

Analisis Laju Erosi Berdasarkan Kemiringan Lereng Pada Area Pasca Spreading PT Angsana Jaya Energi, Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan

Eva Hestina Dewantari*, dan Aditya Pandu Wicaksono

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

Abstrak: Pelaksanaan penambangan perlu adanya pelaksanaan perlindungan dan pengelolaan terhadap lingkungan hidup yang terdampak, seperti reklamasi. Tahap awal reklamasi berupa spreading topsoil berfungsi mencegah terjadinya penurunan tanah atau erosi. Pasca spreading area akan dibiarkan kosong selama 1 bulan yang menyebabkan terjadinya erosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya laju erosi yang terjadi di spreading area berdasarkan kemiringan lereng landai dan miring serta arah aliran yang terjadi. Penentuan titik sampling dilakukan dengan menggunakan metode purposive sampling dan pengukuran laju erosi dilakukan dengan menggunakan metode tongkat dengan cara menancapkan tongkat dengan kedalaman 30 cm dengan ukuran plot 10 x 10 meter dengan pembagian 3 titik pada kemiringan lereng landai dan 3 titik pada kemiringan lereng miring. Pengambilan sampel tanah dilakukan untuk mengukur berat volume. Pengukuran penurunan tanah dilakukan sebanyak 19 hari selama 30 hari di setiap kejadian hujan. Hasil perhitungan laju erosi terbesar pada kemiringan lereng landai dan landai berturut-turut adalah sebesar 7.531,29 ton/ha/tahun dan 7.746,44 ton/ha/tahun yang terjadi pada tanggal 03 Desember 2022., sementara nilai laju erosi terkecil pada kemiringan lereng landai berada pada tanggal 15 Desember 2022 sebesar 1.551,6 ton/ha/tahun dan pada kemiringan lereng miring pada tanggal 01 Desember 2023 sebesar 1.647,1 ton/ha/tahun, sehingga dapat disarankan suatu arahan pengelolaan bagi perusahaan

Kata Kunci: Kemiringan Lereng, Laju Erosi, Spreading

DOI:

<https://doi.org/10.47134/kebumian.v1i1.2061>

*Correspondensi: Eva Hestina Dewantari

Email: 114190084@student.upnyk.ac.id

Received: 04-12-2023

Accepted: 09-12-2023

Published: 13-12-2023



Copyright: © 2023 by the authors.

Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The implementation of mining requires employment of protection and management of the affected environment, such as reclamation. The initial stage of reclamation in the form of spreading topsoil serves to prevent land subsidence/erosion. Post spreading area will be left empty for 1 month which causes erosion. This study aims to determine the amount of erosion rate that occurs in the spreading area based on the slope of gentle and sloped slopes and the direction of flow that occurs. The determination of the sampling point was carried out using the purposive sampling method and the measurement of the erosion rate was carried out using the stick method by sticking a stick with a depth of 30 cm with a plot size of 10x10 meters with division of 3 points on the slope of the slope and 3 points on the slope of the gentle slope. Soil sampling is carried out to measure the weight of the volume. Land subsidence measurements were carried out for 19 days for 30 days in each rain event. The calculation of the largest erosion rate on the slope of the gentle slope and the slope was 7,531.29 tons/ha/year and 7,746.44 tons/ha/year respectively which occurred on December 03, 2022., while the smallest erosion rate value on the slope of the gentle slope was on December 15, 2022 of 1,551.6 tons/ha/year and on the slope of the gentle slope was on December 1, 2023 of 1,647.1 tons/ha/year.

