

TINGKAT BAHAYA EROSI DAN STATUS KESUBURAN LAHAN DI AREA KONSESI HUTAN TANAMAN INDUSTRI DI KALIMANTAN TENGAH

Erosion Hazard Vulnerability and Soil Fertility Status in Forest Plantation Concession in Central Kalimantan

Wahyu Iskandar^{1)*}, Hendrayanto²⁾, Muhammad Nizar Zulkarnaen²⁾ dan Yoonhwa Jung³⁾

¹⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

²⁾ Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Jl. Ulin Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

³⁾ PT Korintiga Hutani (KTH), Basecamp Pelita, Nanga Mua, Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah 74152

ABSTRACT

Land cover changes alter surface runoff rate and erosion rate as well. The land clearing, as a part of the implementation of silvicultural system of forest plantation (THPB) remove all of vegetative covers, reduce evapotranspiration, hence increase surface erosion. Surface erosion may erode soil particles, leach nutrients, and decrease soil fertility. This research estimated and mapped the rate of erosion, erosion hazard vulnerability, and soil fertility status based on laboratory analyses in forest plantation concession in Central Kalimantan. The results showed that soil erosion rate were higher in Harvesting and Skidding Road 4.84, and 4.97 (ton ha⁻¹ year⁻¹), respectively, than in Acacia, Eucalyptus, and DPSL (undisturbed area), 3.00, 3.17, and 1.55 (ton ha⁻¹ year⁻¹), respectively. However, the rate of erosion was categorized low (<15 ton ha⁻¹ year⁻¹). The erosion hazard (TBE) was very low due to deep soil solum. Based on the analysis of soil samples, the study sites had low pH, ranging 3.90–4.90, low CEC, ranging 3.90–4.90 me 100 mg⁻¹, and base cations ranging, 4.59–17.68% resulting the low fertility status. This study enriched our understanding that regardless the low rate of erosion, attention should be paid to tackle the loss of nutrients especially in the Harvesting and Skidding Road since those open lands would be replanted.

Keywords: Erosion, erosion hazard, soil fertility, forest plantation

ABSTRAK

Dinamika perubahan tutupan lahan dapat mempengaruhi aliran permukaan dan erosi permukaan. Tebang habis, sebagai bentuk penerapan sistem silvikultur, menurunkan evapotranspirasi dan meningkatkan jumlah air permukaan. Pemodelan dengan USLE menunjukkan bahwa penggunaan tutupan lahan mempengaruhi peningkatan erosi permukaan. Erosi dapat mencuci unsur hara dan berdampak terhadap penurunan kesuburan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tingkat bahaya erosi dan status kesuburan tanah di area konsesi hutan tanaman industri di Kalimantan Tengah. Laju erosi tercatat lebih tinggi di lokasi Penebangan dan Jalan Sarad berturut-turut: 4.84, dan 4.97 (ton ha⁻¹ tahun⁻¹), dibandingkan di area tegakan Akasia (*Acacia mangium*), Ekaliptus (*Eucalyptus pellita*), dan Daerah Pelestarian Satwa Liar (DPSL), berturut-turut: 3.00, 3.17, dan 1.55, (ton ha⁻¹ tahun⁻¹). Namun, tingkat erosi di lima lokasi tersebut termasuk rendah (<15 ton ha⁻¹ year⁻¹). dengan tingkat Bahaya Erosi (TBE) yang masih rendah dikarenakan solum tanah yang dalam (<90 cm). Berdasarkan hasil analisis contoh tanah, lokasi penelitian memiliki pH rendah berkisar 3.90–4.90, KTK rendah berkisar 3.90–4.90 me 100 mg⁻¹, dan kation basa berkisar 4.59–17.68% sehingga mengakibatkan rendahnya status kesuburan. Studi ini memperkaya pemahaman bahwa meskipun tingkat erosi rendah, perhatian harus diberikan untuk mengatasi hilangnya unsur hara terutama di lokasi Penebangan dan Jalan Sarad karena lahan terbuka tersebut akan ditanami kembali.

Kata kunci: Erosi, tingkat bahaya erosi, kesuburan tanah, hutan tanaman industri

PENDAHULUAN

Penerapan sistem silvikultur tebang habis dengan permudaan buatan (THPB) dalam pembangunan hutan tanaman mengakibatkan berubahnya sifat-sifat penutupan lahan, dan tanah serta selanjutnya mengubah laju, jumlah limpasan dan erosi permukaan. Pembersihan lahan (*land clearing*) dalam rangkaian penerapan Sistem Silvikultur THPB, selain meniadakan vegetasi, dapat pula menyebabkan pemadatan tanah (*soil compaction*) dan menghilangkan lapisan permukaan tanah (*top soil*) akibat aktivitas alat berat (Bruijnzeel, 1997; Matangaran, 2002).

Dampak tersebut meningkatkan limpasan permukaan dan berimplikasi menyebabkan percepatan erosi permukaan (Arsyad 2010; Khasanah *et al.*, 2004).

Limpasan permukaan dan erosi permukaan dapat menyebabkan penurunan kesuburan tanah di tempat (*in-situ*) akibat tercuci dan terangkatnya unsur hara (Fölster and Kanna, 1997; Khasanah *et al.*, 2004; Storey, 2003). Hartemink (2003) menambahkan bahwa perusahaan hutan tanaman menurunkan kandungan unsur hara tanah. Pengelolaan lahan dengan skema Hutan Tanaman Industri (HTI) mengurangi kandungan unsur hara dari tanah dan mengubah ke dalam bentuk biomasa kayu (Fölster and

*) Penulis Korespondensi: Telp. +628xxxxxxx; Email: wahyuiskandar@apps.ipb.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.29244/jilt.25.2.46-55>

Kanna, 1997). Selain itu, pengolahan tanah yang intensif di HTI dapat mengubah sifat fisika dan kimia tanah yang dapat mempengaruhi kesuburan tanah (Mackensen, 2000).

Penelitian mengenai laju erosi, tingkat bahaya erosi (TBE), dan status kesuburan tanah hutan yang dikelola dengan Sistem Silvikultur THPB di Indonesia masih sedikit, padahal luas hutan produksi tetap tersebut termasuk di dalamnya yang dikelola dengan sistem silvikultur THPB mencapai 34,142,045 ha (Kemenhut, 2012). Dari luasan tersebut, konsesi HTI di Kalimantan tengah yang menerapkan THPB mencapai 571,694 ha. Penulis menduga telah dan sedang terjadi percepatan erosi dan penurunan tingkat kesuburan tanah terutama di lahan bekas tebangan pada luasan tersebut. Tingkat laju erosi juga dapat berbeda pada tiap penggunaan lahan. Meskipun tingkat kompaksi dapat dikurangi menggunakan sisa tebangan, namun informasi mengenai laju erosi masih sangat sedikit jika dibandingkan dengan area penanaman yang sebelumnya berupa area penebangan. Untuk menambah lebih jelas temuan di hutan tanaman industri dengan aktivitas gangguan tanah yang intensif, perbandingan laju erosi perlu juga dilakukan dengan membandingkan tanaman Akasia, Ekaliptus, dan area tidak terganggu pada hutan alam sebagai area lindung.

