

**RANCANGAN TEKNIS DAERAH TANGKAPAN HUJAN
UNTUK MENGURANGI PENGIKISAN BIDANG LERENG
DAN MENCEGAH AIR LIMPASAN DENGAN METODE CROSS FALL
PADA TEMPAT PENYIMPANAN TANAH PUCUK**

**Technical Design of Rain Catchment Areas to Reduce Erosion of Slopes
and Prevent Water Runoff Using the Cross Fall Method in Top Soil Storage Areas**

Wilmar Reinaldy^{1*)}, Yusanto Nugroho²⁾, Fakhrrur Razie³⁾, Yulian Firmana Arifin⁴⁾

¹⁾Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan,
Program Pascasarjana, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

²⁾Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

³⁾Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat

⁴⁾Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

*) e-mail: wilmarreinaldy@gmail.com

Abstract

Mining activities often cause environmental damage, such as landslides, floods and ecosystem changes. These activities include land clearing, top soil stripping, *overburden* stripping, coal excavation, coal transport and processing. It is necessary to have an activity as an effort to rehabilitate so that there is no sustainable environmental damage. Therefore topsoil storage must be carried out in order to return the post-mining area to green again. The consideration of replanting ex-mining areas uses a comprehensive environmental management strategy, especially in terms of handling nutrient-rich topsoil. Topsoil is peeled to a thickness of 0.5 – 1 meter using an excavator. Then it is stacked and stockpiled in a place that is safe from mining activities so that later it can be reused in reclamation activities. The purpose of this research is to obtain a technical design on the corner of the storage area to reduce the eroding impact of rain runoff or other mining activities. Where the method used is to calculate the erosion that occurs on each slope where the test is carried out with 4 different slope angles such as 20°, 25°, 30° and 35°. After obtaining the erosion data, the researchers created an ideal design to reduce the impact by considering the balance aspects of the slope and the material itself. Where the recommended angle data obtained to reduce the eroding impact is 25°.

Keywords: geotechnical; mine surveying; slope; volume

PENDAHULUAN

Erosi adalah proses hilangnya atau terkikisnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat yang terangkut oleh air atau angin ke tempat lain. Tanah yang tererosi diangkut oleh aliran permukaan akan diendapkan di tempat-tempat aliran air melambat seperti sungai, saluran-saluran irigasi, waduk, danau atau muara sungai. Hal ini berdampak pada mendangkalnya

sungai sehingga mengakibatkan semakin seringnya terjadi banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim Kemarau (Sulaiman, 2021).

Erosi terdiri dari tiga proses yakni *detachment* (pelepasan partikel-partikel tanah), *Transportation* (penghanyutan partikel-partikel tanah) dan *Deposition* (pengendapan partikel tanah yang telah dihanyutkan). *Detachment* terjadi sebagai akibat timpaan titik-titik curah hujan yang

menimpa permukaan tanah. Iklim, tanah, topografi, waktu dan pendayagunaan tanah oleh manusia merupakan faktor-faktor utama yang mempengaruhinya (Sulaiman, 2021).

Kegiatan penambangan seringkali menyebabkan kerusakan lingkungan, seperti, longsor banjir dan perubahan ekosistem. Kegiatan tersebut meliputi, pembukaan lahan, pengupasan tanah pucuk, pengupasan lapisan batuan penutup (*Overburden*), penggalian batubara, pengangkutan dan pengolahan batubara. Diperlukan adanya suatu kegiatan sebagai upaya untuk merehabilitasi agar tidak terjadi kerusakan lingkungan yang berkelanjutan. Upaya tersebut bisa di tempuh dengan cara reklamasi lahan pasca tambang.

Pertimbangan penanaman kembali daerah bekas tambang menggunakan strategi pengelolaan lingkungan secara menyeluruh, terutama dalam hal penanganan tanah pucuk yang kaya akan unsur hara. Tanah pucuk ini dikupas sampai ketebalan 0,5 – 1 m menggunakan excavator. Kemudian ditumpuk dan ditimbun pada suatu tempat yang aman dari kegiatan pertambangan agar nantinya dapat dimanfaatkan kembali dalam kegiatan reklamasi.

Erosi ini sangat merugikan karena bagian-bagian tanah yang terhanyutkan jauh lebih besar dibandingkan dengan pembentukan tanah yang terjadi. Penipisan tanah akan terus berlanjut bila tidak segera diatasi (Isjudarto, 2016).