Keywords: Erosion, Slope, Spreading Topsoil

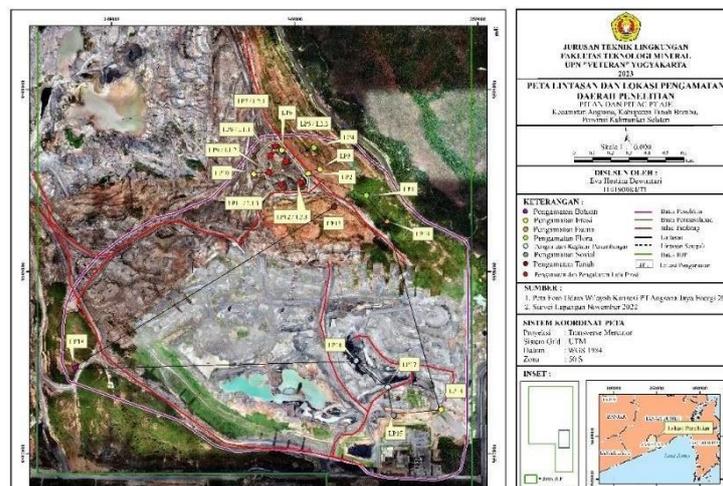
Pendahuluan

Pengelolaan lingkungan hidup pada lingkungan penambangan serta pelaksanaan perlindungannya perlu upaya sistematis dan terpadu agar fungsi lingkungan tetap dapat lestari terutama pada lingkungan yang telah rusak akibat pelaksanaan kegiatan penambangan (Sitorus & Wulandari, 2022; Fiantika et al., 2018; Fatmawati, 2021). Pengelolaan serta perlindungan yang dapat dilaksanakan, yaitu perancangan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, dan yang terakhir pengawasan (Siregar, dkk. 2019; Maha et al., 2023; Rumpaidus et al., 2018; Qur'ani et al., 2022). Pelaksanaan reklamasi merupakan salah satu perwujudan dari pelaksanaan perlindungan dan pengelolaan penambangan. Reklamasi adalah salah satu kegiatan pengelolaan terhadap tanah yang mengalami penurunan kualitas dengan cara melakukan perbaikan fisik tanah dan biologi tanah melalui spreading soil serta diakhiri dengan revegetasi dengan penanaman tanaman. Artinya, pelaksanaan reklamasi tidak akan lepas dari pelaksanaan revegetasi dan merupakan kegiatan berkelanjutan yang dimaksudkan untuk mengembalikan fungsi tanah serta lahan pasca-tambang (Pujawati, 2009 dalam Oktorina, 2017).

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa PT. Angsana Jaya Energi masih belum dapat menangani erosi dengan baik. Terlihat dari masih banyaknya kejadian erosi yang ditemukan terutama erosi lembar dan erosi alur yang menyebabkan cover crop tidak tumbuh dengan baik bahkan mati dan tanaman kayu tidak dapat tumbuh dengan rimbun. Tahapan awal reklamasi adalah pelaksanaan spreading topsoil di disposal area dengan ketebalan topsoil adalah 30 cm. Topsoil berasal dari hasil kegiatan topsoil removal dan sebagian dari banksoil. Disposal Area yang baru saja dilakukan spreading tidak boleh langsung dilakukan revegetasi atau penanaman tanaman, tetapi harus dilakukan pendiaman terlebih dahulu selama kurang lebih 1 (satu) bulan yang dihitung dari tanggal 19 November 2022 hingga 20 Desember 2022. Pendiaman tersebut menyebabkan terjadinya erosi karena tidak ada vegetasi yang dapat menghambat aliran permukaan pada saat terjadi hujan (Adfy & Marzuki, 2021; Devara et al., 2023). Faktor curah hujan merupakan penyebab utama terjadi erosi pada penelitian ini. Klasifikasi curah hujan pada daerah penelitian menurut klasifikasi ambang batas intensitas hujan BMKG masuk ke dalam kategori hujan ringan hingga hujan lebat dengan nilai antara 1,5 – 72,5 mm/hari. Besarnya erosi yang terjadi pada intensitas hujan ringan hingga lebat mengakibatkan kekhawatiran terkait terjadinya erosi yang mungkin akan lebih besar pada saat ambang batas intensitas hujan meningkat menjadi hujan ekstrem di kemudian hari. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai laju erosi di setiap titik ploting guna mengetahui arahan pengelolaan yang dapat disarankan kepada perusahaan untuk mengurangi terjadinya laju erosi dikemudian hari.

Metode

Data yang digunakan berasal dari data primer yang didapatkan dari pengukuran langsung maupun data perusahaan dengan metode yang digunakan berupa metode survei dan pemetaan, metode purposive sampling, pengujian laboratorium yang digunakan dalam perhitungan berat volume (BV), serta analisis matematis. Metode purposive sampling adalah suatu teknik dalam pengambilan sampel yang disesuaikan dengan tujuan tertentu serta dengan mempertimbangkan perwakilan karakter populasi di setiap sampelnya (Sugiyono, 2009 dalam Widayah dkk, 2021). Pengambilan data pengamatan erosi dan penurunan topsoil dilakukan dengan metode tongkat yang dipasang di 2 (dua) kelas kemiringan lereng berbeda berdasarkan Van Zuidam (1985), yaitu kemiringan lereng landai dan kemiringan lereng miring dengan kode kemiringan landai L1.1 (2,6 o), L1.2 (3 o), dan L1.3 (3,1 o) serta pada kemiringan lereng miring dengan kode L2.1 (4,9 o), L2.2 (6,3 o), dan L2.3 (5,2 o).



