hutan dalam kesehariannya banyak berinteraksi dengan sumber daya hutan untuk keperluan hidupnya. Perubahan aktifitas kehidupan masyarakat dalam membuka hutan untuk lahan pertanian di daerah hulu DAS berdampak pencemaran air dan sedimentasi yang terjadi di hilir DAS (Wahyudien *et al.*, 2018). Perubahan pola penggunaan lahan berdampak pada penurunan kapasitas resapan, dan peningkatan laju limpasan permukaan (Permatasari *et al.*, 2017). Peningkatan laju erosi dan sedimentasi sebagai dampak alih fungsi dan perusakan lahan pada Sub DAS Rawapening (Apriliyana, 2015).

Upaya pemenuhan kebutuhan sehari-hari menjadi awal permasalahan antara masyarakat dengan hutan lindung, yang terkadang timbul perusakan. Sebagaimana

*) Penulis Korespondensi: Telp. +6285292837916; Email: mahmudalya6@gmail.com

menurut Mahmud *et al.* (2020) pemanfaatan kayu bakar dengan penebangan liar, penyediaan kebutuhan hidup sehari-hari dengan *shifting cultivation* dan bahan bangunan menimbulkan degradasi di hutan lindung Maruni. Menurut Dako *et al.* (2019) perusakan oleh aktifitas manusia di hutan lindung Mutis Timau meliputi: perladangan berpindah, perambahan hutan, penebangan liar, penggembalaan ternak dan pembukaan lahan dengan membakar. Perusakan hutan merupakan masalah yang tidak bisa dibiarkan, sebagai solusi diperlukan pemahaman yang menyeluruh tentang faktor-faktor biofisik, ekonomi dan sosial (Purnomo dan Mendoza, 2011). Sebagaimana degradasi dan deforestasi hutan lindung Remu oleh pengambilan galian C berdampak banjir kota Sorong (Kompas, 2020), kerusakan dan penurunan luas hutan lindung di Bogor berdampak longsor tahun 2020 (Sidiq, 2020), penyusutan Hutan Lindung Wosi Rendani (HLWR) menjadi 88.2 ha dari semula 300.6 ha yang berdampak banjir lebih dari satu kali dalam setahun (Mahmud *et al.*, 2021).

HLWR sebagai hutan lindung hidro-orologis berdasarkan SK Gubernur Nomor: 118/GIB/1969 tanggal 15 Agustus 1969 dengan luas 331.78 ha. Akan tetapi saat ini terus mengalami degradasi dan deforestasi yang jika terus dibiarkan akan mengancam fungsi hutan lindung. HLWR bagian dari DAS Wosi saat ini disinyalir telah banyak terjadi alih fungsi sebagai akibat bertambahnya Daerah Otonomi Baru (DOB) sehingga berakibat musibah banjir dan turut mempengaruhi perubahan iklim. Peningkatan aktivitas antropogenik akan mengancam hutan dan berdampak pada iklim global karena akan berakibat negatif terhadap makhluk hidup dan satwa dilindungi (Soofi *et al.*, 2018). Layanan ekosistem pada hutan disinyalir turut mempengaruhi keadaan pola iklim dan perubahan iklim dunia. Apabila ekosistem hutan berubah oleh adanya peningkatan sedimen dan erosi akan mengancam ketidakstabilan sungai yang bisa berdampak banjir.

Aktivitas manusia sekitar hutan/antropogenik di beberapa daerah menjadikan hutan lindung maupun hutan konservasi semakin baik, misalnya terdapat potensi jasa lingkungan. Akan tetapi aktivitas manusia sekitar HLWR terdapat masalah yang harus dicarikan solusi oleh *stakeholder* kehutanan dan pemerhati lingkungan karena tindakan dan aktivitas tersebut berdampak perusakan hutan. HLWR merupakan bagian dari DAS Wosi yang saat ini perlu dilakukan penanganan, karena termasuk DAS yang harus dipulihkan. Dengan melihat kondisi HLWR semakin rusak dan menyebabkan kerusakan hutan maka perlu penelitian identifikasi perusakan antropogenik dan dampak terhadap sedimentasi dan erosi, sehingga dapat diketahui

perubahan penggunaan lahan yang berkontribusi besar terhadap peningkatan erosi dan sedimentasi.