Penanganan terhadap kemerosotan daya dukung tanah dan potensi longsor adalah dengan pembuatan teras dan penanaman tanaman penutup tanah yang cepat tumbuh seperti *cover crop* (Isjudarto, 2016).

a. Selain faktor-faktor erosi di atas ada beberapa faktor lain yang mempengaruhi laju erosi adalah kondisi kebijakan perusahaan dalam pengelolaan tanah penutup dalam upaya pengendalian erosi dimana menurut (Isjudarto, 2016).

- b. Belum adanya upaya pengendalian erosi (sarana pengendali erosi).
- c. Belum adanya pengelolaan tanah penutup.
- d. Belum dilaksanakannya kebijakan pengelolaan lingkungan khususnya mengenai erosi dan dampaknya di area penambangan dimana pengelolaan timbunan tanah penutup dalam upaya pengendalian erosi hanya sebatas rencana yang belum direalisasikan.
- e. Kurangnya koordinasi antar tim dalam pelaksanaan tugasnya.
- f. Pelaksanaan monitoring dan evaluasi terhadap dampak erosi belum dilaksanakan.
- g. Keterbatasan sumber daya manusia yang berkualitas dalam bidang pengelolaan lingkungan pertambangan.

Pengendalian air permukaan dapat dilakukan dengan pembuatan desain drainase yang memadai, sehingga air permukaan dari puncak-puncak lereng dapat mengalir lancar dan infiltrasi berkurang. Selain itu jua dapat dilakukan penanaman vegetasi di puncak lereng untuk mengurangi run-off pada lereng (Hardianto & Heriyadi, 2019)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan disposal di perusahaan pertambangan yang ada di Kecamatan Loa Tebu Kabupaten Kutai Kartanegara. Disposal yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah area yang juga sedang dilakukan proses pembentukan disposal. Pelaksanaan analisis kestabilan lereng dilakukan di perusahaan PT Khatulistiwa Prima Sejahtera untuk mengetahui lereng/bidang disposal.

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan rancangan dari sebuah team mineplan tambang yang akan dilakukan pengujian dari sisi stabilitas lereng timbunan yang untuk mengetahui tingkat keamanan suatu lereng. Lalu juga penelitian ini menguji dari pola aliran yang dapat mengakibatkan erosi dari sebuah disposal

top soil karena aliran yang tidak beraturan. Pengambilan data dilakukan dengan pengujian Geoteknikal dan perhitungan volume akibat erosi dengan menggunakan *software Minescape 5.7*.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kombinasi (*mixed methods*). Metode penelitian kombinasi (*mix methods*) adalah suatu metode penelitian yang mengkombinasikan atau menggabungkan antara metode kuantitatif dengan metode kualitatif untuk digunakan secara bersama-sama dalam suatu kegiatan penelitian sehingga diperoleh data yang lebih komprehensif, valid, reliabel dan objektif. Tahapan optimasi ini dilaksanakan dengan sistematis, Adapun langkah-langkah penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Metode perubahan slope pada lereng
 Pada metode ini peneliti akan melakukan beberapa percobaan dimana masing-masing dari bidang lereng memiliki sudut pada lereng yang berbeda-beda. Namun, memiliki tinggi dan Panjang lintasan yang sama.

b. Uji material soil pada laboratorium tanah

Pada metode ini peneliti akan melakukan beberapa uji laboratorium material hasil dari perubahan bidang slope. Untuk mengetahui perubahan fisik dari soil tersebut.

c. Saluran Penyaliran

Saluran penyaliran berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air ketempat pengumpulan atau tempat lain. Bentuk penampang saluran umumnya dipilih berdasarkan debit air, tipe material serta kemudahan dalam pembuatannya.

d. Mine Surveying

Pada metode ini peneliti akan melakukan pengambilan data topografi untuk mengetahui perubahan pada bidang slope akibat adanya proses pengikisan yang terjadi akibat air limpasan hujan. Metode ini juga akan digunakan untuk melakukan pengukuran volume yang terkikis akibat air limpasan dimana data akan di ambil sebelum dan sesudah terjadi nya hujan.