Penelitian ini bertujuan untuk menduga Tingkat Bahaya Erosi (TBE) dan status kesuburan tanah di lahan penerapan THPB dan di lahan yang masih berhutan alam. Penulis berhipotesis bahwa tingkat laju erosi berbeda antara lokasi penebangan, jalan sarad, penanaman, dan area lindung. Erosi di area jalan sarad dan penebangan diduga tinggi dikarenakan kompaksi dan penggerusan oleh alat berat sementara erosi di area penanaman juga diduga tinggi dikarenakan penggunaan alat berat sebelum penanaman.

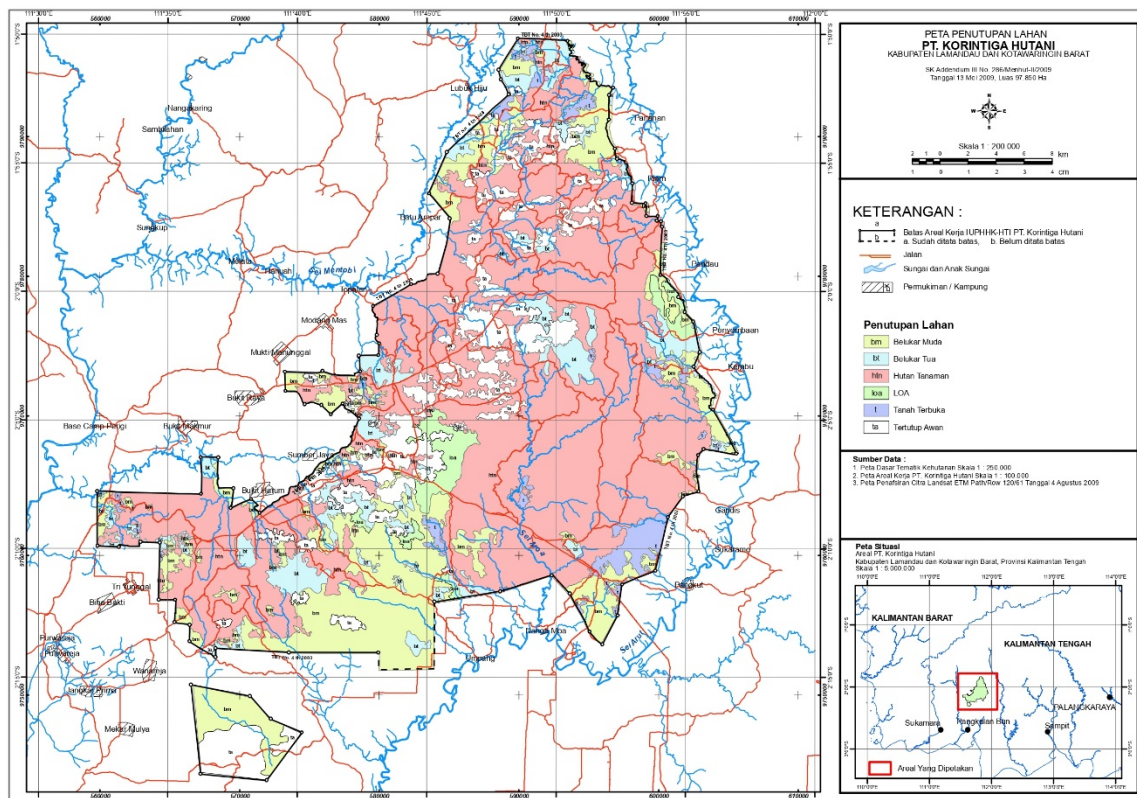
BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Pengambilan data di lapangan dilaksanakan pada bulan Maret–Mei 2012 di wilayah kerja Izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu pada Hutan Tanaman Industri (IUPHHK-HTI) PT Korintiga Hutani (KTH). Area studi terletak di dua wilayah kabupaten, yaitu Kabupaten Kotawaringin Barat (Kec. Arut Utara dan Kec. Arut Selatan) dan Kabupaten Lamandau (Kec. Mentobi Raya), Kalimantan Tengah dengan luas 94,440 ha sebagaimana yang terlihat pada Gambar 1. Terdapat dua jenis tegakan yang ditanam mulai tahun 2006 yakni, *Acacia mangium* (Akasia), tegakan *Eucalyptus pellita* (Ekaliptus) dengan jarak tanam berkisar sekitar 4 × 4 m (Gambar 1).

Jenis dan Cara Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan mencakup data lapangan dan data sekunder berupa pengelolaan HTI. Data pengukuran lapangan berupa: curah hujan harian, contoh tanah, topografi, dan penggunaan lahan di lokasi penelitian. Data sekunder terdiri dari: realisasi penanaman, area pemanenan, jaringan jalan pengangkut hasil panen yang tertuang dalam Rencana Kerja Tahunan (RKT) tahun 2012. Data curah hujan harian bersumber dari pengukuran curah hujan harian di empat lokasi pengamatan yang tersebar di seluruh wilayah penelitian periode 2012. Tidak ada perbedaan curah hujan yang mencolok antara 2012 dengan periode tahun tahun sebelumnya. Sifat fisik dan kimia tanah diperoleh dari analisis laboratorium terhadap contoh tanah tidak terganggu dan komposit.



Gambar 1. Lokasi dan tutupan lahan area studi

Pengambilan contoh tanah untuk analisis sifat fisika dan kimia dilakukan pada lima tutupan lahan yang berbeda, yakni tegakan Akasia, tegakan Ekaliptus (masing-masing berumur 6 tahun), Daerah Pelestarian Satwa Liar (DPSL) sebagai kawasan tidak terganggu, area pasca Penebangan (1–4 minggu), dan Jalan Sarad yang tersebar pada jenis tanah Dystrudepts, Hapludults dan Epiaquults (Soil Survey Staff, 2014) (Gambar 2). Lokasi pengambilan contoh tanah di lima tutupan tersebut terletak pada solum >90 cm dengan rentang kemiringan 8–15%, diukur menggunakan clinometer. Contoh tanah tak terganggu kedalaman 0–10 cm dianalisis untuk menentukan *bulk density* (BD). Contoh tanah komposit untuk analisis sifat kimia tanah diambil dari 5 titik dalam wilayah 1 m² di sekitar pengambilan contoh tanah tidak terganggu. Masing-masing lokasi diambil 3 contoh tanah sebagai ulangan. Prosedur pengambilan contoh tanah mengacu pada Panduan Pengambilan Contoh Tanah Utuh (Balitbang Tanah, 2006). Contoh tanah dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB tanggal 20 Mei 2012 hingga 20 Juni 2012. Sifat fisika dan kimia tanah dan metode yang digunakan disajikan dalam Tabel 1 mengikuti panduan Balitbang Tanah (2006). Parameter hasil uji laboratorium dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rata-rata (\bar{x}) dan simpangan baku (σ) dan parametrik menggunakan uji-*t* setelah diuji normalitasnya.