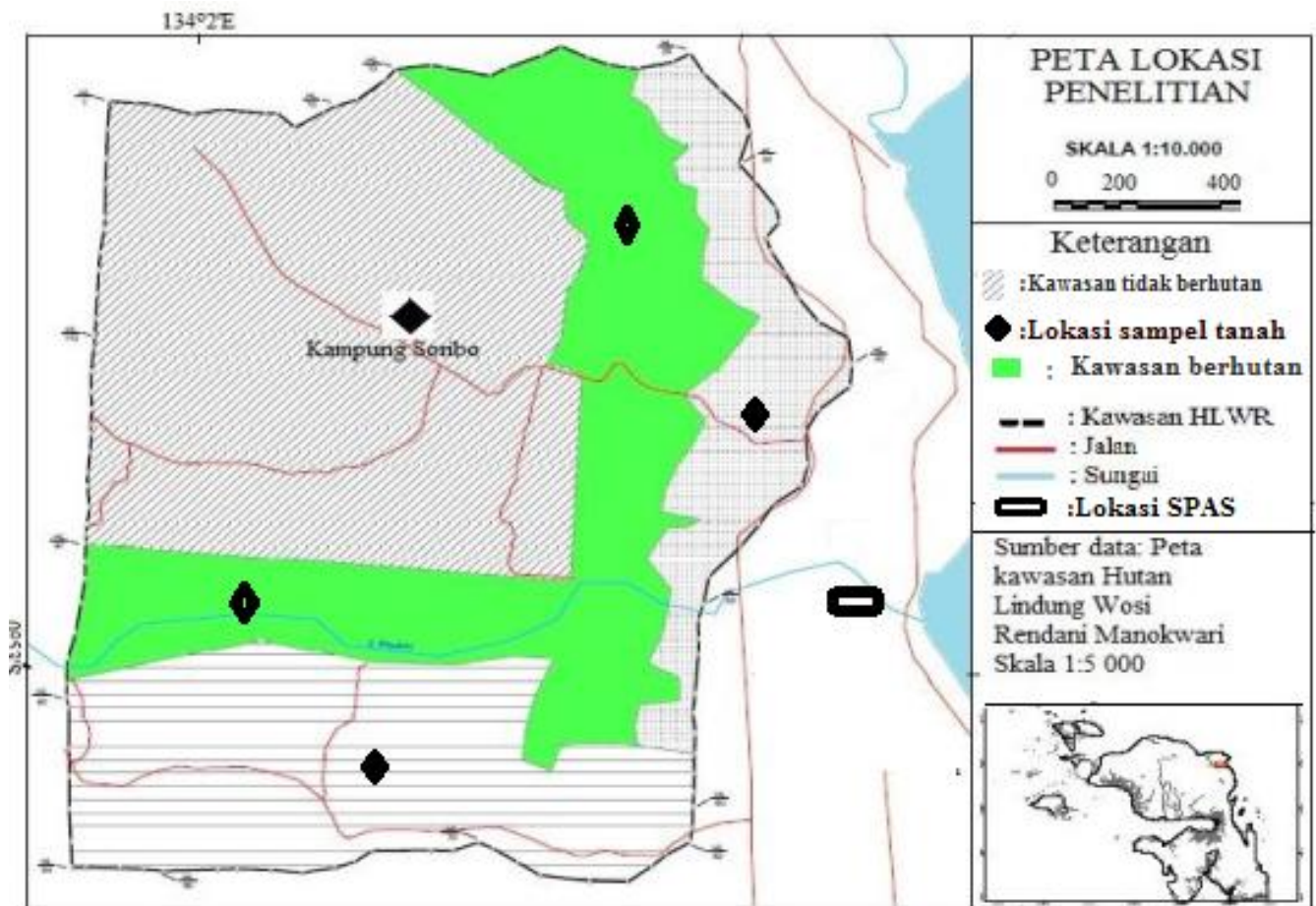
BAHAN DAN METODE

Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Perencanaan Manajemen Hutan, Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Papua dan kawasan HLWR (Gambar 1) selama 5 bulan, mulai Juni sampai Oktober 2021.

Penelitian ini menggunakan peralatan seperti seperangkat computer, *microsoft office* dan printer digunakan untuk menulis dan mencetak, menghitung dengan cepat digunakan kalkulator, dokumentasi lapangan dengan kamera, mengeringkan sedimen digunakan oven listrik, sepatu both digunakan dalam observasi HLWR, kertas filter digunakan untuk menyaring sampel sedimen, kuisioner digunakan dalam panduan wawancara kepada masyarakat. Peta-peta berikut digunakan untuk memprediksi erosi seperti: peta kelas kemiringan lereng skala 1:50,000, peta penutupan lahan skala 1:50,000, peta penggunaan lahan skala 1:50,000 dan peta unit lahan skala 1:50,000, jenis dokumen di UPT KPHL XII dan alat tulis menulis. Bahan penelitian diperoleh dari Stasiun Pengamatan Arus Sungai (SPAS) yang dipasang oleh Balai Pengelolaan DAS dan Hutan Lindung (BPDASHL) Remu Ransiki terdiri: debit air, Tinggi Muka Air (TMA), sedimen dan curah hujan bulanan.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data melalui data primer dan sekunder. Data primer melalui pengamatan lapangan dan pengambilan contoh dengan sengaja dan teknik bola salju. Sedangkan data sekunder berasal dari laporan Dinas Kehutanan Manokwari tahun 2015 dan Laporan tahunan dari BPDASHL Provinsi Papua Barat tahun 2016 sampai 2020. Penentuan contoh dengan sengaja dengan memilih kepala kampung, kepala KPH, Staf Polisi Hutan (Polhut), para pensiunan pegawai KPH yang terlibat langsung dalam pengelolaan hutan. Teknik bola salju mengikuti pola bola salju yang diawali kepala kampung berlanjut ke narasumber lain untuk memperoleh informasi lebih akurat berkaitan dengan aktivitas masyarakat yang menyebabkan perusakan HLWR berdasarkan pengetahuan, pengamatan, dan peristiwa yang terjadi. Pencarian narasumber pada masyarakat akan akan berhenti apabila beberapa narasumber memberikan keterangan yang sama atau mirip dengan sebelumnya dan sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Wawancara dan survey dengan mengadakan tanya jawab tentang sebab, akibat dan masalah yang terjadi aktivitas antropogenik yang menyebabkan penurunan dan perusakan hutan. Dokumentasi dengan mengambil gambar aktivitas antropogenik yang menyebabkan perusakan HLWR. Sementara dampak perusakan yang menyebabkan terjadi sedimentasi dan erosi didasarkan pada sampel lapangan yang dikeluarkan oleh BPDASHL tahun 2016-2020 di lokasi SPAS. Kadar hasil sedimen dalam air diukur dari pengambilan contoh air pada berbagai TMA saat musim penghujan. Debit sedimen (Q_s) dalam ton hari⁻¹ dapat dijadikan dalam ton ha⁻¹ tahun⁻¹ dengan membagi nilai Q_s dengan luas DAS. Nilai Q_s (ton ha⁻¹ tahun⁻¹) dikonversikan menjadi Q_s (mm tahun⁻¹) dengan mengalikan dengan berat jenis (BJ) tanah menghasilkan nilai Tebal Endapan Sedimen (TES). Hasil sedimen dalam aliran air dinyatakan dalam besaran laju sedimentasi (mm tahun⁻¹). Debit sedimen dihitung dengan pengukuran langsung, menggunakan persamaan persamaan (Tjakrawarsa *et al.*, 2014):

$$Q_s = k \times C \times Q \quad (1)$$

dimana:

- Q_s = debit sedimen (ton hari⁻¹)
- k = konstanta (0.0864)
- C = kadar muatan sedimen (mg l⁻¹)
- Q = debit air (m³ dt⁻¹).

Erosi pada HLWR diawali dengan menentukan sifat fisik dan kimia tanah diambil 5 sampel tanah pada kedalaman 0-30 cm. Sampel tanah yang diamati yaitu

tekstur, struktur, bahan organik dan permeabilitas tanah. Untuk menentukan besarnya erosi dengan prediksi dengan menggunakan formula dari *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang dikembangkan oleh (Wischmeier and Smith, 1978), yaitu

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (2)$$

dimana

- A = Erosi potensial (Ton ha⁻¹ tahun⁻¹)
- R = faktor erosivitas hujan (KJ ha⁻¹)
- K = faktor erodibilitas tanah (ton K⁻¹J)
- L = faktor panjang lereng (m)
- S = faktor kemiringan lereng (%)
- C = faktor pengelolaan tanaman
- P = faktor tindakan konservasi tanah

Indeks erosi (IE) dihitung dengan cara membandingkan erosi potensial (A) pada unit lahan dengan kedalaman efektif (solum tanah) pada unit lahan tersebut (T). Nilai T merupakan kriteria baku kerusakan tanah lahan kering akibat erosi air berdasarkan tebal/solum tanah sebagaimana rumus berikut:

$$IE = \frac{A}{T} \quad (3)$$

dimana:

- IE = indeks erosi
- A = erosi potensial (ton ha⁻¹ tahun⁻¹)
- T = erosi toleransi (ton ha⁻¹ tahun⁻¹)