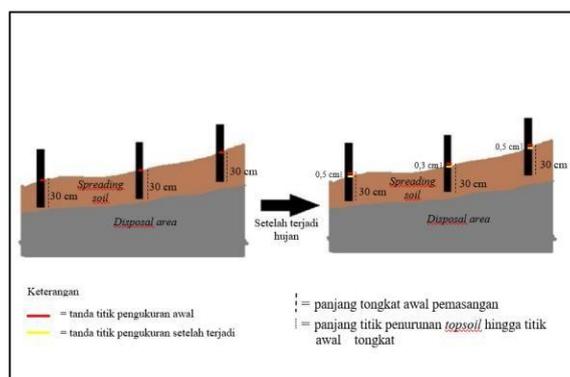
Peta 1. Peta Lintasan Penelitian

Tabel 1. Titik Koordinat pengukuran tongkat erosi

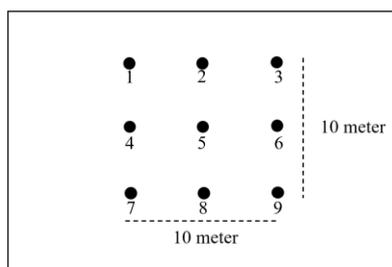
Kelas Kemiringan Lereng	Kode sampel	Koordinat X	Koordinat Y
Landai (2,6 °)	L1.1	348858	959866
Landai (3 °)	L1.2	348855	959856
Landai (3,1 °)	L1.3	348926	959847
Miring (4,9 °)	L2.1	349032	959848
Miring (6,3 °)	L2.2	348953	959860
Miring (5,2 °)	L2.3	348895	959868

Mekanisme pengukuran penurunan *topsoil* seperti pada Gambar 1. adalah dengan menancapkan tongkat yang diberi tanda merah sesuai kedalaman *topsoil*, yaitu 30 cm. Luas area *ploting* adalah 10 x 10 meter dengan luas keseluruhan daerah permasalahan adalah sebesar 5 hektar. Kejadian hujan menyebabkan penurunan *topsoil*, sehingga titik awal tongkat bertanda merah akan terlihat berada di atas permukaan *topsoil*. Perbedaan ketinggian kemudian diukur dengan menggunakan alat bantu penggaris dan selanjutnya

dilakukan pencatatan panjang titik merah hingga titik kuning (permukaan *topsoil*). Setiap tongkat diberi nomor 1 hingga 9 dengan posisi tongkat seperti pada **Gambar 2.** yang dimaksudkan untuk mempermudah pada saat mengolah data serta sebagai *crosscheck* apabila ditemui data yang dirasa tidak sesuai. Hasil penurunan *topsoil* tersebut selanjutnya akan di hitung nilai laju erosi di setiap kemiringan lereng dengan metode matematis.



Gambar 1. mekanisme pengukuran penurunan topsoil



Gambar 2. peletakan tongkat

Hasil nilai total penurunan *topsoil* (cm) dan berat volume tanah (gr/cm^3) selanjutnya dilakukan penghitungan kehilangan tanah (ton) dengan rumus :

$$\text{Kehilangan tanah (ton)} = \text{penurunan topsoil (cm)} \times \text{BV (gr}/\text{cm}^3) \times \text{Luas area setiap kemiringan lereng (cm}^2)$$

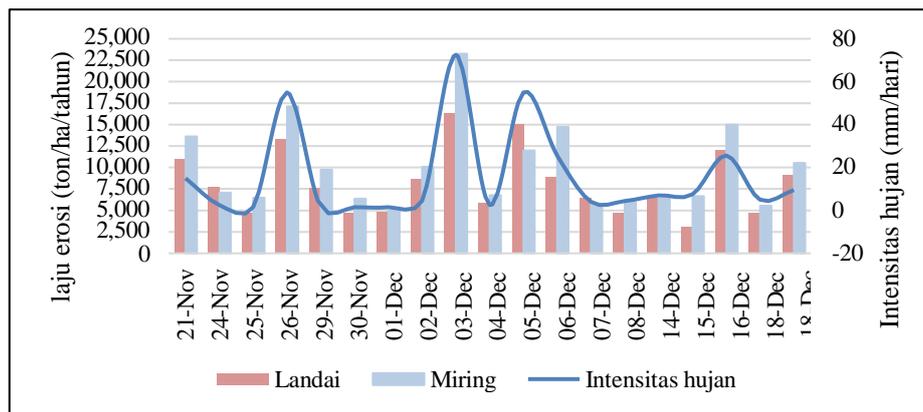
Penghitungan laju erosi dengan rumus :

$$\text{Erosi (ton/Ha)} = \text{Kehilangan tanah (ton)} \times$$

(Sarminah et al, 2018)