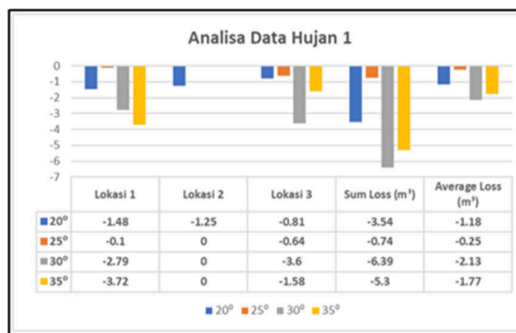
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan di 3 lokasi berbeda untuk mendapatkan data yang pendekatan lebih baik namun masih didalam area yang sama yaitu OPD 4 PT. Kalimantan Persada Coal

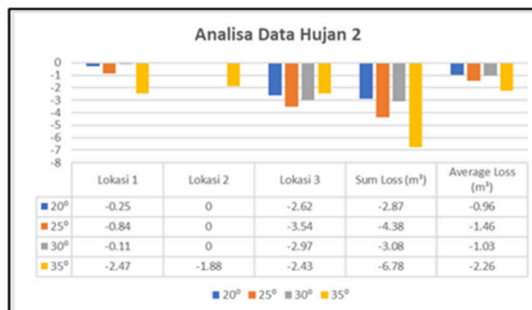
Berikut adalah perubahan volume pada setiap lokasi yang kemudian didapatkan perhitungan *loss volume* menggunakan *software surpac*. Dari hasil tersebut dapat kemudian dilanjutkan dengan *progress* sayatan melintang.

Tabel 1. Curah Hujan Aktual

No	Date	Curah Hujan (mm)	Durasi Hujan (hrs)
1	16 April 2023	18	6.7
2	26 April 2023	13.5	4.5
3	30 April 2023	25	9.2
Jumlah		46.5	20.4



Gambar 1. Grafik Analisis Data Hujan 1



Gambar 2. Grafik Analisis Data Hujan 2

Hasil analisis dari kedua data diatas adalah sebagai berikut:

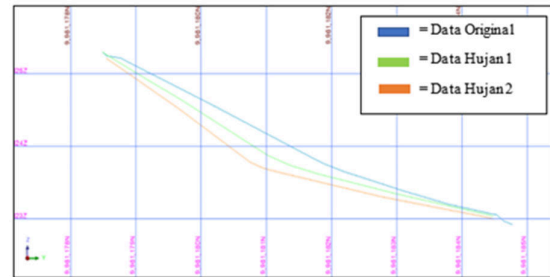
1. Sudut 20° memiliki total pengikisan yang hampir sama antara data hujan 1 dengan

Rancangan Teknis Daerah Tangkapan Hujan untuk Mengurangi Pengikisan Bidang Lereng dan Mencegah Air Limpasan dengan Metode *Cross Fall* pada Tempat Penyimpanan Tanah Pucuk (Wilmar Reinaldy, *et al.*)

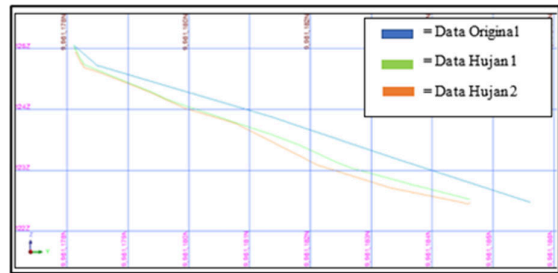
- data hujan 2 dan juga untuk nilai rata-rata pada pengikisan juga mendekati sama itu disebabkan oleh kemiringan yang sangat landai memungkinkan material hanya bergerak dari atas lereng menuju Tengah lereng saja.
2. Sudut 25° memiliki perbedaan anantara data hujan 1 dan data hujan 2 dimana data hujan 1 memiliki perbedaan yang signifikan yang disebabkan curah hujan ke 2 terbilang lebih rendah dari data hujan 1 namun durasi lebih pendek yang menyebabkan intensitas dari hujan tinggi yang membuat pengikisan terbilang lebih banyak daripada data hujan 1.
 3. Sudut 30° memiliki perbedaan perubahan volume cukup banyak yang disebabkan oleh beberapa faktor yaitu sudut yang terbilang lebih curam menyebabkan material mudah tergelincir dan mengalami penumpukkan pada area bawah dari sebuah lereng.
 4. Sudut 35° memiliki rata-rata tertinggi untuk kehilangan volume dikarenakan angle of repose atau sudut gelincir yang lebih curam dari sudut yang lain menyebabkan material lebih banyak terkikis dan mengalami pengendapan di area terbawah dari sudut tersebut.