Analisis Data

Analisis data perusakan antropogenik dimulai dari reduksi, penyajian, pengumpulan data atau informasi tersusun rapi dan verifikasi untuk diambil sebuah kesimpulan. Kerusakan yang berdampak terhadap sedimentasi dan erosi diawali dengan menentukan nilai untuk masing-masing kriteria dan parameter didasarkan pada Permenhut No. P.61/Menhut-II/2014. Kriteria dan parameter Permenhut No. P.61/Menhut-II/2014 meliputi koefisien rezim aliran, koefisien aliran tahunan, muatan sedimen, indeks erosi, banjir, penggunaan air, persentase penutupan vegetasi, tingkat kesejateraan penduduk, keberadaan dan penegakan aturan, klasifikasi kota. Sementara itu dalam penelitian ini hanya dibatasi pada muatan sedimen dan indeks erosi. Masing-masing nilai dari kriteria dan parameter dianalisis untuk menentukan kelas, sehingga diperoleh hasil akhir tingkat erosi dan sedimentasi (Tabel 1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktifitas Perusakan Antropogenik

Degradasi dan deforestasi hutan di Indonesia terjadi baik pada hutan konservasi, produksi maupun hutan lindung. Sebagaimana terjadi di HLWR dari tahun 1991 mengalami perubahan luasan berdasarkan hasil laporan Dinas Kehutanan baik melalui survey dan penelitian. Dari hasil penelitian teridentifikasi perusakan antropogenik meliputi kegiatan perambahan hutan, penebangan liar, perladangan berpindah dengan cara membakar, pengambilan tanah dan galian C, alih fungsi ke kawasan terbangun secara ilmiah dapat dipetakan sebagai berikut:

Perambahan Hutan

HLWR telah ditunjuk oleh Gubernur Irian Jaya sebagai hutan lindung hidro-orologis tanggal 15 Agustus 1969

dengan luas 331.78 ha. Awal 1980 pemerintah mendatangkan penduduk dari Jawa, Bali dan Nusa Tenggara Timur (NTT) untuk transmigrasi sehingga tahun 1990-an Papua barat mulai tumbuh dan berkembang, berdampak sisi timur HLWR harus dibuka untuk menuju ibu kota Manokwari. Oleh karena itu sejak tahun 1991 sampai 2014 HLWR terus mengalami penyusutan, sekarang tinggal 86.2 ha (Tabel 2).

Berdasarkan Tabel 2 perambahan hutan HLWR mencapai 245.5 ha, sementara yang tersisa hanya 86.2 ha. Dengan demikian hanya tersisa 26% yang masih berfungsi hutan lindung, sedangkan 74% bukan berfungsi hutan lindung, seperti pemukiman, perladangan berpindah, perkantoran, pertanian, dan kawasan terbangun lainnya. Peningkatan perusakan terjadi dari tahun 2003 sampai 2008 dari 23.1% menjadi 73.3%, yakni terjadi peningkatan sebesar 50.2%. Hal ini menunjukkan peningkatan kerusakan drastis HLWR pada tahun 2008, seiring dengan sembilan tahun berdirinya Provinsi Papua Barat.

Seharusnya 86.2 ha pemerintah segera menetapkan hutan lindung tidak dibiarkan berlanjut yang dikuatirkan keberadaan HLWR musnah, karena mengacu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK RI) No P.24/2020 penyediaan *food estate* (lumbung pangan) dapat diterapkan di hutan lindung dan produksi. Walaupun HLWR masih tersisa 86.2 ha maka masih bisa diperuntukan sebagai hutan lindung, karena ada hutan lindung Kethu di Kabupaten Wonogiri hanya seluas 40 ha dengan tujuan utama sebagai paru-paru kota. Pemberlakuan Permen LHK No P.24/2020 tentang penyediaan kawasan hutan untuk pembangunan lumbung pangan telah membuat gundah para pemerhati lingkungan hidup dan rimbawan, karena penyediaan lumbung pangan dapat dilakukan di hutan lindung juga hutan produksi. Permen LHK tersebut memasukan hutan lindung, bukan areal penggunaan lain dan hutan konversi padahal keduanya memiliki luas 14.8 juta ha (KLHK, 2015).

Tabel 1. Kriteria sedimentasi dan erosi

Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai	Kelas	Skor
Muatan Sedimen (MS)	4	MS = k x Cs x Q	MS < 5	Sangat rendah	0.5
			5 < MS ≤ 10	Rendah	0.75
			10 < MS ≤ 15	Sedang	1
			15 < MS ≤ 20	Tinggi	1.25
			> 20	Sangat tinggi	1.5
Indeks Erosi (IE)	10	Erosi aktual IE = ----- Erosi yg ditoleransi	IE ≤ 0.5	Sangat rendah	0.5
			0.5 < IE ≤ 1.0	Rendah	0.75
			1.0 < IE ≤ 1.5	Sedang	1
			1.5 < IE ≤ 2.0	Tinggi	1.25
			> 2.0	Sangat tinggi	1.5

Sumber: Permen NO. 61 /Menhut-II/2014

Tabel 2. Degradasi dan deforestasi HLWR

Tahun	Kondisi Baik (ha)	Kerusakan		Deskripsi
		(ha)	(%)	
1969	331.8	-	-	Peta tidak tercermin batas-batas area perumahan, pertanian dan kebun masyarakat dll.
1991	321.3	10.5	3	Berdasarkan laporan kegiatan berita acara kebun masyarakat hutan
2003	255.0	76.7	23.1	Berdasarkan peta tutupan lahan yang di overlay dengan peta hasil tahun 2003
2008	88.2	243.6	73.3	Berdasarkan hasil penetapan batas oleh Dinas Kehutanan Kabupaten Manokwari tahun 2008
2014	86.2	245.5	74	Berdasarkan data lapangan yang diperoleh dari penelitian

Sumber: Dinas kehutanan Manokwari, 2014

Tentunya ke depan perambahan sumber daya hutan HLWR harus dihindari, jangan sampai melebihi 80% bahkan sampai habis. Karena banyak ahli mengukapkan salah satu penyebab banjir bandang di Kota Batu Provinsi Jawa Timur akibat tutupan hutan lindung di lereng Gunung Arjuno telah dibabat habis sekitar 90% (Tempo 2021). Seakan-akan pemerintah tidak berdaya untuk mencegah dan memberantas usaha alih fungsi HLWR untuk kegiatan bukan kehutanan. Padahal dalam UU No. 18/2013 tentang pencegahan dan pemberantasan perusakan hutan pasal 8 ayat 1 berbunyi Pemerintah berkewajiban melakukan pemberantasan perusakan hutan. Perusakan hutan lindung di Indonesia lebih tinggi dibandingkan dengan hutan produksi. Menurut Badan Planologi (2002) tahun 1997 sampai 2002 laju perusakan hutan produksi sebesar 5% tahun⁻¹, sementara hutan lindung lebih tinggi, yakni sebesar 10% tahun⁻¹. Degradasi dan deforestasi pada hutan lindung sedini mungkin harus dihindari, karena memang penetapan dan pengukuhan membutuhkan waktu yang panjang mulai dari penelitian, tata batas, orientasi lapangan berdasarkan kelerengan, ketinggian tempat, ancaman bahaya erosi dan intensitas hujan. Padahal degradasi dan deforestasi pada hutan lindung berdampak buruk seperti di Jawa Barat kerusakan hutan lindung (HL) seluas 23.3 sampai 33.9 ha tahun⁻¹ yang berdampak lahan tidak produktif (Ekawati, 2010). Perambahan juga berdampak pula tanah bergerak dan longsoran tanah di HL Lematang Pagaralam (Durrohman, 2019), longsoran tanah di HL Tahura Sibolangit (Supriadi, 2001) dan lahan kritis pada DAS Wosi seluas 564.8 ha (BPDASHL Remu Ransiki, 2019) sebagaimana pada Gambar 2.