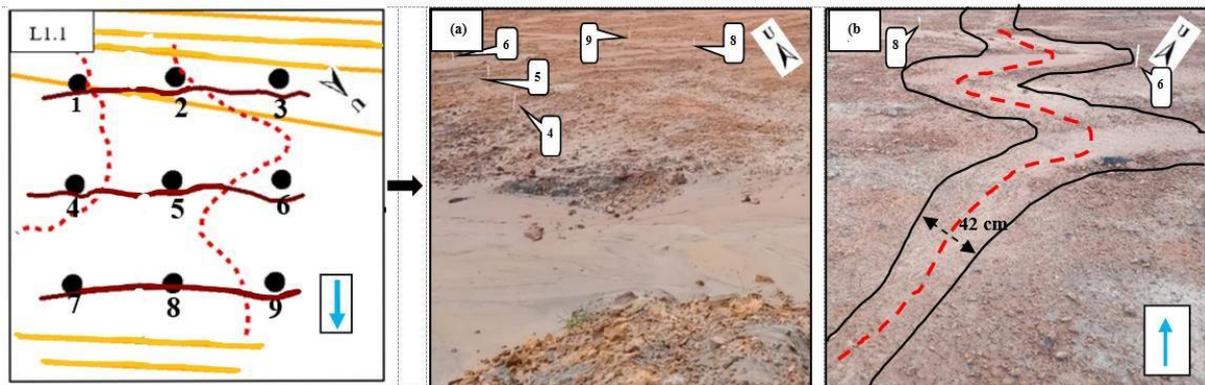
Hasil dan Pembahasan

a. Analisis Hasil Perhitungan



Gambar 3. Grafik perbandingan nilai total laju erosi pada kemiringan lereng landai dan miring Hasil perhitungan dalam grafik pada **Gambar 3.** menunjukkan bahwa nilai laju erosi pada kemiringan lereng landai lebih kecil dibandingkan kemiringan lereng miring. Nilai total laju erosi pada kemiringan lereng landai adalah sebesar 155.191,04 ton/ha/tahun, sementara kemiringan lereng miring memiliki nilai total laju erosi adalah sebesar 187.777,33 ton/ha/tahun. Nilai laju erosi pada kemiringan lereng landai dengan nilai terbesar ditemukan tanggal 03 Desember 2022 dengan nilai sebesar 16.293,87 ton/ha/tahun sementara nilai terendahnya ditemukan pada tanggal 08 Desember 2022 dengan nilai sebesar 4.751,42 ton/ha/tahun. Nilai tertinggi pada kemiringan lereng miring ditemukan pada tanggal 03 Desember 2022 dengan nilai sebesar 23.239,31 ton/ha/tahun semetara nilai terendah ditemukan pada tanggal 01 Desember 2022 sebesar 4.941,3 ton/ha/tahun. Besar nilai laju erosi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti intensitas hujan, kemiringan lereng, dan tekstur tanah yang ada di titik terjadinya erosi. Faktor intensitas hujan dibuktikan dengan nilai laju erosi tertinggi dan terendah berada pada nilai laju erosi yang tertinggi dan terendah pula. Pamungkas (2016) menyebutkan pada penelitiannya bahwa semakin besar aliran permukaan yang terbentuk karena adanya intensitas hujan yang tinggi maka laju erosi juga akan semakin besar. Hal yang sama juga ditemukan pada faktor kemiringan lereng yang didapatkan bahwa semakin tinggi kelas kemiringan lereng maka nilai laju erosi yang terbentuk akan semakin besar pula karena kemiringan lereng mempengaruhi kecepatan aliran permukaan. Hasil pengamatan secara langsung di lapangan ditemukan tanah pada kemiringan lereng landai memiliki tekstur *clayer* dan merupakan tanah muda atau belum tercemar yang menyebabkan tanah mudah tererosi, sementara pada kemiringan lereng miring didominasi oleh tekstur tanah lama atau sudah tercemar menyebabkan permeabilitas tanah rendah sehingga tanah lebih mudah lagi mengalami erosi.

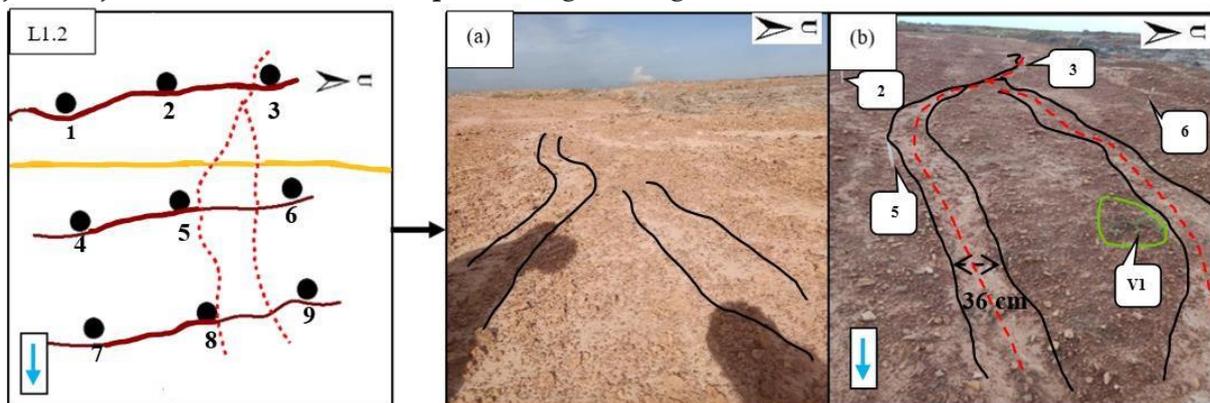
b. Pengamatan rosi yang ditemukan



Gambar 4. Sketsa laju erosi plot L1.1 (a) lahan awal pengukuran (b) lahan pada akhir pengukuran

- Keterangan :
- : Tongkat
 - : Erosi yang terjadi
 - : Kontur
 - : Penurunan Tanah
 - ▼ : Arah Aliran Permukaan
 - : nomor tongkat
 - : Nomor vegetasi yang ditemukan