Analisis Data

Pendugaan erosi dalam penelitian ini menggunakan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) (Wischmeier dan

Smith, 1978). Model USLE dibangun dari indeks-indeks berikut:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

dengan A adalah jumlah tanah tererosi (ton ha⁻¹ tahun⁻¹), R = indeks erosivitas, K = indeks erodibilitas, LS = indeks panjang dan kemiringan lereng C = Indeks tanaman dan P = Indeks pengelolaan lahan.

Indeks erosivitas (R) (ton ha⁻¹ tahun⁻¹) merupakan ukuran daya rusak air hujan tahunan. Nilai R tahunan dihitung menggunakan pendekatan Lenvain (DHV, 1989), menjumlahkan EI₃₀ selama setahun:

$$R = \sum_{EI_{30} \text{ bulan ke-1}}^{12} EI_{30}$$

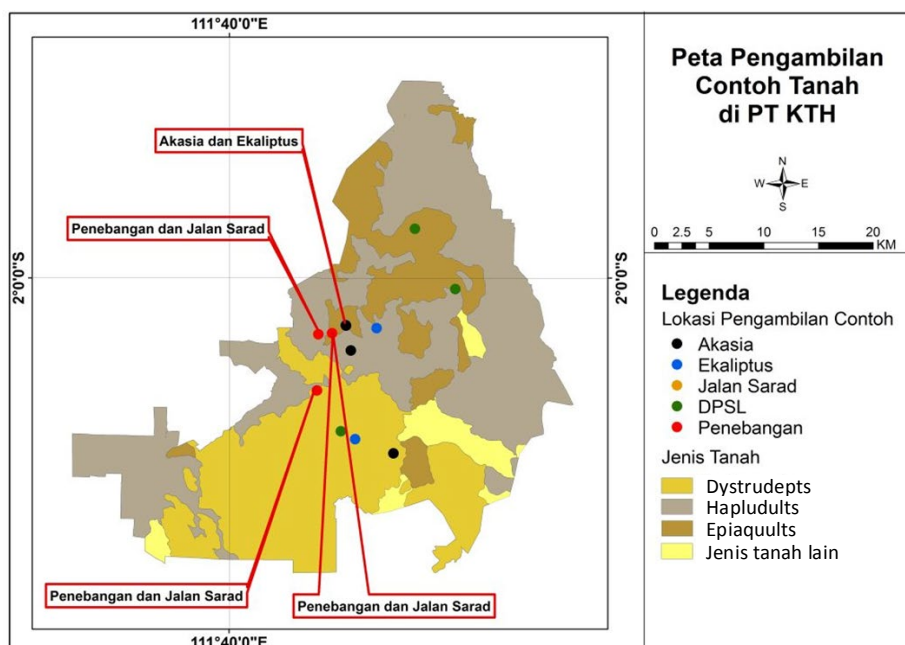
Dimana, EI₃₀

$$EI_{30} = 2.21P_b^{1.36}$$

dengan EI₃₀ dalam satuan Joule ha⁻¹ mm h⁻¹ dan P_b adalah curah hujan bulanan (mm). Curah hujan harian dan bulanan diukur dari 4 stasiun pengamatan dan diinterpolasi menggunakan pendekatan *spline* sebelum dipetakan secara isohyet.

Indeks K menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pelepasan dan pengangkutan partikel-partikel tanah tersebut oleh daya kinetik hujan (Asdak, 2002). Dalam penelitian ini, K dihitung dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978) seperti berikut ini:

$$K = \frac{(2.1M^{1.14} \cdot 10^{-4} (12 - a) + 3.25 (b - 2) + 2.5 (c - 3))}{100}$$



Gambar 2. Lokasi pengambilan contoh tanah

Tabel 1. Sifat fisika dan kimia tanah yang dianalisis di area studi

Sifat Tanah	Jenis data
Fisika	<i>bulk density</i> , porositas, kadar air, permeabilitas, tekstur tanah, dan air tersedia
Kimia	pH, C-organik, kandungan hara makro, kandungan hara mikro, kandungan Al, kapasitas tukar kation (KTK), kejenuhan basa (KB)

dengan K dalam ton (Joule mm h⁻¹)⁻¹; M merupakan % debu dan pasir sangat halus x (100 - % liat); a adalah % karbon organik; b = kelas struktur tanah; dan c = kelas permeabilitas tanah. Nilai M, a, b, dan c dihitung berdasarkan hasil analisis tekstur, bahan organik, dan kelas permeabilitas contoh tanah terganggu dan komposit (Tabel 3) kemudian nilai-nilai tersebut dipadukan dengan klasifikasi menurut Wischmeier dan Smith (1978).

LS merupakan bilangan perbandingan antara besarnya kehilangan tanah untuk panjang dan kemiringan lereng tertentu dengan besarnya kehilangan tanah untuk lokasi dengan panjang lereng 22.1 m dan kemiringan lereng 9% (petak percobaan Wischmeier dan Smith (1978)). Dalam penelitian ini, indeks LS diperoleh dari persamaan yang dikembangkan oleh Mitasova (2001), sebagai berikut:

$$LS = \left(\frac{X}{22}\right)^2 \left(\frac{\sin(\alpha)^{0.01745}}{0.09}\right)^{1.4}$$

dengan X = panjang lereng (m); α = kemiringan lereng (%). Faktornya panjang dan kemiringan lereng-LS berdasarkan data DEM dari SRTM dengan resolusi 30 m (<https://www.usgs.gov/>).

Indeks C dan P ditentukan mengacu pada Arsyad (2010). Nilai C sebesar 0.5 pada tutupan lahan Akasia dan Ekaliptus ditentukan berdasarkan status pengelolaan lahan berupa hutan tanaman dengan sistem tebang habis. Nilai C sebesar 0.001 pada area penebangan dan jalan sarad disamakan sebagai tanah terbuka. Sementara nilai C sebesar 0.001 pada DPSL ditentukan berdasarkan status lahan berupa hutan lindung (alam) dengan stratifikasi tajuk dan serasah yang melimpah. Nilai P ditentukan sebesar 1.0 untuk seluruh kategori tutupan lahan berdasarkan temuan bahwa tidak adanya tindakan konservasi di seluruh area konsesi.

Pemetaan Erosi-USLE dan TBE menggunakan Arc GIS 9.3 (ESRI US, 2009). Peta erosi-USLE dibuat dengan merasterisasi masing-masing indeks pada Persamaan 1. Tiap raster dilakukan proses *resampling cell* sebesar 30 m. Kemudian, besar erosi dihitung dengan mengalikan tiap indeks menggunakan *tool raster calculator* pada menu Spatial Analyst. Tingkat Bahaya Erosi ditentukan berdasarkan membandingkan laju erosi hasil perhitungan USLE dengan solum tanah. Klasifikasi TBE mengacu pada kriteria Departemen Kehutanan (1998) (Tabel 2). Secara diagramatik, alur perhitungan erosi dan klasifikasi TBE disajikan dalam Gambar 3.