Bagaimana tidak terjadi longsor jika hutan lindung dengan kelerengan curam-sangat curam dan intensitas hujan sangat tinggi yang tadinya penuh dengan vegetasi, akan tetapi pohon dibabat habis baik untuk pertanian dan pemukiman. Sementara itu kawasan pertanian pada kelerengan curam-sangat curam jika terjadi hujan air dengan mudah mengikis tanah, karena tipe daun yang berbeda dengan tanaman kehutanan dan setelah panen biasanya lahan kosong dari vegetasi. Lahan kosong/lahan bera tidak ada yang mengikat tanah, air hujan yang tadinya meresap menjadi aliran permukaan dan aliran permukaan semakin besar akan timbul erosi alur/parit yang akan memperbesar partikel tanah untuk berpindah dalam jumlah besar (longsor).



Gambar 2. Lahan kritis pada kawasan HLWR

Penebangan Liar

Masyarakat yang mengambil kayu dari HLWR, kayu digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti: kayu bakar, bahan bangunan dan pertukangan. Perambahan dan penebangan liar di HLWR bekerjasama masyarakat asli Papua dengan pengusaha kayu agar memudahkan dan penyelesaian jika timbul sengketa. Apabila dikemudian hari ada patroli dari Polisi Kehutanan, masyarakat ini menjadi tameng hidup untuk menegosiasi dan melawan agar penebangan tidak terjerat hukum. Padahal penebangan pohon pada kawasan hutan hanya diperbolehkan jika memperoleh izin khusus Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, sebagaimana UU No. 18/2013 tentang pencegahan dan pemberantasan perusakan hutan pasal 13 ayat 1 yang berbunyi penebangan pohon yang dilakukan dalam kawasan hutan dikecualikan untuk kegiatan yang mempunyai tujuan strategis yang tidak dapat dihindari dengan mendapat izin khusus dari menteri.

Apalagi HLWR sampai 54 tahun berlalu masih berstatus penunjukan oleh Gubernur tidak ditindaklanjuti penetapan oleh menteri yang terkait. Padahal jika HLWR berstatus hutan lindung tetap oleh KLHK, maka tidak boleh mengambil kayu di hutan lindung. Pemanfaatan hutan lindung mengacu UU No. 41/1999 dan PP No. 34/2002 menguraikan bahwa bentuk pemanfaatan hutan lindung terbatas pada pemungutan hasil hutan bukan kayu (HHBK), pemanfaatan jasa lingkungan dan pemanfaatan kawasan. Untuk pemanfaatan jasa lingkungan melalui memanfaatkan potensi area tanpa merusak kawasan hutan lindung seperti: perdagangan karbon, pemanfaatan air, ekowisata dan wisata olah raga tantangan. Bentuk-bentuk pemanfaatan ini ditujukan untuk meningkatkan peningkatan kesadaran masyarakat sekitar hutan akan fungsi dan kelestarian hutan lindung, kesejahteraan masyarakat dan pendapatan daerah.

Menurut Kuemmerle *et al.* (2009) areal hutan dekat kantor kehutanan atau pemukiman lebih aman dari upaya penebangan liar dibandingkan daerah terpencil. Daerah terpencil apabila ada penebangan liar suara mesin gergaji tidak didengar dan susah dijangkau oleh petugas keamanan, sedangkan dekat pemukiman dan kantor biasanya petugas keamanan selalu patroli. Penebangan liar pada kawasan hutan akan dijerat dengan UU No. 18/2013 tentang pencegahan dan pemberantasan perusakan hutan. Ketentuan pidana bagi perseorangan/ perusahaan mengacu Pasal 82 dalam Undang-Undang tersebut, bagi perseorangan yang dengan sengaja melakukan penebangan pohon dalam kawasan hutan yang tidak sesuai dengan izin pemanfaatan hutan/ tidak syah dipidana dengan penjara paling singkat satu tahun dan paling lama lima tahun serta pidana denda paling sedikit 500 juta rupiah dan paling banyak 2,500 juta rupiah. Selanjutnya hukuman penjara paling sedikit 5 tahun dan paling lama 15 tahun serta hukuman denda paling sedikit 5 milyar rupiah dan paling banyak 15 milyar rupiah bagi perusahaan yang melanggar.

Perladangan Berpindah dengan Cara Membakar

Adat istiadat/budaya perladangan berpindah dengan membakar telah menjadi tradisi turun temurun yang dianut oleh masyarakat di Tanah Papua (Gambar 3). Padahal kalau tidak dibakar serasah yang berasal dari bunga, buah, ranting, cabang dan batang akan mengurangi aliran permukaan saat intensitas hujan tinggi. Menurut Masnang *et al.* (2014) jika terjadi penurunan serasah atau

material lain, maka saat terjadi hujan aliran permukaan dan sedimen akan terjadi peningkatan. Hasil wawancara mengungkapkan semua responden mengatakan bahwa kegiatan perladangan berpindah dengan membakar terjadi hampir seluruh tanah di HLWR dan menjadi budaya yang diturunkan oleh nenek moyang sampai sekarang. Menurut Ataribaba *et al.* (2020) perladangan berpindah merupakan kearifan tradisional untuk menjaga ketahanan pangan lokal yang sudah melembaga dan membudaya pada suku-suku di Papua.

Shifting cultivation dengan membakar tidak semata-mata kembali ke lahan yang telah dan sedang ditinggalkan tetapi berpindah dari lahan yang baru dengan cara membuka hutan. Mereka meyakini dengan membakar dan berpindah-pindah tanaman lebih subur walaupun tidak dipupuk. Memang masyarakat asli Papua tidak mengenal pupuk dalam setiap bercocok tanam. Beberapa masyarakat mempunyai anggapan/ indikator jika tumbuh tumbuhan tertentu maka bisa berpindah ke lahan yang dulu ditinggalkan/lahan bera (Gambar 4). Berdasarkan Gambar 4 nampak tanaman jagung, sedangkan disampingnya terdapat lahan bera yang ditumbuhi rumput dan semak belukar. Dampak dari pengetahuan yang rendah terhadap manfaat hutan lindung mendorong petani untuk melakukan perluasan dengan terus berpindah dari lahan/hutan yang lain. Mereka tidak menyadari perladangan berpindah berdampak perluasan lahan bera dan lahan kritis. Menurut Dako *et al.* (2019) perambahan liar hutan lindung untuk perladangan memberikan dampak seperti lahan kritis seluas 138.9 ha di Provinsi NTT.