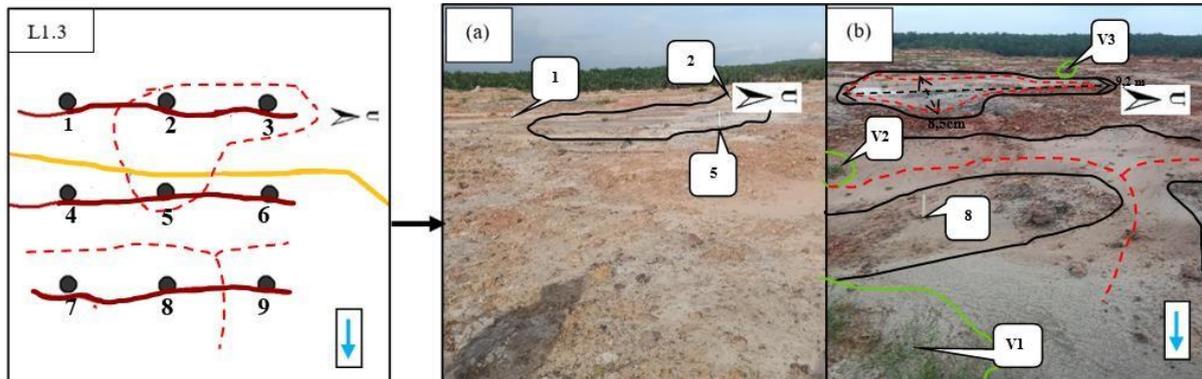
Area plot L1.1 menampilkan adanya erosi alur yang terbentuk dengan arah aliran permukaan ke arah timur laut. **Gambar 4.(a)** menunjukkan pada awal pemasangan tongkat sudah terbentuk erosi alur tetapi belum terlihat dengan jelas. Hal tersebut terjadi karena terjadi hujan sebelum dilakukan pemasangan tongkat.



Gambar 5. Sketsa laju erosi L1.2 (a) lahan pada awal pengukuran (b) lahan pada akhir pengukuran

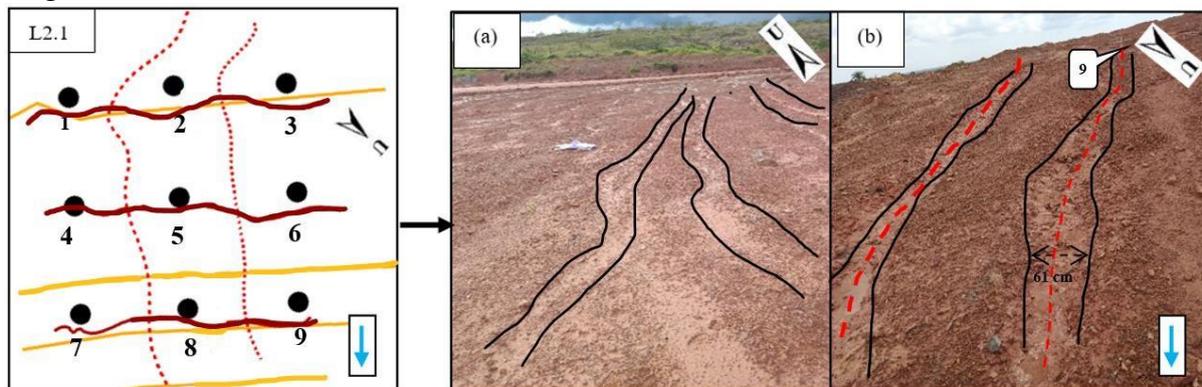
Aliran permukaan yang terbentuk pada area plot L1.2 pada kemiringan lereng landai mengarah dari titik barat menuju ke timur dan aliran permukaan membentuk erosi alur dengan dimensi lebar 36 cm. Terdapat vegetasi liar pada akhir pemasangan tongkat terlihat pada **Gambar 5.(b)**. Vegetasi tersebut tidak berpengaruh terhadap terbentuknya aliran

permukaan dan nilai laju erosi karena letak vegetasi yang tidak dilewati oleh aliran permukaan.