Tingkat Bahaya Erosi ditentukan selain memperhatikan laju erosi hasil perhitungan USLE juga mempertimbangkan solum tanah. Klasifikasi TBE mengacu pada kriteria Departemen Kehutanan (1998) (Tabel 2). Penentuan erosi-USLE dilakukan dengan terlebih dahulu merasterisasi masing-masing indeks pada Persamaan 1 kemudian menghitungnya menggunakan *tool raster calculator* pada menu Spatial Analyst Arc GIS 9.8 (ESRI US). Secara diagramatik, alur perhitungan erosi dan klasifikasi TBE disajikan dalam Gambar 3.

Penilaian status kesuburan tanah menggunakan kriteria Pusat Penelitian Tanah (1995) dengan KTK, KB, ketersediaan unsur C-organik, dan N-Total. Kehilangan unsur hara akibat erosi permukaan diduga dengan persamaan berikut:

$$Y = X \cdot E$$

Y adalah jumlah unsur hara yang hilang bersama erosi (kg ha⁻¹ tahun⁻¹), X adalah kandungan unsur hara makro dan/atau mikro dalam tanah (% atau ppm), dan E adalah jumlah erosi di setiap tipe penggunaan lahan (kg ha⁻¹ tahun⁻¹).

Tabel 2. Klasifikasi tingkat bahaya erosi (TBE) Dephut (1998)

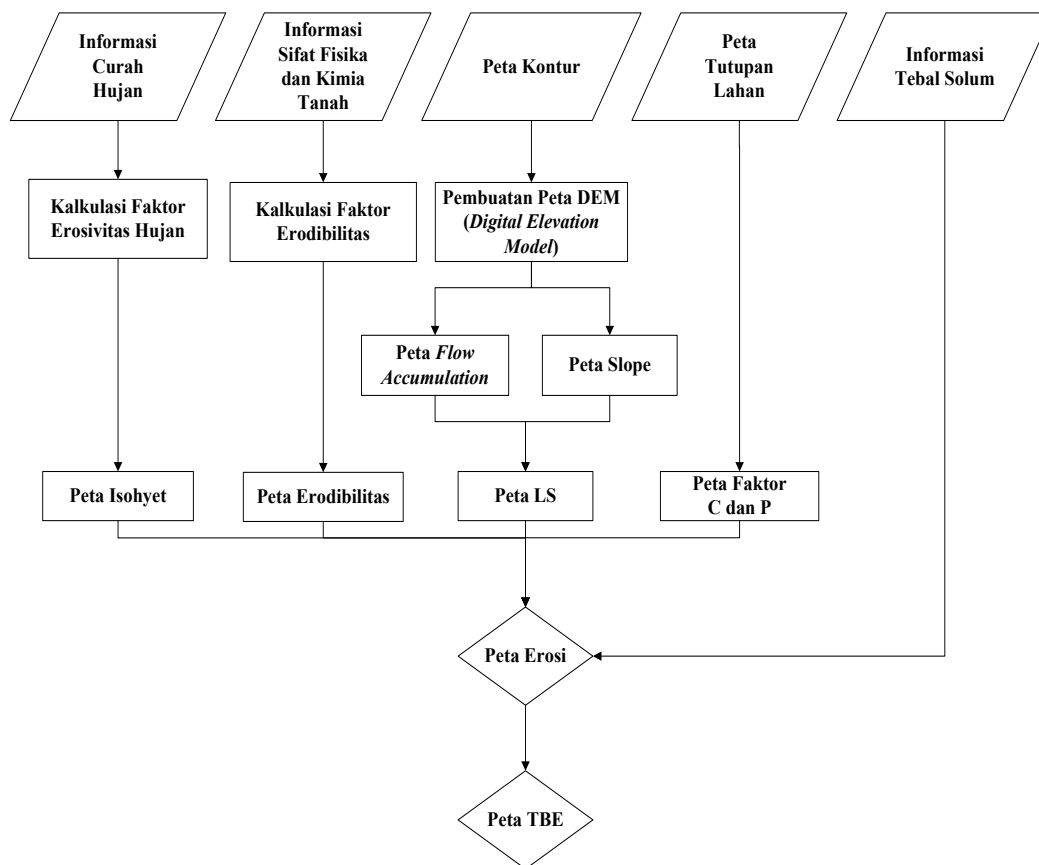
Tebal solum	Erosi (ton ha ⁻¹ tahun ⁻¹)				
	< 15	15 – 60	60 – 180	180 – 480	> 480
>90	SR	R	S	B	SB
60 – 90	R	S	B	SB	SB
30 – 60	S	B	SB	SB	SB
< 30	B	SB	SB	SB	SB

Keterangan: SR = sangat ringan, R = ringan, S = sedang, B = berat, SB = sangat berat

Tabel 3. Sifat fisika contoh tanah di area studi

Penggunaan Lahan		BD (g cm ⁻³)	Porositas (%)	Permeabilitas (cm jam ⁻¹)	K
Akasia	\bar{x}	1.37	48.18	10.72	0.16
	σ	0.10	3.59	1.43	
Ekaliptus	\bar{x}	1.28	51.59	11.34	0.16
	σ	0.12	4.64	2.05	
DPSL	\bar{x}	1.10	58.66	12.32	0.14
	σ	0.14	5.33	1.96	
Penebangan	\bar{x}	1.15	56.69	13.03	0.15
	σ	0.18	6.64	2.18	
Jalan Sarad	\bar{x}	1.27	52.17	11.25	0.17
	σ	0.09	3.36	1.72	

Keterangan: BD = bulk density, K= Indeks Erodibilitas, \bar{x} = nilai rata-rata, σ = simpangan baku



Gambar 3. Proses pembuatan peta sebaran erosi dan TBE.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik sifat fisika dan kimia tanah pada penggunaan lahan yang berbeda

Nilai rata-rata (\bar{x}) dan simpangan baku (σ) sifat fisika contoh tanah hasil analisis di laboratorium disajikan dalam Tabel 3. Area Akasia, Ekaliptus, Penebangan dan Jalan Sarad relatif lebih padat dibandingkan dengan tanah di DPSL. Kepadatan tanah di 4 lokasi terganggu tersebut dicirikan dengan nilai BD yang lebih tinggi, porositas yang lebih rendah dan permeabilitas yang lambat. Secara umum tanah di lokasi terganggu tersebut rentan tererosi dibandingkan dengan tanah DPSL yang ditunjukkan dengan nilai erodibilitas-K yang lebih besar. Hasil uji t untuk mengetahui signifikansi perbedaan BD disajikan berikut pada Tabel 4.