Pembukaan lahan baru yang berasal dari hutan dengan cara ditebang dan dibakar sudah lama dilakukan dan merupakan warisan dari generasi terdahulu (Gambar 5). Dari Gambar 5 memperlihatkan terdapat abu cukup tipis (tampak permukaan tanah agak hitam) dari sisa pembakaran serasah baik yang berasal dari sisa tegakkan maupun semak belukar. Serasah, ranting, cabang, dahan dan batang yang terbakar dan abu yang ditinggalkan dari sisa pembakaran, sangat dipercaya bisa membantu tingkat kesuburan tanah dan hasil pertanian. Akan tetapi karena lahan terletak pada kelerengan sampai 40% abu terlihat semakin hilang dari permukaan tanah akibat erosi dan aliran permukaan tanah (Gambar 6). Dari gambar tersebut nampak tumbuh anakan tanaman, batang-batang berserakan dan tunggak kayu masih berdiri kokoh. Biasanya setelah pembakaran dan turun hujan dilakukan penanaman sayur-sayuran dan umbi-umbian seperti jagung, labu, betatas, singkong, keladi, kacang panjang, kacang tanah dan jenis tanaman yang cocok sekitar kawasan HLWR. Jenis tanaman ini mirip oleh peladang berpindah suku Wemale di Ambon, dengan jenis tanaman pisang, umbi-umbian, sayuran, cabai dan tomat untuk dapat dijual ke pasar agar dapat menghasilkan uang bagi kebutuhan pendidikan anak (Matinahoru, 2013). Padahal jika hutan lindung beralih fungsi menjadi lahan pertanian berpotensi menjadi longsor dan menjadi faktor banjir bandang sebagaimana banjir bandang di Malang. Menurut Tempo (2021) berubah fungsi hutan lindung (lokasi curam dan kemiringan tajam) menjadi lahan pertanian dengan komoditas hortikultura seperti: kentang, daun bawang, kol, dan wortel yang berlangsung beberapa tahun diduga menjadi penyebab banjir bandang di Kota Batu.

Pengambilan Galian C dan Tanah

Dampak pengambilan tanah dan galian C daerah resapan air menjadi hilang sehingga meningkatkan risiko bencana longsor dan banjir. Saat hujan air cenderung menjadi limpasan permukaan, mengingat tidak ada vegetasi dan serasah yang menghalangi air. Air akan mengalir mengikuti permukaan tanah yang lebih rendah, mungkin akan menyatu, mengikis tanah dan aliran semakin besar. Potensi longsor akan semakin besar karena lahan semakin curam sebagai dampak penggalan tanah pada lahan yang agak miring, sehingga lahan yang ditinggalkan semakin curam (Gambar 7).

Dari Gambar 8 menunjukkan bekas galian telah ditinggalkan, lahan menjadi sangat curam dan sementara bagian bawah menjadi datar. Jika hujan intensitas tinggi lahan dengan posisi sangat curam, maka sangat berpotensi longsor karena saat hujan lahan yang sangat curam beban sangat berat dan tidak seperti biasanya. Biasanya lahan tersebut ada penahan galian C/galian batuan, mengingat lahan bagian bawah dikeruk/dipotong untuk diambil maka lahan yang ditinggalkan semakin curam. Menurut Hardiyatmo (2012) semakin curam lahan kekuatan menahan tanah semakin kecil, padahal beban tanah tetap. Apabila beban tanah semakin besar akibat air masuk kedalam tanah yang berasal dari curah hujan tinggi, maka beban tanah semakin besar. Padahal kekuatan lahan bagian kelerengan curam relatif sama, baik terdapat air maupun tidak. Dengan demikian permukaan tanah yang digali untuk dibuat semakin curam potensi longsor akan semakin besar.

Selain menimbulkan longsor maka ancaman yang tidak kalah penting yaitu banjir. Dengan adanya galian tanah, penggalan batuan dan pengerukan tanah maka saluran-saluran air berpindah dan mungkin akan menyatu dengan aliran lain. Apabila aliran semakin besar dan melebihi daya tampung sungai maka banjir tidak terelakan. Demikian juga apabila terjadi longsor alami yang menutupi atau membendung saluran air/sungai, maka akan terbentuk bendung air alami. Suatu saat bendung air alami jebol (mengingat bendung sangat rapuh) maka banjir ataupun banjir bandang akan terjadi. Sementara itu berdasarkan Gambar 8 sebagian tanah telah diambil/dikeruk sehingga nampak permukaan tanah dibuat seperti tangga. Menurut Hardiyatmo (2012) upaya mengambil permukaan lahan dengan penggalan tanah menyebabkan lahan semakin curam dan tinggi lereng bertambah yang berpotensi longsor.

Alih Fungsi ke Kawasan Terbangun

Saat ditunjuk tahun 1969 HLWR sebagai hutan lindung hidro-orologis, kawasan hutan masih sangat lebat ditumbuhi beraneka tumbuhan, banyak mata air jernih dan habitat satwa endemik seperti burung Cenderawasih. Akan tetapi mulai tahun 1991, telah terjadi penyusutan dan penggusuran yang ditandai pemindahan dan pencabutan Pal Batas (Tabel 3).

Berdasarkan Tabel 3 masih terdapat 55% pal batas dalam kondisi baik, sedangkan 45% kondisi rusak (hilang) yang mana pal batas hanya terbuat dari kayu maka cepat lapuk, mudah dipindahkan dan dicabut. Hal inilah yang menyebabkan pal batas hutan lindung menjadi kabur, tidak jelas dan tidak mudah diketahui. Setelah tidak diketahui tanda batas/ batas kabur mulailah penebangan liar oleh masyarakat asli Papua yang bekerjasama dengan pengusaha

non-Papua. Tidak hanya penebangan liar mereka juga membuka lahan dengan membakar untuk bercocok tanam. Untuk menjaga agar lahan dan tanaman tidak diganggu hewan liar mereka membuat pondok/gubuk. Pondok/gubuk selanjutnya diperbesar menjadi pemukiman dan perumahan dengan mengajak saudara, teman terdekat untuk bergabung agar lebih nyaman. Apalagi selama ini tidak ada teguran dari yang berwajib misalnya Polisi Kehutanan/Dinas

Kehutanan, maka pemukiman semakin tumbuh dan perladangan berpindah dengan cara membakar semakin marak. Akhirnya pemukiman/kawasan terbangun semakin banyak dan besar sehingga tahun 2014 HLWR tinggal 86.2 ha. Kawasan terbangun saat ini seperti kompleks perumahan Polda, kampung Soribo, kampung Tanah Merah Indah, kompleks Mako Brimob, kompleks perumahan Sulawesi dan Buton.