Analisis Sayatan Melintang 2D

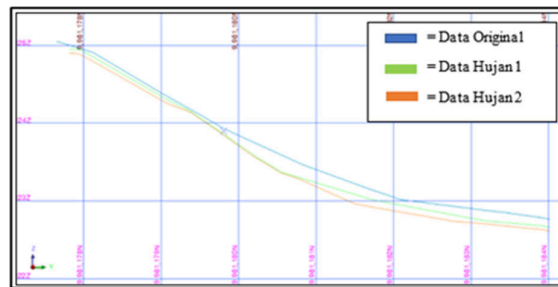
Analisis ini berguna untuk mendapatkan gambaran dari sebuah perubahan lereng dimana sayatan terlihat 2 dimensi yang mengetahui perubahan rona atau bentuk dari sebuah lereng. Material yang mengalami pergeseran juga termasuk dalam analisis dari sayatan melintang 2 dimensi ini.



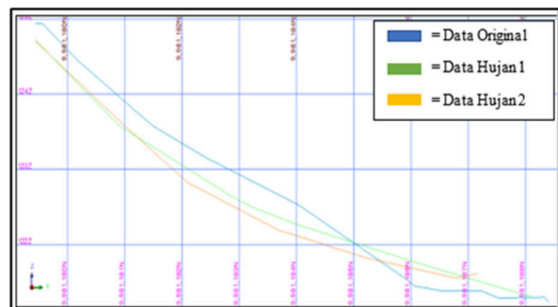
Gambar 3. Sayatan Melintang 2 Dimensi 20°



Gambar 4. Sayatan Melintang 2 Dimensi 25°



Gambar 5. Sayatan Melintang 2 Dimensi 30°



Gambar 6. Sayatan Melintang 2 Dimensi 35°

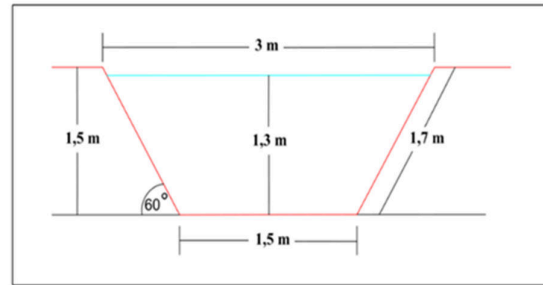
Sistem saluran terbuka digunakan untuk mengalirkan air limpasan dan digunakan juga untuk mencegah masuknya air yang berasal dari air hujan yang berada pada sekitar area disposal soil:

1. Bentuk Saluran Terbuka

Bentuk penampang saluran terbuka yang diusulkan berbentuk trapesium karena mudah dalam pembuatannya, murah, efisien dan mudah dalam perawatannya.

2. Dimensi Saluran Terbuka

Dimensi saluran terbuka dihitung berdasarkan debit maksimum air yang akan dialirkan. Perhitungan dimensi saluran terbuka dapat dihitung dengan menggunakan rumus manning.

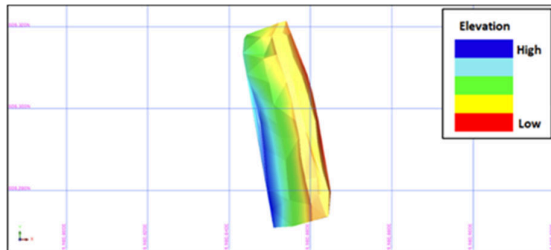


Gambar 10. Dimensi Saluran Trapesium

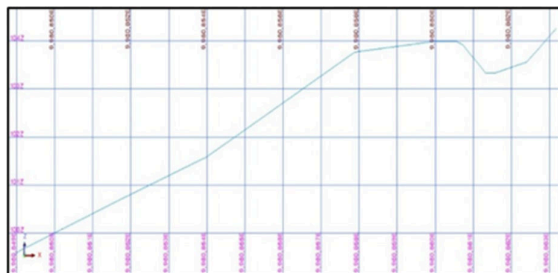
Maka dimensi saluran:

- Panjang sisi luar saluran (a) = 1,7 m
- Lebar dasar saluran (b) = 1,5 m
- Lebar permukaan (B) = 3 m
- Kedalaman saluran (h) = 1,5 m
- Kedalaman aliran (d) = 1,3 m