Kecuali BD di DITSL, BD di area tegakan (Akasia dan Ekaliptus) dan area pemanenan memiliki selisih yang kecil. Rentang BD di kedua area ini 1.15–1.37 g cm⁻³. Sebagai contoh, nilai rerata BD di area penanaman

Ekaliptus tinggi dari Jalan Sarad. Berdasarkan uji signifikansi, nilai BD Jalan Sarad dengan Ekaliptus memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan nilai t -hitung = 0.30 yang berimplikasi terima H_0 . Dengan kata lain tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara BD lokasi jalan sarad dengan BD ekaliptus (Tabel 4). Sehingga dapat dikatakan bahwa secara uji statistik, BD di Ekaliptus tidak lebih padat daripada BD Jalan Sarad dan secara umum BD DPSL ≤ Penebangan ≤ Ekaliptus ≤ Jalan Sarad < Akasia.

Rendahnya BD di lokasi Penebangan dibandingkan dengan BD di lokasi tegakan (Akasia dan Ekaliptus) diduga karena pemanenan dengan menggunakan alat berat sering memfungsikan daun dan ranting-ranting untuk mengurangi pemadatan tanah (Matangaran 2002). Limbah penebangan menyediakan ruang dalam tanah sehingga porositas dan permeabilitas relatif lebih tinggi. Hal ini juga diperkuat dengan melimpahnya limbah yang hancur akibat terlindas alat berat selanjutnya terbenam di dalam tanah dengan ditunjukkan oleh kadar C-organik tertinggi di lokasi penebangan (Tabel 5).

Tabel 4. Nilai t -hitung uji nilai rata-rata BD antar lokasi pengambilan contoh tanah

Lokasi	Ekaliptus	DPSL	Penebangan	Jalan Sarad
Akasia	1.73 ^{tn}	4.89*	3.38*	2.43*
Ekaliptus	-	3.00*	1.89 ^{tn}	0.30 ^{tn}
DPSL	-	-	0.69 ^{tn}	3.09*
Penebangan	-	-	-	1.82 ^{tn}
Jalan Sarad	-	-	-	-

Keterangan: $t_{0.05/2; 9-1}$ (t -tabel) = 2.30; ^{tn} Terima H_0 : tidak ada beda nyata nilai BD antar kedua lokasi; * Terima H_1 : ada beda nyata nilai BD antar kedua lokasi;

Tabel 5 Konsentrasi beberapa unsur hara makro di area studi

Penggunaan Lahan		C-org (%)	N-total (%)	P (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
Akasia	\bar{x}	1.83	0.17	8.53	121.27	30.38	71.50
	σ	0.48	0.04	1.15	87.37	14.93	42.96
Ekaliptus	\bar{x}	2.20	0.22	8.47	71.02	29.16	123.50
	σ	0.05	0.02	2.22	41.21	14.78	86.27
DPSL	\bar{x}	2.76	0.25	11.30	190.28	61.16	76.70
	σ	0.76	0.06	3.92	30.17	6.69	28.21
Penebangan	\bar{x}	3.11	0.29	9.07	247.90	50.22	115.70
	σ	0.82	0.08	2.95	138.64	14.50	68.48
Jalan Sarad	\bar{x}	1.46	0.15	7.30	148.07	29.97	109.20
	σ	0.64	0.06	3.12	99.82	14.19	57.45

Keterangan: BD = bulk density, K= Indeks Erodibilitas, \bar{x} = nilai rata-rata, σ = simpangan baku

Berdasarkan analisis sifat kimia tanah, rerata C-organik, N-total, Ca, dan K di lokasi Penebangan berturut-turut sebesar 3.11%, 0.29%, 248 ppm, dan 116 ppm, yang merupakan tertinggi dibanding penggunaan lahan lainnya (Tabel 5). Tingginya kadar C dan N di lokasi penebangan diduga karena Penebangan dengan menggunakan alat berat membenamkan limbah penebangan dan selanjutnya terurai menjadi bahan organik. Tingginya bahan organik dapat meningkatkan jumlah kation dikarenakan pada umumnya bahan organik bersifat anion sehingga dapat mengikat kation seperti Ca dan K (Indranada, 1989). Namun untuk unsur hara makro lainnya, seperti P, lebih tinggi terdapat di lokasi DPSL (11.30 ppm). Tingginya P di DPSL merupakan atribut dari siklus P dalam tegakan hutan. Siklus P pada daerah tidak terganggu di DPSL relatif tidak terganggu sehingga konsentrasi P tetap tinggi. Sementara di lokasi yang sudah terganggu seperti di area penanaman dan penebangan mengubah siklus P setelah pembukaan hutan. Tren P yang rendah ini juga selaras dengan temuan Funakawa *et al.* (1996), dan Driessen (1978) pada hutan yang telah dibuka.

Tabel 6 menunjukkan bahwa sifat kimia dan status kesuburan lahan umumnya seragam diantara jenis penggunaan lahan dan jenis tanah. Tanah di lokasi penelitian umumnya sangat masam dengan rentang pH 4.00–4.90. Kemasaman diduga dipengaruhi oleh bahan

induk tanah berupa Formasi Kuayan di lokasi penelitian. Bahan induk tanah ini umumnya telah mengalami pelapukan tingkat lanjut (Hermanto *et al.*, 1994) dan pencucian mineral yang mengandung basa kation. Selain itu, penulis juga menduga kemasaman tanah disebabkan oleh input biomasa dari tegakan hutan, terlihat tingginya nilai C-organik di DPSL (Tabel 5). Dengan intensitas yang hujan yang tinggi, bahan organik terderivasi menjadi asam humat dan tercuci ke dalam tanah (Fujii *et al.*, 2011). Selain itu, intensitas hujan yang tinggi di lokasi penelitian memungkinkan pula pencucian basa sehingga mempengaruhi nilai KTK yang rendah dengan rentang 6.65–15.92 me 100g⁻¹. Terbatasnya unsur hara makro menurunkan KB dan selanjutnya menurunkan KTK yang merupakan parameter penentu kesuburan tanah (Pusat Penelitian Tanah, 1995). Rendahnya KTK menyebabkan tanaman kesulitan mengabsorpsi unsur hara. Tanah masam mengandung banyak kation asam seperti H⁺ dan Al³⁺. Kemasaman tanah dapat menghambat penyerapan hara lainnya karena kompetisi/antagonisme antar ion. Konsentrasi H⁺ dan Al³⁺ yang tinggi dapat mengikat P. Al³⁺ dapat pula bersifat toksik sehingga dapat menghambat pertumbuhan akar. Selain itu, keracunan juga dapat terjadi karena tanah masam memungkinkan memiliki kandungan unsur hara mikro yang tinggi (Hardjowigeno, 2007).