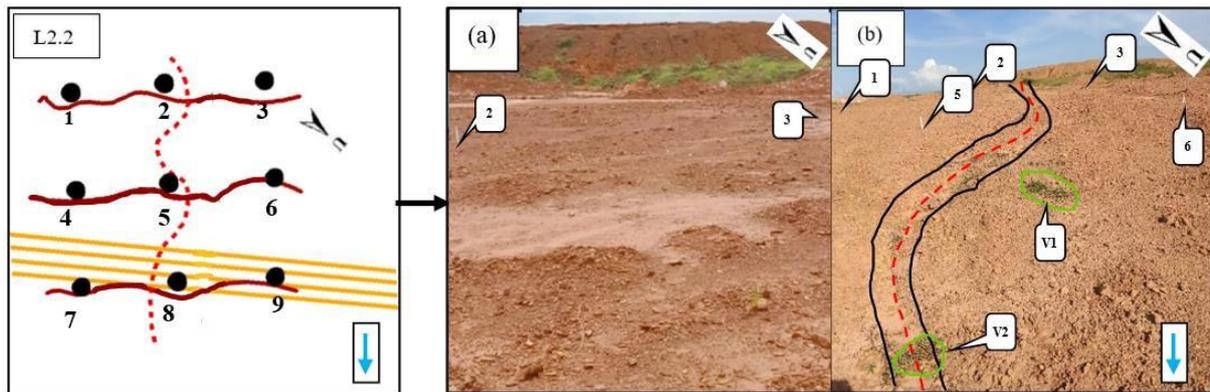
Gambar 6. Sketsa laju erosi L1.3 (a) lahan pada awal pengukuran (b) lahan pada akhir pengukuran

Telihat pada **Gambar 6.(b)** terdapat 2 jenis erosi yang terbentuk, yaitu erosi lembar dan erosi alur. Erosi lembar sudah terbentuk sebelum dilakukan pemasangan tongkat erosi. Satu bulan setelah pemasangan terlihat erosi lembar mengalami pembesaran dimensi erosi, sementara erosi alur yang berada di timur erosi lembar terbentuk setelah dilakukannya pemasangan tongkat erosi. Dimensi erosi lembar yang didapatkan dari pengukuran di lapangan adalah sebesar 9,2 meter x 8,5 meter.



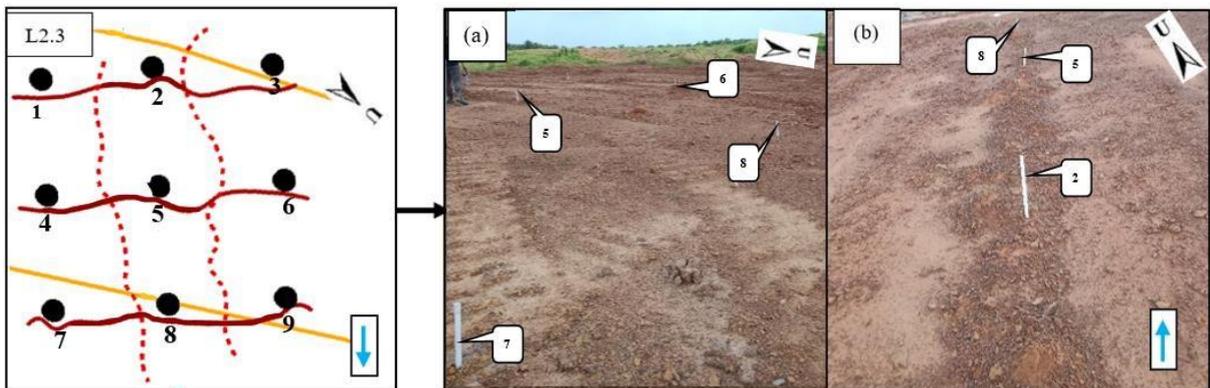
Gambar 7. Sketsa laju erosi L2.1 (a) lahan awal pengukuran (b) lahan pada akhir pengukuran

Gambar 7. menunjukkan terjadi pembentukan aliran permukaan yang menyebabkan terbentuknya erosi alur yang mengarah ke arah timur laut. Erosi alur yang terbentuk cukup besar dengan dimensi lebar 70 cm dan kedalaman 16 cm. Erosi alur tersebut sudah terbentuk sejak sebelum dilakukannya pemasangan tongkat erosi, hal tersebut mungkin saja terjadi karena area L2.1 merupakan area pertama yang dilakukan *spreading soil* sehingga erosi sudah terbentuk jauh sebelum *spreading* selesai dilakukan.



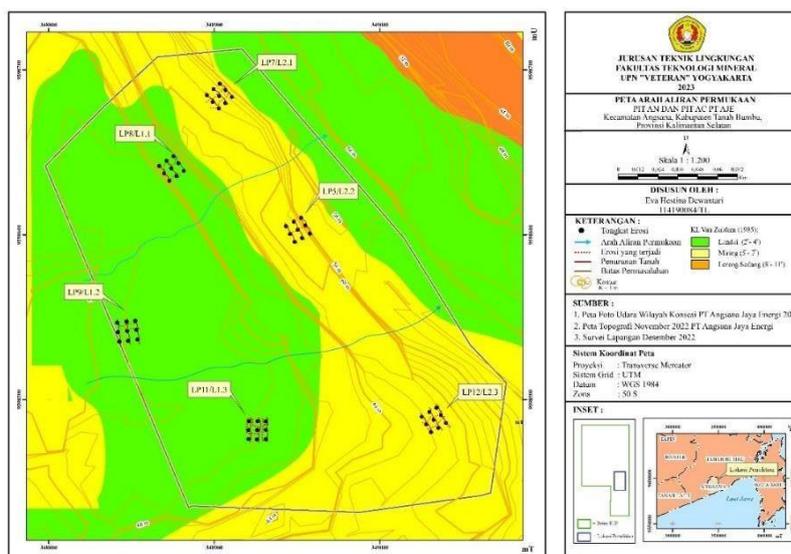
Gambar 8. Sketsa laju erosi L2.2 (a) lahan pada awal pengukuran (b) lahan pada akhir pengukuran