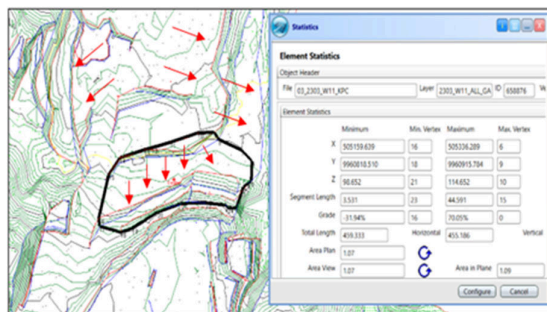
Jika dilihat dari sebuah perubahan yang dihasilkan dari air limpasan area sekitar *catchment area* pada disposal OPD 4 ini, dapat disimpulkan bahwa perubahan terjadi hanya berada di area saluran yang disebabkan oleh sedimentasi material bawaan dari air hujan. Adapun perubahan volume sebagai berikut:



Gambar 7. Triangle Model Drainage



Gambar 8. Penampang Slope Drainage



Gambar 9. Catchment Area Drainage

Rekomendasi untuk mendapatkan bukaan saluran yang sesuai dengan curah hujan aktual dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4. *Volume* Pengikisan dengan *Drainage*


Sudut (°)	Nilai Permeabilitas (cm/jam)	Nilai Porositas (%)
20	0.82	45.38
25	0.84	51.66
30	0.82	44.03
35	0.77	41.06

Analisis geoteknikal dilakukan untuk mengetahui kestabilan lereng, dimana setiap sudut kemiringan akan dilakukan analisis untuk mengetahui faktor keamanan dari bidang slope yang saat ini sedang dilakukan penelitian.

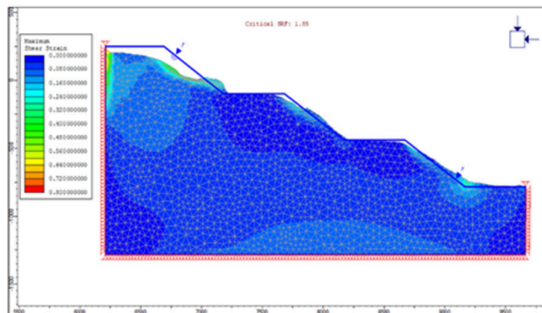
Sebelum dilakukannya analisis, terlebih dahulu peneliti melakukan analisis material yang ada di lapangan sebagai berikut.

Rancangan Teknis Daerah Tangkapan Hujan untuk Mengurangi Pengikisan Bidang Lereng dan Mencegah Air Limpasan dengan Metode *Cross Fall* pada Tempat Penyimpanan Tanah Pucuk (Wilmar Reinaldy, *et al.*)

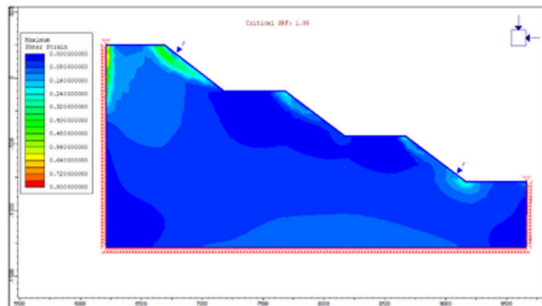
Tabel 5. Material Properties

Material Name	Color	Initial Element Loading	Unit Weight (Kn/M ³)	Poison Ratio	Failure Criterion	Tensile Strength
Soil		Field Stress & Body Force	17.134	0.4	Mohr Coulomb	27.9004

Di pengujian geotek ini terdapat perbedaan pengujian dimana crest yang tidak memiliki saluran terbuka dan crest yang memiliki saluran terbuka dimana terdapat 2 perbedaan yaitu penempatan W (Muka air Tanah) dan pada pengisian material properties dimana pemilihan nilai batas air.



Gambar 11. Kemiringan 35° Tanpa Drainage



Gambar 12. Kemiringan 35° dengan Drainage

Bidang 35° ini terlihat jelas jika tidak menggunakan drainage pergerakan terdapat pada seluruh lereng dikarenakan bidang mengalami kejenuhan terhadap air yang terserap.