Tabel 6. Sifat kimia dan status kesuburan tanah di area studi

Lokasi	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	KTK (me 100g ⁻¹)	KB (%)	Al (me 100g ⁻¹)	Status Kesuburan †
<i>Dystrudepts</i>						
Akasia	4.00 (SM)	3.30 (SM)	13.59 (R)	10.82 (SR)	18.25 (R)	R
Ekaliptus	4.00 (SM)	3.30 (SM)	8.54 (R)	17.68 (SR)	39.11 (T)	R
DPSL	4.30 (SM)	3.60 (SM)	8.65 (R)	23.58 (R)	17.23 (R)	R
Penebangan	3.90 (SM)	3.20 (SM)	14.76 (R)	9.62 (SR)	43.50 (T)	R
Jalan Sarad	4.20 (SM)	3.50 (SM)	14.92 (R)	7.91 (SR)	25.80 (S)	R
<i>Hapudults</i>						
Akasia	4.20 (SM)	3.50 (SM)	9.38 (R)	17.16 (SR)	25.48 (S)	R
Ekaliptus	4.40 (SM)	3.80 (SM)	10.43 (R)	6.52 (SR)	20.52 (R)	R
DPSL	4.50 (M)	3.80 (SM)	15.92 (R)	11.68 (SR)	29.59 (S)	R
Penebangan	4.40 (M)	3.80 (SM)	15.21 (R)	22.16 (R)	8.42 (SR)	R
Jalan Sarad	4.90 (SM)	4.20 (SM)	19.59 (R)	4.59 (SR)	3.27 (SR)	R
<i>Epiaquults</i>						
Akasia	4.30 (SM)	3.60 (SM)	6.99 (R)	10.16 (SR)	41.63 (T)	R
Ekaliptus	4.20 (SM)	3.50 (SM)	9.65 (R)	14.09 (SR)	26.63 (S)	R
DPSL	4.00 (SM)	3.30 (SM)	13.47 (R)	13.07 (SR)	36.82 (T)	R
Penebangan	4.90 (M)	4.20 (SM)	16.08 (R)	12.00 (SR)	14.61 (R)	R
Jalan Sarad	4.30 (SM)	3.60 (SM)	14.51 (R)	17.37 (SR)	8.82 (SR)	R

Keterangan: M = masam, SM = sangat masam, R = sendah, S = sedang, T = tinggi, SR = sangat rendah, DPSL = Daerah Pelestarian Satwa Liar; KTK = kapasitas tukar kation; KB = kejenuhan basa; Al = kadar aluminium, †Status Kesuburan berdasarkan Fahrnsyah (2012)

Laju Erosi, Tingkat Bahaya Erosi (TBE), dan Laju Kehilangan Hara

Hasil pendugaan laju erosi permukaan menggunakan persamaan USLE (1) disajikan dalam Tabel 7, dan sebarannya disajikan dalam Gambar 4. Erosi yang tinggi sebagian besar terjadi di jalan sarad (blok tebang) sebesar 4.97 ton ha⁻¹ tahun⁻¹ yang terletak di wilayah berbukit. Nilai erosi pada penelitian ini disebabkan tidak adanya penutupan lahan terutama pada panjang dan kemiringan lereng (LS) yang tinggi. Sistem THPB tidak hanya menghilangkan vegetasi berkayu, tetapi semak belukar dan tumbuhan bawah juga hilang akibat aktivitas alat berat saat pemanenan. Satu blok tebang dipanen dengan habis sebelum berpindah ke blok lain. Penyaradan kayu menggunakan alat berat selain memadatkan tanah, mengakibatkan pula penggerusan tanah. Pemadatan tanah menurunkan infiltrasi dan meningkatkan limpasan permukaan. Sementara tanah yang tergerus sangat mudah tererosi. Dampak langsung dari penebangan dapat pula meningkatkan perusakan oleh aliran, mempersingkat waktu konsentrasi, dan meningkatkan beban sedimen hingga 20 kali (Douglas *et al*, 1992).

Laju erosi di lokasi bervegetasi, hutan tanaman berumur 5–6 tahun dan DPSL, kurang dari 10 ton ha⁻¹ tahun⁻¹ (Tabel 7). Nilai dugaan ini lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Saptarini *et al*. (2007) sebesar 26.02 ton ha⁻¹ tahun⁻¹ dengan rotasi 6 tahun dan 24.6 ton ha⁻¹ tahun⁻¹ dengan rotasi 7 tahun di hutan tanaman dengan jenis yang sama.

Peran vegetasi penutupan lahan berupa hutan sangat besar dengan rentang indeks tutupan lahan-C antara 0.001–1.0 (Arsyad, 2010). Faktor lainnya, tidak adanya tindakan konservasi-P, ditentukan sebesar 1.0 berdasarkan tidak adanya tindakan konservasi di setiap penggunaan lahan sehingga nilai CP hanya dipengaruhi oleh faktor C. Dalam perhitungan ini nilai C yang digunakan sebesar 0.005 untuk DPSL dengan pertimbangan bahwa di kawasan tersebut masih berupa hutan alam yang baik, yang dicirikan dengan keanekaragaman jenis yang tinggi disertai serasah yang tebal. Dengan nilai C tersebut berarti hutan dapat mereduksi 99.5 % erosi potensial yang disebabkan karakter hujan, tanah, dan topografi. Walaupun bukit-bukit di DPSL

bertopografi curam, vegetasi dan serasah yang rapat dapat menjaga stabilitas tanah hingga sulit tererosi (Asdak, 2002; Chang, 2006). DPSL merupakan kawasan yang diperuntukkan bagi pelestarian keanekaragaman hayati. Beberapa jenis pohon raksasa dari keluarga *dipterocarpaceae* dengan tajuk yang lebar meredam energi tumbukan air. Sementara kawasan hutan tanaman, nilai C yang digunakan adalah 0.5. Nilai ini merupakan rata-rata dalam satu daur yang dimulai dari persiapan tanam, pemeliharaan hingga penebangan. Dengan nilai ini tegakan hutan tanaman dapat menekan erosi potensial hingga setengah kali dari lahan tanpa tutupan vegetasi di lokasi yang sama. Seperti yang dipaparkan oleh Chang (2006), vegetasi setinggi 4 m dapat menurunkan energi tumbukan hujan terhadap tanah hingga 69% dari nilai energi tumbukan hujan dari ketinggian lebih dari 20 m. Penjangkaran akar dapat pula meningkatkan infiltrasi dan mencegah tanah tererosi dan/atau longsor (Arsyad, 2010).

Walaupun laju erosinya tinggi, TBE di sebagian besar di lokasi penelitian tergolong ringan dikarenakan solum tanah di lokasi penelitian termasuk dalam (>90 cm). Sesuai klasifikasi TBE (Dephut, 1998), 87.85% luas lahan di lokasi penelitian bertaraf TBE ringan. Penyebaran TBE di lokasi penelitian disajikan dalam Gambar 5.