Gambar 3. Lahan bekas bakar yang siap untuk diolah



Gambar 4. Lahan bera dan tanaman Jagung



Gambar 5. Hutan ditebang dengan cara dibakar untuk buka lahan baru



Gambar 6. Batang, cabang nampak berserakan dan lahan kosong dari rumput



Gambar 7. Pengambilan galian C dan sebagian lahan telah menjadi datar



Gambar 8. Pengambilan tanah dan permukaan tanah dibuat seperti tangga

Tabel 3. Kondisi pal batas HLWR

Lokasi	Pal batas	Hilang	Baik	Keterangan
Jalan baru Wosi Rendani	HL/26–HL/58	29	4	Pemindahan pal batas
Mako Brimob	HL/59–HL/62	-	4	
Kali dingin	HL/63–HL/84	4	18	Pemindahan pal batas
Sebelah barat HLWR	HL/1–HL/25	21	4	Pencabutan pal batas
Sekitar Rendani	HL/85–HL/119	-	35	
Total		54 (45 %)	65 (55%)	

Sumber: Dinas Kehutanan Manokwari, 2014

Keterangan: HL= Hutan lindung



Gambar 9. Kawasan terbangun di HLWR

Seharusnya alih fungsi dan perubahan penggunaan lahan pada hutan lindung sedini mungkin harus dihindari, karena bisa menimbulkan banjir bahkan banjir bandang. Menurut Kompas (2021) perubahan tata guna lahan dan kawasan terbangun yang meningkat di daerah tebing/kawasan curam akan menyumbang potensi banjir di wilayah bawahnya seperti daerah hilir. HLWR yang berdekatan dengan jalan provinsi/protokol yang menghubungkan 3 kabupaten pemekaran membuat incaran untuk dijadikan pemukiman, tempat usaha dan kawasan terbangun lainnya (Gambar 9). Menurut Narindrani (2018) aktifitas perambahan sumber daya hutan dan pemanfaatan hasil hutan memberikan dampak terhadap lingkungan. Perambahan hutan pada kawasan hutan lindung sedini mungkin harus dicegah, dengan sosialisasi baik melalui penyuluhan dan pemasangan papan larangan. Upaya pemerintah melalui KLHK bersama Polri dan TNI angkatan laut untuk mengatasi perambahan hutan telah dibentuk tim penanggulangan peredaran hasil hutan tidak syah, penebangan liar dan menggalakan operasi wanalaga dan

wahana bahari untuk menangkal pembalakan liar. Agar pembalakan liar berkurang pemerintah mengeluarkan Instruksi Presiden No. 4 Tahun 2005 tentang pemberantasan penebangan kayu secara tidak syah di kawasan hutan dan peredarannya di Indonesia bertujuan untuk menangani pembalakan liar.

Dampak Pembalakan Liar Terhadap Sedimentasi dan Erosi

Sedimen

Setelah 54 tahun berlalu aktifitas antropogenik perusakan HLWR mulai terasa, bahwa HLWR bagian dari DAS Wosi masuk kategori DAS yang harus dipulihkan/rusak. Aktifitas antropogenik diawali usahatani masyarakat Papua membuka lahan dengan berpindah-pindah/*shifting cultivation*. Terkadang alih fungsi ke pertanian yang tidak menetap tanpa memperdulikan status kawasan hutan lindung, hutan konservasi atau kawasan tertentu. Apalagi petugas keamanan yang sedikit sementara luas hutan di Papua paling luas dibandingkan hutan diluar Papua. Alih fungsi HLWR ke pertanian dan pemukiman semakin marak semenjak dibukanya sisi timur menjadi Jl. Esau Sesa (jalan baru), karena jika tidak dibuka akan mengganggu penerbangan pesawat di Bandar udara Rendani. Disamping itu terbentuknya Provinsi Papua barat yang ke-33 dari 38 di Indonesia dengan ibu kota Provinsi di Manokwari yang berdekatan dengan HLWR, maka sepanjang jalan Esau Sesa penuh dengan bangunan. Padahal kawasan semua itu masuk HLWR bagian dari DAS Wosi, sehingga tidak heran saat ini hutan hanya tersisa 26%. Menurut Mahmud *et al.* (2021) daya dukung DAS Wosi berkategori buruk dan sangat buruk yang dikategorikan sebagai DAS yang harus dipulihkan. Begitu juga DAS Wosi merupakan salah satu dari tujuh DAS yang harus dipulihkan

berada dalam ibu kota Provinsi Papua Barat (BPDASHL Remu Ransiki, 2016). Sedimen menjadi salah satu kriteria dan indikator dalam menilai daya dukung DAS, adapun hasil sedimen selama lima tahun (2016-2020) disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 3 dalam 5 tahun (2016-2020) terjadi peningkatan sedimen dari tinggi menjadi sangat tinggi (15.9-37.0 mm tahun⁻¹). Peningkatan ini sangat beralasan karena HLWR yang memiliki keterbatasan sangat curam telah beralih menjadi kawasan terbangun seperti: pemukiman, perkantoran, jalan, ladang berpindah dengan membakar. Perubahan penggunaan lahan oleh aktifitas antropogenik untuk pertanian yang tidak memperhatikan aspek konservasi tanah akan mengakibatkan terjadinya erosi dan sedimentasi (Wahyudien *et al.*, 2018). Seharusnya alih fungsi HLWR tidak dilakukan, karena telah sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Manokwari sebagai kawasan lindung. Menurut Permatasari *et al.* (2017) perubahan penggunaan lahan yang ditetapkan berdasarkan RTRW dapat lebih memperbaiki tata air DAS, baik dari segi kualitas (menurunkan sedimentasi) dan kuantitas (aliran debit sungai lebih sabil). Tata guna lahan yang sesuai peruntukan memiliki hubungan terhadap aliran air sepanjang tahun, kualitas air dan daya dukung DAS.

Erosi

HLWR yang berdekatan dengan ibu kota Provinsi Papua barat menjadi masalah cukup serius oleh aktifitas antropogenik baik oleh masyarakat asli Papua maupun bukan Papua. Setelah separuh abad berlalu selain berdampak pada sedimen, tentu akan berdampak terhadap erosi. Mengingat banyak sekali aktifitas antropogenik seperti perambahan hutan, penebangan liar, perladangan

berpindah dengan cara membakar, pengambilan galian C dan tanah, alih fungsi ke kawasan terbangun. Dari hasil penelitian diperoleh nilai erosi di kawasan HLWR disajikan pada Tabel 5.

Dari Tabel 5 menunjukkan selama 5 tahun indeks erosi sebesar 31.1-39.7% berkategori sangat tinggi. Indeks erosi digunakan sebagai salah satu dasar dalam penentuan kebijakan pengelolaan unit lahan yang bersangkutan. Peningkatan erosi menjadi bukti telah terjadi alih fungsi lahan yang memicu terjadinya peningkatan kerusakan hutan yang berimbas pada tingginya laju erosi (Apriliyana, 2015). Menurut Yuferev *et al.* (2019) erosi menyebabkan tanah menjadi rusak dan kehilangan kesuburan tanah. Unit lahan yang memiliki nilai erosi yang besar dengan ketebalan solum tanah tipis akan lebih rentan daripada unit lahan yang memiliki ketebalan solum tanah yang lebih tebal. Dengan demikian alih fungsi dari hutan ke bukan hutan seperti perkantoran, pemukiman dan pembukaan hutan menjadi lahan baru dengan cara membakar pada kawasan curam menjadi penyebab peningkatan erosi.