Gambar 8. menunjukkan terbentuknya aliran permukaan yang mengarah ke arah timur laut. **Gambar 8.(b)** dapat terlihat vegetasi yang tumbuh secara liar. Vegetasi tersebut tidak berpengaruh bagi terjadinya aliran permukaan karena lokasi tumbuh vegetasi tidak dilewati oleh aliran permukaan. Hasil pengukuran dimensi erosi yang terjadi pada **Gambar 8.(b)** adalah lebar 71 cm dan kedalaman 3 cm.



Gambar 9. Sketsa laju erosi L2.3 (a) lahan pada awal pengukuran (b) lahan pada akhir pengukuran

Gambar 9. menunjukkan terbentuknya erosi alur dengan arah aliran permukaan mengarah ke arah timur laut. Seluruh arah aliran permukaan di kemiringan lereng miring mengarah ke arah timur karena elevasi yang lebih rendah mengarah ke arah timur. Keseluruhan keadaan eksisting terjadinya laju erosi dapat di lihat pada **Peta 2**.



Peta 2. Peta Arah Aliran Permukaan

Permasalahan yang disebabkan oleh adanya erosi adalah menurunnya kualitas tanah pada area *spreading* sehingga saat dilaksanakan reklamasi revegetasi tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik. Peraturan Menteri Kementerian Kehutanan Republik Indonesia No. P.4/Menhut-II/2011 tentang Pedoman Reklamasi Hutan pada Bab V Pelaksanaan Pasal 30 menyatakan bahwa salah satu rekomendasi arahan pengelolaan yang perlu dilakukan untuk menanggulangi terjadinya erosi antara lain pembuatan teras yang dimaksudkan untuk menjaga kestabilan lereng, saluran pembuangan air atau SPA yang berfungsi sebagai pemotong aliran permukaan pada erosi alur dan sebagai pengontrol air limpasan, serta dilakukan pula pendekatan secara teknologi berupa konservasi vegetasi, dan melakukan *spreading soil* pada musim kemarau untuk menghindari kenaikan laju erosi.

Simpulan

Kemiringan lereng landai memiliki nilai total laju erosi sebesar 155.191,04 ton/ha/tahun, sementara kemiringan lereng miring memiliki nilai total laju erosi 187.777,33 ton/ha/tahun dengan nilai laju erosi terbesar pada kemiringan lereng landai dan miring pada tanggal 03 Desember 2022 berturut-turut sebesar 16.293,87 ton/ha/tahun dan 23.239,31 ton/ha/tahun, sementara nilai terendah pada kemiringan landai pada tanggal 08 Desember 2022 sebesar 4.751,42 ton/ha/tahun dan pada kemiringan miring tanggal 01 Desember 2022 sebesar 4.941,3 ton/ha/tahun. Erosi yang ditemukan adalah erosi alur dan erosi lembar dengan arah aliran menuju ke timur. Tentunya perlu adanya pengelolaan pada lokasi penelitian untuk menanggulangi masalah erosi, yaitu dengan pembuatan teras, SPA, konservasi vegetasi, dan perubahan jadwal *spreading* ke musim kemarau.

Daftar Pustaka

Adfy, D. M., & Marzuki, M. (2021). Analisis Kerawanan Bencana Longsor dari Karakteristik Hujan, Pergerakan Tanah dan Kemiringan Lereng di Kabupaten Agam. In *Jurnal*

Fisika Unand (Vol. 10, Issue 1, pp. 8–14). Universitas Andalas. <https://doi.org/10.25077/jfu.10.1.8-14.2021>