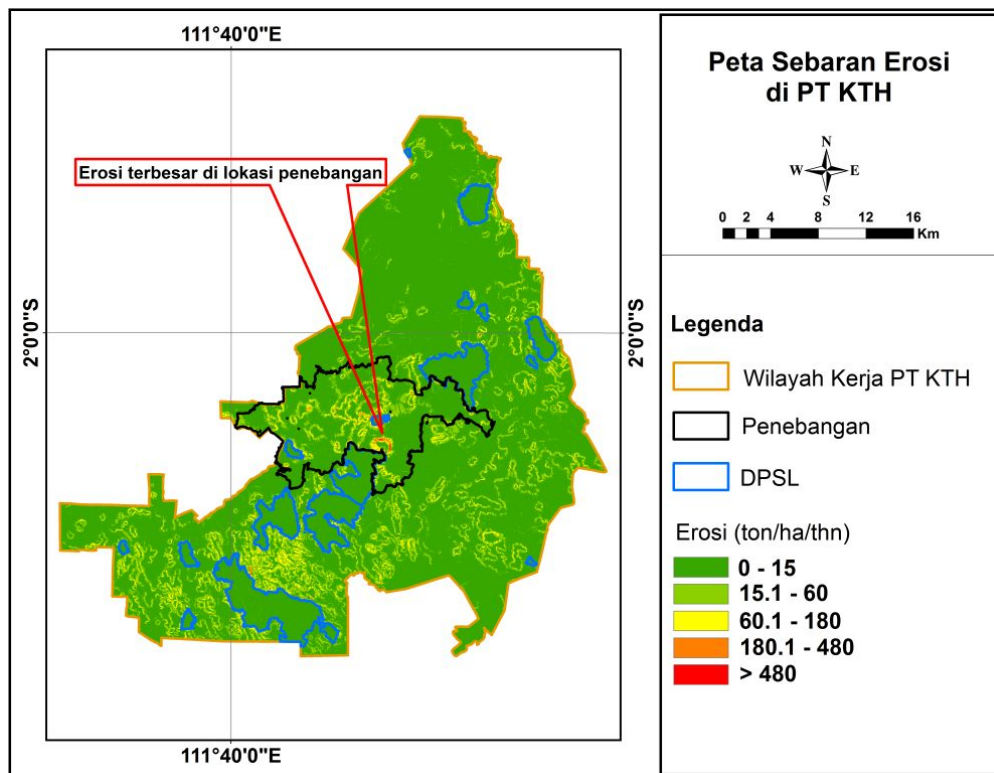
Walaupun TBE tergolong ringan, kehilangan N, P, dan K diperkirakan tinggi. Unsur hara seperti N dan K diperkirakan hilang bersama aliran permukaan, sementara P hilang bersama material tanah yang tererosi. Laju kehilangan hara melalui proses erosi berbanding lurus dengan hilangnya lapisan tanah. Storey (2003) menerangkan bahwa unsur N dan P yang sebagian besar terdapat di permukaan tanah akan hilang oleh pencucian hujan dan penggerusan oleh alat berat. Ditambahkan pula bahwa N banyak hilang di area terbuka. Jumlah kehilangan hara, C-organik, N-total, P, dan K disajikan dalam Tabel 8.

Tingginya laju kehilangan hara terutama di lokasi penebangan memungkinkan penurunan kesuburan tanah. Kondisi ini memerlukan perhatian khusus mengingat setelah penebangan aktivitas selanjutnya adalah penanaman. Dengan laju kehilangan hara tersebut, diduga tanaman akan kesulitan tumbuh dan berimplikasi menurunkan produktivitas.

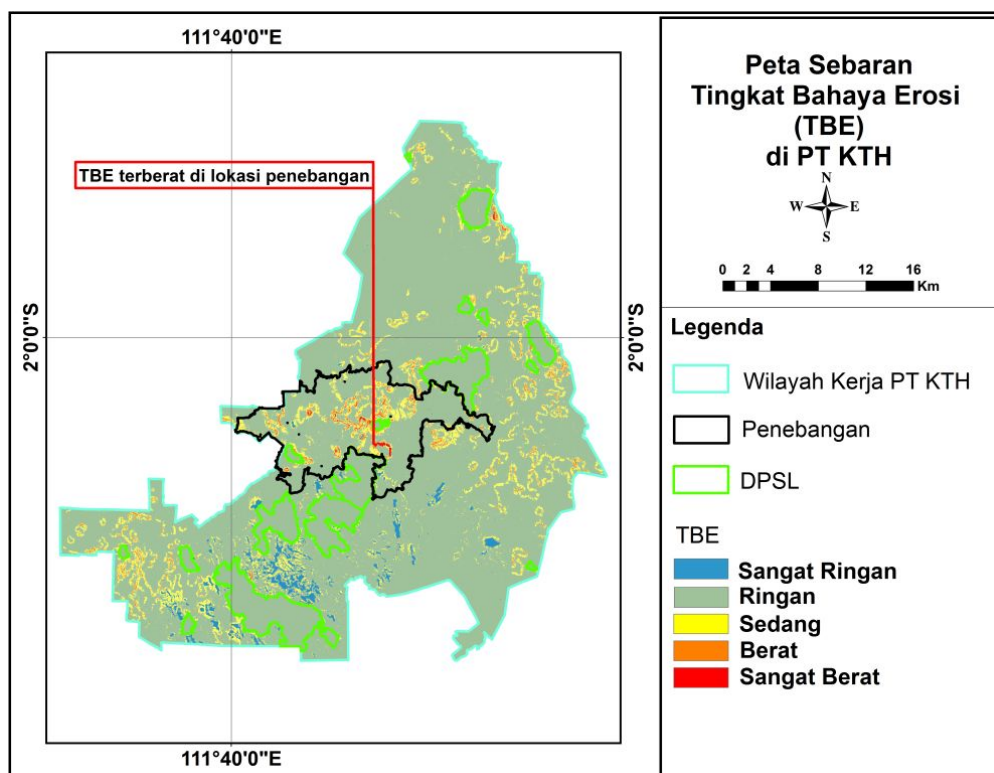
Tabel 7 Laju erosi (ton ha⁻¹ tahun⁻¹) dan erosi total (Et) (ton ha⁻¹) di berbagai penggunaan lahan di area studi

Jenis Tanah		Penggunaan Lahan				
		DPSL	Akasia	Ekaliptus	Penebangan	Jalan Sarad
<i>Dystrudepts</i>	Erosi	1.55	4.70	4.42	6.17	3.32
	Et	12314.54	14307.16	48325.91	15364.88	234.10
<i>Hapludults</i>	Erosi	1.58	2.27	3.25	5.09	6.44
	Et	6348.65	34195.42	46493.06	27042.10	966.53
<i>Epiaquults</i>	Erosi	1.52	2.03	1.83	3.25	5.15
	Et	1478.78	11994.03	8233.56	9568.23	428.67
Rata-rata Erosi		1.55	3.00	3.17	4.84	4.97
Σ Et		20141.96	60496.61	103052.52	51975.21	1629.30

Keterangan: DPSL = Daerah Pelestarian Satwa Liar; Et = erosi total (ton tahun⁻¹); luas akasia = 24020 ha; luas ekaliptus = 29722; luas DPSL = 12922 ha; luas penebangan = 10741 ha; luas jalan sarad = 304 ha.