Peningkatan erosi mengindikasikan perubahan penggunaan lahan yang sebelumnya tegakan hutan mengalami penurunan, sebaliknya kawasan terbangun dan lahan pertanian tanpa penerapan konservasi tanah mengalami peningkatan. Hutan memberikan kontribusi pada terjadinya erosi lebih kecil dibandingkan dengan ladang, tegalan, pemukiman dan semak belukar (Buton *et al.*, 2016). Padahal dengan berkurangnya daerah resapan apabila terdapat curah hujan tinggi akan meningkatkan erosi dan longsor sebagaimana menurut Kompas (2021) curah hujan cukup tinggi menyebabkan banyak sekali erosi, tanah longsor, batu dan kayu-kayu yang ikut hanyut terbawa air diperparah dengan kondisi tangkapan air yang terbuka.

Tabel 4. Hasil sedimen 2016-2020 pada HLWR

Tahun	Hasil sedimen (ton ha ⁻¹ tahun ⁻¹)	Hasil sedimen (mm tahun ⁻¹)	Skor	Kategori
2016	247.6	17.6	1.5	tinggi
2017	223.6	15.9	1.25	tinggi
2018	347.5	24.8	1.5	sangat tinggi
2019	398.3	37.0	1.5	sangat tinggi
2020	397.2	36.8	1.5	sangat tinggi

Sumber: BPDASHL, 2016-2020

Tabel 5. Indeks erosi pada tahun 2016 sampai 2020

Tahun	A (ton ha ⁻¹ tahun ⁻¹)	T (ton ha ⁻¹ tahun ⁻¹)	IE (%)	Skor	Penilaian
2016	50.3	143.4	35.0	1.5	sangat tinggi
2017	49.1	158	31.1	1.5	sangat tinggi
2018	71.8	181	39.7	1.5	sangat tinggi
2019	72.9	184	39.6	1.5	sangat tinggi
2020	71.6	180.2	39.7	1.5	sangat tinggi

SIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh aktivitas antropogenik yang menyebabkan degradasi dan deforestasi hutan pada kawasan HLWR meliputi perambahan hutan, penebangan liar, perladangan berpindah dengan cara membakar, pengambilan galian C dan tanah dan alih fungsi ke kawasan terbangun. Aktivitas antropogenik berdampak terhadap sedimen mulai tahun 2016 sampai 2020 terjadi peningkatan dari tinggi menjadi sangat tinggi dan indeks erosi berkategori sangat tinggi. Alih fungsi dari hutan ke bukan hutan diawali pembukaan jalan baru yang memicu terbukanya kawasan hutan, system perladangan berpindah yang dilakukan oleh masyarakat Papua, terbentuknya Provinsi Papua Barat menjadi harapan bagi masyarakat luar Papua untuk datang ke Papua dan semakain banyak orang mendirikan bangunan sekitar HLWR yang membutuhkan material seperti tanah timbunan dan batuan. Kerusakan tersebut menyebabkan luasan HLWR terus menyusut yang jika tidak segera dikelola dengan baik dikhawatirkan akan terus mengalami peningkatan hasil sedimen dan erosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliyana, D. 2015. Pengaruh perubahan penggunaan lahan Sub DAS Rawapening terhadap erosi dan sedimentasi Danau Rawapening. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 11 (1): 103-116
- Ataribaba, Y., I. Setiawan dan T.I. Noor. 2020. Pola pergeseran nilai kearifan lokal sistem ladang berpindah pada masyarakat arfak. *Mimbar Agribisnis Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 6(2): 812-832
- Awang, S.A. 2006. *Sosiologi Pengetahuan Deforestasi: Konstruksi Sosial dan Perlawanan*. Penerbit Debut Press. Yogyakarta.
- [BPDASHL] Balai Pengelolaan DAS dan Hutan Lindung Remu Ransiki. 2016. Laporan monitoring dan evaluasi pengelolaan DAS Wosi tahun 2016. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- [BPDASHL] Balai Pengelolaan DAS dan Hutan Lindung Remu Ransiki. 2017. Laporan monitoring dan evaluasi pengelolaan DAS Wosi tahun 2017. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- [BPDASHL] Balai Pengelolaan DAS dan Hutan Lindung Remu Ransiki. 2018. Laporan monitoring dan evaluasi pengelolaan DAS Wosi tahun 2018. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- [BPDASHL] Balai Pengelolaan DAS dan Hutan Lindung Remu Ransiki. 2019. Laporan monitoring dan evaluasi pengelolaan DAS Wosi tahun 2019. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- [BPDASHL] Balai Pengelolaan DAS dan Hutan Lindung Remu Ransiki. 2020. Laporan monitoring dan evaluasi pengelolaan DAS Wosi tahun 2019. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Buton, R., R. Soplanit dan A. Jaco. 2016. Perubahan penggunaan lahan dan dampaknya terhadap erosi di Daerah Aliran Sungai Wae Lela Kota Ambon. *Agrologia*, 5(1): 36-47
- Dako, F.X., R.H. Purwanto, L.R.W. Farida dan Sumardi. 2019. Kerusakan antropogenik kawasan hutan lindung Mutis Timau dan upaya penanggulangannya di Pulau Timor Bagian Barat. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 9(2): 437-455. doi: <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.9.2.437-455>.
- Dinas Kehutanan. 2015. *Hutan Lindung Wosi Rendani*. Manokwari.
- Durrohman, A. 2019. Puluhan titik longsor di hutan lindung Lematang. [Internet]. [diunduh 2021Sep 11]. Tersedia pada: <https://koransn.com/puluhan-titik-longsor-di-hutan-lindung-lematang/>
- Ekawati, S. 2010. The study of working relationship between institutions in the management of protected forest in the era of autonomy. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 7(3):211-225. DOI: <https://doi.org/10.20886/jakk.2010.7.3.211-225>.
- Fisher, L.A., Y.S. Kim, S. Latifah dan M. Mukarom. 2017. Managing Forest conflicts: perspectives of Indonesia's Forest management unit directors. *For. Soc.*, 1 (1), 8-26. <http://dx.doi.org/10.24259/fs.v1i1.772>.
- Hardiyatmo, H.C. 2012. *Tanah Longsor dan Erosi: Kejadian dan Penanganan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Koalisi Indonesia Memantau. 2021. *Menatap ke Timur: Deforestasi dan Pelepasan Kawasan Hutan di Tanah Papua*. Jakarta, Indonesia.
- Kompas. 2020. Wali Kota Sorong ungkap dugaan penyebab banjir dan longsor. [Internet]. [diunduh 2020 Juli 19]. Tersedia pada <https://regional.kompas.com/read/16311061/wali-kota-sorong-ungkap-dugaan-penyebab-banjir-dan-longsor>.
- Kompas. 2021. Kota Batu dilanda banjir, ini penjelasan ahli mengenai penyebabnya. [Internet]. [diunduh 2021 Nopember 8]. Tersedia pada: <https://www.kompas.com/tren/read/2021/11/05/184500165/kota-batu-dilanda-banjir-ini-penjelasan-ahli-mengenai-penyebabnya?page=all>.
- [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. Luas hutan di Indonesia. [Internet]. [diunduh 2022 April 26]. Tersedia pada: <https://lokadata.beritagar.id/chart/preview/luas-hutan-di-indonesia>
- Kuemmerle, T., O. Chaskovskyy, J. Knorn, V.C. Radeloff, J. Kruhlov, W.S. Keeton dan P. Hostert. 2009. Forest cover change and illegal logging in the Ukrainian Carpathians in the transition period from 1988 to 2007. *Remote Sensing of*