KESIMPULAN

Dari 3 lokasi berbeda dan sudut kemiringan yang berbeda untuk mengetahui jumlah volume pengikisan akibat air limpasan hujan dimana volume terbanyak

berada di sudut 35°. Analisis menggunakan drainage ini didapatkan penyusutan dari pengikisan bidang lereng sebesar 74% dari total area terkikis dikarenakan area yang mengalami limpasan sudah tertahan di dalam saluran terbuka. Dari jumlah tangkapan hujan sebesar 1.07 Ha yang mengalami dampak hanya 0.267 Ha saja. Dengan menggunakan metode cross fall air limpasan yang masuk kedalam saluran terbuka mengalami penurunan yang cukup signifikan di sudut 25° yang semula -5.12 m³ menjadi -0.18 m³.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifandi, F., & Ikhsan, C. (2019). *Pengaruh Sedimen Terhadap Umur Layanan Pada Tampungan Mati (Dead Storage) Waduk Krisak di Wonogiri dengan Metode Usle (Universal Soil Losses Equation)*. Matriks Teknik Sipil
- Azizi, M. A., Marwanza, I. M., & Hartanti, N. A. (2019). *Penentuan Volume Potensi Longsor Lereng Tambang Terbuka Menggunakan Metode Keseimbangan Batas 3 Dimensi*. Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI,
- Bria, K., & Isjudarto, A. (2017). *Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan PT. Artha Niaga Cakrabuana Job Site CV. Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*.

- Dwi, A. (2018). *Keefektifan Waktu Aerasi Dalam Penurunan Kadar Fe Pada Air Sumur Gali Dengan Bubble Aerator*. 17–18. Poltekker Yogyakarta,

- Indonesia
- Fitria. (2013). *Lereng dan Kategorinya*. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.
- Giffari, F. R., Zakaria, Z., & Sophian, R. I. (2020). *Kajian Kestabilan Lereng Highwall Dengan Metode Kesetimbangan Batas dan Probalistik Pada PIT Muara Tiga Besar Utara PT Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan*. Jurnal Geoscience Padjadjaran, 4(2).
- Hardianto, A., & Heriyadi, B. (2019). *Analisis Rancangan Lereng Disposasi Area Pit D Pada PT . Aman Tobilah Putra Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan*. Jurnal Bina Tambang, 4(2), 21–30.
- Hariyanto, H., Rachman, I., & Wahid, A. (2021). *Hubungan Curah Hujan dan Air Lolos (Troughfall) pada Beberapa Jenis Tegakan di Kawasan Hutan Produksi Sub DAS Gumbasa*. Agroland: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian, 28(3), 243–248.
- Haris, T. V., Saleh, A., & Muthia, A. (2016). *Perencanaan Dimensi Ekonomis Saluran Primer*. Siklus, 2(1), 47–57.
- Isjudarto, A. (2016). *Peningkatan Erosi Tanah pada Lereng Timbunan Overburden Akibat Kegiatan Penambangan di Daerah Clereng, Pengasih Kabupaetn Kulon Progo*. Manajemen Energi Untuk Pembangunan Berkelanjutan, 196–201.
- Lengkong, P. C. L., Sartje Moninjta, J. E. ., Sumampouw, & Sarajar, A. N. (2013). *Hubungan Kuat Geser Pada Tanah Dengan Hasil Percobaan Dynamic Cone Penetrometer Pada Ruas Jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara*. Standar Nasional Indonesia, Badan Standarisasi Nasional, 1(5), 1–20.
- Arifandi, F., & Ikhsan, C. (2019). *Pengaruh Sedimen Terhadap Umur Layanan Pada Tampungan Mati (Dead Storage) Waduk Krisak di Wonogiri dengan Metode Usle (Universal Soil Losses Equation)*. Matriks Teknik Sipil
- Azizi, M. A., Marwanza, I. M., & Hartanti, N. A. (2019). *Penentuan Volume Potensi Longsor Lereng Tambang Terbuka Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas 3 Dimensi*. Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI,
- Bria, K., & Isjudarto, A. (2017). *Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan PT. Artha Niaga Cakrabuana Job Site CV. Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*.
- Dwi, A. (2018). *Keefektifan Waktu Aerasi Dalam Penurunan Kadar Fe Pada Air Sumur Gali Dengan Bubble Aerator*. 17–18. Poltekker Yogyakarta, Indonesia
- Fitria. (2013). *Lereng dan Kategorinya*. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.
- Giffari, F. R., Zakaria, Z., & Sophian, R. I. (2020). *Kajian Kestabilan Lereng Highwall Dengan Metode Kesetimbangan Batas dan Probalistik Pada PIT Muara Tiga Besar Utara PT Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan*. Jurnal Geoscience Padjadjaran, 4(2).
- Hardianto, A., & Heriyadi, B. (2019). *Analisis Rancangan Lereng Disposasi Area Pit D Pada PT . Aman Tobilah Putra Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan*. Jurnal Bina