Gambar 4. Sebaran erosi di area studi (ton ha⁻¹ tahun⁻¹)



Gambar 5. Sebaran tingkat bahaya erosi (TBE) di area studi

Tabel 8 Laju kehilangan unsur hara (kg ha⁻¹ tahun⁻¹) di area studi

Penggunaan Lahan	Unsur Hara			
	C-org	N-total	P	K
Akasia	57.38	5.40	0.03	0.05
Ekaliptus	69.44	7.05	0.03	0.12
DPSL	42.80	3.87	0.02	0.03
Penebangan	145.54	13.05	0.04	0.41
Jalan Sarad	70.85	7.20	0.34	0.39

SIMPULAN

Laju erosi tercatat lebih tinggi di lokasi Penebangan dan Jalan Sarad berturut-turut: 4.84 dan 4.97 ton ha⁻¹ tahun⁻¹, dibandingkan di area tegakan Akasia, Ekaliptus, Daerah hutan lindung (DPSL), berturut-turut: 3.00, 3.17, dan 1.55 ton ha⁻¹ tahun⁻¹. Namun, laju erosi di lima lokasi tersebut termasuk rendah (<15 ton ha⁻¹ tahun⁻¹) dengan tingkat Bahaya Erosi yang masih rendah dikarenakan solum tanah yang dalam (>90 cm). Berdasarkan hasil analisis contoh tanah, lokasi penelitian memiliki pH rendah berkisar 3.90–4.0, KTK rendah berkisar 3.90–4.90 me 100g⁻¹, dan kation basa berkisar 4.59–17.68% sehingga mengakibatkan rendahnya status kesuburan. Studi ini memperkaya pemahaman bahwa meskipun tingkat erosi rendah, perhatian harus diberikan untuk mengatasi hilangnya unsur hara terutama di lokasi Penebangan dan Jalan Sarad karena lahan terbuka tersebut akan ditanami kembali.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih atas dukungan dari PT Korintiga Hutani (KTH), staf, dan pembantu lapang sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor (ID): IPB Press. 472hlm
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press. 618hlm
- [Balitbang Tanah] Badan Penelitian Tanah. 2006. *Sifat Fisika Tanah dan Metode Analisisnya*. Balai Besar Penelitian Sunberdaya lahan Pertanian, Balitbang Pertanian Departemen Pertanian. Bogor. 286hlm
- Chang, M. 2006. *Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests*. Taylor and Francis Group. Texas. 474p
- [Dephut] Departemen Kehutanan. 1998. *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Teknik Lapangan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai*. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- DHV Consulting Engineer. 1989. *Study on Catchment preservation and on Enviromental Impact of the Water Suplay Project of Bandung dan Sukabumi*. Ministry of Public Works. Directorate General Cipta Karya.
- Douglas, I., T. Spencerr, T. Greer, K. Bidin, W. Sinun and W.M. Wong. 1992. *The Impact of Selective Commercial Logging on Stream Hydrology, Chemistry and Sediment load in The Ulu SAGAMA Rainforest, Sabah*. Phil. TransR. Soc. Land. London. B335: 397-406p.
- Driessen, P. M. 1978. Peat soils. In IRRI Ed., "Soils and Rice", pp. 763-769. IRRI, Los Baños, Philippines.
- Fölster, H. and P.K. Kanna. 1997. *Dynamics of Nutrient Supply in Plantation Soils*. Di dalam: Nambiar EKS, Brown AG, editor. *Managemen of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forest*. Canberra (AU): ACIAR Monograph (43): 339-378p
- Fujii, Kazumichi, A. Hartono, S. Funakawa, M. Uemura, Sukartiningsih and T. Kosaki. 2011. Acidification of tropical forest soils derived from serpentine and sedimentary rocks in East Kalimantan, Indonesia. *Geoderma*, 160 (3–4): 311–23. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.09.027>.
- Funakawa, S., K. Yonebayashi, F.S. Jong and C.O. Khun Ernest. 1996. Nutritional environment of tropical peat soils in Sarawak, Malaysia based on soil solution composition. *Soil Science and Plant Nutrition*, 42 (4): 833–843. doi:10.1080/00380768.1996.10416630.
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta. 233hlm
- Hartemink, A. 2003. *Soil Fertility Decline in the Tropics with Case Studies on Plantations*. International SoilReference and Information Centre (ISRIC). Wageningen. 375p
- Hermanto, B., S. Bachri dan S. Atmawinata. 199. *Peta Geologi Lembar Pangkalanbuun, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Indranada, H.K. 1989. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Bina Aksara. Jakarta. 90hlm
- Khasanah, N., B. Lusiana, Farida dan Noordwijk M van. 2004. Simulasi limpasan permukaan dan kehilangan tanah pada berbagai umur kebun kopi: Studi Kasus di Sumberjaya, Lampung Barat. *AGRIVITA*. 26(1): 81-89.
- [Kemenhut] Kementerian Kehutanan. 2012. *Statistik Kehutanan Indonesia*. Kementerian Kehutanan 2011. Kementerian Kehutanan. Jakarta.
- Mackensen, J. 2000. *Pengelolaan Unsur Hara pada Hutan Tanaman Industri (HTI) di Indonesia: Petunjuk praktis kearah pengelolaan unsur hara terpadu*. Sundawati L. penerjemah. Eschborn (DE): o.K.-Kopie. 133p
- Matangaran, J.R. 2002. Pemulihan kepadatan tanah pada jalan. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*, 15 (2): 38-47.
- Mitasova, H., W.M. Brown, M. Hohmann and S. Warren. 2001. Using Soil Erosion Modeling for Improved Conservation Planning: A GIS-based Tutorial [Internet]. Geographic Modelling System Laboratorium University of Illinois at Urbana-Champaign. Urbana. [Diunduh 21 Januari 2013].
- [PPT] Pusat Penelitian Tanah. 1995. *Kombinasi Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Status Kesuburannya*. Pusat Penelitian Tanah. Bogor.
- Saptarini, N.C.L., B.A. Kironoto dan R. Jayadi. 2007. Kajian perubahan erosi permukaan akibat pembangunan hutan tanaman industri di areal pencadangan HTI Kabupaten Ketapang Propinsi Kalimantan Barat [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy Twelfth Edition*. United State Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS). Washington DC, USA.

Storey. P. J. 2003. *The Conservation and Improvement of Sloping Land*. Volume II: Practical Application and

Soil Improvement. Schience Publishers. Enfield-USA. 251p.

Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Agriculture Handbook No. 537. USDA/Science and Education Administration, Govt. Printing Office. Washington DC. 58p.