- Environment. Elsevier Inc.*, 113(6): 1194–1207. doi: 10.1016/j.rse.2009.02.006.
- Mahmud, D. Wijaya, Wahyudi dan A. Kusumandari. 2021. Evaluasi daya dukung dan skenario konservasi DAS Wosi di Kabupaten Manokwari, Papua Barat. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 15 (2): 231-246. DOI: 10.22146/jik.v15i1.1759.
- Mahmud, H.J. Budirianto, Wahyudi dan A. Kusumandari. 2020. Studi alih fungsi menjadi pertambangan semen pada hutan lindung Maruni Kabupaten Manokwari. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 10(3): 545-558. DOI: <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.10.3.545-558>.
- Masngang, A., N. Sinukaban, Sudarsono dan N. Gintings. 2014. Kajian tingkat aliran permukaan dan erosi, pada berbagai Tipe penggunaan lahan di sub das jenneberang hulu. *Jurnal Agroteknos*, 4(1): 32-37
- Matinahoru, J.M. 2013. Studi perladangan berpindah dari suku Wemale di Kecamatan Inamosol Kabupaten Seram Bagian Barat. *Agrologia*, 2(2): 86-94
- Narindrani, F. 2018. Upaya masyarakat dalam pencegahan dan pemberantasan pembalakan liar di Indonesia. *Jurnal Penelitian Hukum DE JURE*, 18(2): 241-256. DOI: <http://dx.doi.org/10.30641/dejure.2018.V18.241-256>
- Pemerintah Indonesia. 2005. *Inpres No. 4 tahun 2005 tentang Pemberantasan Penebangan Kayu Ilegal di Kawasan Hutan dan Peredarannya di Seluruh Wilayah Republik Indonesia*. Lembaran Negara RI Tahun 2005, No. 4. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Pemerintah Indonesia. 1999. *UU No. 41 tahun 1999 tentang Kehutanan Lembaran Negara RI Tahun 1999, No. 41*. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Pemerintah Indonesia. 2013. *UU No. 18 tahun 2013 tentang Pencegahan dan Pemberantasan Perusakan Hutan*. Lembaran Negara RI Tahun 2013, No. 18. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Pemerintah Indonesia 2002. *PP No. 34 tahun 2002 tentang Tata Hutan, Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan, Pemanfaatan Hutan dan Penggunaan Kawasan Hutan*. Lembaran Negara RI Tahun 2002, No. 34. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Peraturan Menteri Kehutanan. 2014. *Keputusan Menteri Kehutanan No. P. 61/Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai*. Sekretariat Jenderal. Jakarta.
- Pemerintah Indonesia 2021. *PP No. 23 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Kehutanan*. Lembaran Negara RI Tahun 2021, No. 23. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Permen LHK. 2020. *Permen LHK No P.24/2020 tentang Penyediaan Kawasan Hutan untuk Pembangunan Food Estate*. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Permatasari, R., Arwin dan D.K. Natakusumah. 2017. Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap rezim hidrologi DAS (Studi Kasus: DAS Komering). *Jurnal Teknik Sipil*, 24(1) April 2017. DOI: 10.5614/jts.2017.24.1.11.
- Petrova, S. 2014. Contesting forest neoliberalization: Recombinant geographies of illegal logging in the Balkans. *Geoforum*, 55: 13–21. doi: 10.1016/j.geoforum.2014.04.008.
- Purnomo, H. and G. Mendoza. 2011. A System dynamics model for evaluating collaborative forest management: a case study in Indonesia. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 18(2): 164-176. doi: 10.1080/13504509.2010.549664.
- Sidiq, F.H. 2020. Seluas 15 ribu hektare hutan lindung Halimun Salak gundul. [Internet]. [diunduh 2020 Des 19] Tersedia pada: <https://www.alinea.id/nasional/seluas-15-ribu-hektare-hutan-lindung-halimun-salak-gundul-b1ZGv9q6Q>
- Soofi, M., A. Ghoddousi, T. Zeppenfeld, S. Shokri, M. Sou, A. Jafari, M. Ahmadpour, A.T. Qashqaei, L. Egli, T. Ghadirian, N. Raeesi, B. Zehzad, B.H. Kiabi, I. Khorozyan, N. Balkenhol and M. Waltert. 2018. Livestock grazing in roTECTED areas and its effects on large mammals in the Hyrcanian forest, Iran. *Biological Conservation*, 217: 377-382. doi: 10.1016/j.biocon.2017.11.020.
- Supriadi, P. 2001. Deforestasi hutan menyebabkan tragedi-nias. [Internet]. [diunduh 2021 Sep 11] Tersedia pada: <https://www.downtoearth-indonesia.org/id/story/deforestasi-hutan-menyebabkan-tragedi-nias>
- Tempo. 2021. Banjir bandang di Kota Batu, aktivis duga ada alih fungsi hutan jadi pertanian. [Internet]. [diunduh 2021 Nopember 8] <https://nasional.tempo.co/read/1525322/banjir-bandang-di-kota-batu-aktivis-duga-ada-alih-fungsi-hutan-jadi-pertanian/full&view=ok>.
- Tjakrawarsa, G., R.N. Adi dan A.B. Supangat. 2014. *Teknik Pengukuran Hasil Sedimen*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Wahyudien, M.E., L. Vianita, D.O. Subagyo dan N. Nurjanah. 2018. Analisis dampak penggunaan lahan terhadap tingkat erosi di daerah aliran Sungai Bodri (Restorasi Sungai: Tantangan dan solusi pembangunan berkelanjutan). Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX 2018 ISBN: 978-602-361-137-9.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. *Predicting rainfall erosion losses, A guide to conservation planning*. USDA Agricultural Handbook 537. Washington, DC. pp, 58,
- Yuferev, V.G., A.A. Zavalin, Y.N. Pleskachev, A.V. Vdovenko, S.D. Fomin and E.S. Vorontsova. 2019. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland. *J. For. Sci.*, 65: 195-202.