- Akbar, A., Yosomulyono, S., & Meilasari, F. (2007). Perencanaan Reklamasi Pada Kegiatan Penambangan Bauksit PT. Kalbar Bumi Perkasa Kecamatan Tayan Hilir dan Kecamatan Meliau Kabupaten Sanggau Provinsi Kalimantan Barat. *Jelast: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 7(2). <https://DOI: 126418/jelast.v7i2.42519>
- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah Dan Air*. Edisi Kedua Cetakan Kedua. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Devara, M. R., Sutoyo, S., & Rau, M. I. (2023). Analisis Spasial Sebaran Pemukiman terhadap Kemiringan Lereng di Kota Depok. In *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* (Vol. 8, Issue 1, pp. 47–56). Institut Pertanian Bogor. <https://doi.org/10.29244/jstil.8.1.47-56>
- Erfandi, D. (2017). Pengelolaan Lansekap Lahan Bekas Tambang: Pemulihan Lahan Dengan Pemanfaatan Sumberdaya Lokal (In-Situ). *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(2), 55-66. <http://DOI: 121082/jsdl.v11n2.2017.55-66>
- Fatmawati, S. (2021). Pengujian Erosi pada Kemiringan Dan kepadatan Tanah organik. In *Jurnal Teknik Sipil MACCA* (Vol. 6, Issue 1, pp. 48–57). Universitas Muslim Indonesia. <https://doi.org/10.33096/jtsm.v6i1.278>
- Fiantika, T., Suryo, E. A., & Harimurti, H. (2018). Analisis Probabilitas Keruntuhan Pada Lereng Tanah Residual Dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng. In *Rekayasa Sipil* (Vol. 12, Issue 2, pp. 105–111). Brawijaya University. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2018.012.02.5>
- Gautama, R. S. (2019). *Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung : Penerbit Institut Teknologi Bandung.
- Harbo, L. S., Olesen, J. E., Liang, Z., Christensen, B. T., & Elsgaard, L. (2022). Estimating organic carbon stocks of mineral soils in Denmark: Impact of bulk density and content of rock fragments. *Geoderma Regional*, 3 <https://doi.org/11016/j.geodrs 2022.e00560>
- Maha, R. R., Wicaksono, A. P., Nugroho, N. E., Lukito, H., & Suharwanto, S. (2023). Pengaruh Kemiringan Lereng terhadap Nilai Laju Erosi di PT Darma Henwa Bengalon Coal Project. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan*

SATU BUMI (Vol. 4, Issue 1). Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta. <https://doi.org/10.31315/psb.v4i1.8832>

Matovani, M. D. (2021). *Rancangan Teknis Reklamasi Lahan Bekas Pertambangan Andesit Berdasarkan Evaluasi Kesesuaian Lahan Di Dusun Sudimoro, Desa Bapangsari, Kecamatan Bagelen, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah* (Doctoral Dissertation, UPN" Veteran" Yogyakarta).

Notohadiprawiro. (1981). *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta : Rineka Cipta.

Oktorina, S. (2017). Kebijakan Reklamasi Dan Revegetasi Lahan Bekas Tambang: Studi Kasus Tambang Batubara Indonesia. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1), 16-2. <https://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/alard>

Qur'ani, N. P. G., Harisuseno, D., & Fidari, J. S. (2022). Studi Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Laju Infiltrasi. In *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air* (Vol. 2, Issue 1, pp. 1–254). Brawijaya University. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2022.002.01.19>

Rahmat, A. (2019). *Upaya Pengendalian Erosi Pada Lahan Reklamasi Pasca Tambang Batubara Berdasarkan Perhitungan Laju Erosi Di Pt. Kideco Jaya Agung Desa Batu Kajang Kecamatan Batu Sopang Kabupaten Paser Kalimantan Timur* (Doctoral Dissertation, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta). <http://eprints.upnyk.ac.id/19084/>

Rumpaidus, I., Budiyanto, Y. S., & Tukayo, R. K. (2018). Prediksi Laju Erosi Guna Penerapan Metode Konservasi Tanah dan Air pada Aktivitas Pertanian Daerah Lereng Warmare. In *Agrotek* (Vol. 4, Issue 7). Fakultas Peternakan Universitas Papua. <https://doi.org/10.30862/agt.v4i7.594>

Sitorus, P. H., & Wulandari, S. (2022). Pengaruh Perilaku Tinggi Muka Air Tanah dengan Variasi Kemiringan Lereng Terhadap Stabilitas Lereng Berbasis Pemodelan Numerik. In *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 29, Issue 2, pp. 145–152). The Institute for Research and Community Services (LPPM) ITB. <https://doi.org/10.5614/jts.2022.29.2.5>

-
- Sarminah, S., Artha Gultom, U., Ramayana, S., Kehutanan, F., Mulawarman, U., Gunung Kelua, K., & Ki Hajar, J. (2022). *Estimasi Erodibilitas Tanah dan Identifikasi Jenis Erosi Di Wilayah Pasca Tambang Batubara*. 1. <https://DOI: 131293/agrifor.v21i1.5790>
- Sarminah, S., Kristianto, D., & Syafrudin, M. (2018). Analisis tingkat bahaya erosi pada kawasan reklamasi tambang batu bara PT Jembayan Muarabara Kalimantan Timur. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 1(2). <http://DOI: 132522/ujht.v1i2.793>
- Siregar, I. F., & Rasyad, R. (2019). Pengaruh Implikasi Biaya Lingkungan Dan Kinerja Lingkungan Terhadap Kinerja Keuangan Perusahaan Pertambangan Umum Kategori Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup (Proper). *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis Dharma Andalas*, 21(2), 198-209. <https://jurnal.unidha.ac.id/index.php/JEBD/article/view/28/37>
- Widayah, F. A., Widiarti, I. W., & Asrifah, R. D. (2021). Penilaian Indeks Risiko Lingkungan di TPA Tanggan, Kecamatan Gesi, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding SATU BUMI*, 3(1). <https://doi.org/10.31315/psb.v3i1.6273.g4077>