Rancangan Teknis Daerah Tangkapan Hujan untuk Mengurangi Pengikisan Bidang Lereng dan Mencegah Air Limpasan dengan Metode *Cross Fall* pada Tempat Penyimpanan Tanah Pucuk (**Wilmar Reinaldy, et al.**)

- Tambang, 4(2), 21–30. 107–116.
- Harijanto, H., Rachman, I., & Wahid, A. (2021). *Hubungan Curah Hujan dan Air Lolos (Troughfall) pada Beberapa Jenis Tegakan di Kawasan Hutan Produksi Sub DAS Gumbasa*. *Agroland: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 28(3), 243–248.
- Mulyono, A., Rusydi, A. F., & Lestiana, H. (2019). *Permeabilitas Tanah Berbagai Tipe Penggunaan Lahan Di Tanah Aluvial Pesisir Das Cimanuk, Indramayu*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 1.
- Nasional, M. P. (2007). *No Title* *ывмыывмыв. Ятыямат, вы12у(235), 245*. [http://digilib.unila.ac.id/4949/15/BAB II.pdf](http://digilib.unila.ac.id/4949/15/BAB%20II.pdf)
- Haris, T. V., Saleh, A., & Muthia, A. (2016). *Perencanaan Dimensi Ekonomis Saluran Primer*. *Siklus*, 2(1), 47–57.
- Nugroho, S. A., Putra, A. I., & Ermina, R. (2012). *Korelasi Parameter Kuat Geser Hasil Pengujian Triaksial dan Unconfined Compression Strength (UCS)*. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 11(1), 1–10.
- Isjudarto, A. (2016). *Peningkatan Erosi Tanah pada Lereng Timbunan Overburden Akibat Kegiatan Penambangan di Daerah Clereng, Pengasih Kabupaetn Kulon Progo*. *Manajemen Energi Untuk Pembangunan Berkelanjutan*, 196–201.
- Nursya'ban, M. (2006). 19009-47093-1-SP.pdf (pp. 93–116).
- Lengkong, P. C. L., Sartje Moninjta, J. E. ., Sumampouw, & Sarajar, A. N. (2013). *Hubungan Kuat Geser Pada Tanah Dengan Hasil Percobaan Dynamic Cone Penetrometer Pada Ruas Jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara*. *Standar Nasional Indonesia, Badan Standarisasi Nasional*, 1(5), 1–20.
- Pangemanan, S. L., & A.E Turangan, O. B. . S. (2014). *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)*. *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 22–28. [Ejournal Unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view /3920](http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/3920)
- Masria, M., Lopulisa, C., Zubair, H., & Rasyid, B. (2018). *Karakteristik Pori dan Hubungannya dengan Permeabilitas pada Tanah Vertisol Asal Jeneponto Sulawesi Selatan*. *Jurnal Ecosolum*, 7(1), 38. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v7i1.5209>
- Pramulandani, A., & Hamdhan, I. N. (2021). *Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geocell Menggunakan Metode Elemen Hingga (PLAXIS 2D)*. *Jurnal Teknil Sipil*, 6(2), 86.
- Muhammad Dwi Nanda, Yuliadi, & Zaenal. (2021). *Kajian Geometri Jalan Tambang berdasarkan Aashto dan Kepmen No 1827/K/30/Mem/2018 pada Penambangan Andesit di PT XYZ, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat*. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(2),
- Santoso, D. H., Suharwanto, S., & Prasetyo, M. T. (2021). *Analisis Kestabilan Lereng dan Pengelolaan Lereng Akibat Penambangan Andesit di Sebagian Kecamatan Bagelan Purworejo*. *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 18(1), 46–51.
- Sulaiman, D. M. (2021). *Teknologi Pegar untuk Penanggulangan Erosi dan*

Abrasi Pantai. In Deepublish.

Sundek Hariyadi. (2018). *Kajian Teknis Tahapan Penambangan Batubara Pada Pt. Mega Global Energy Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur, 1(2), 43–57*. JGP (Jurnal Geologi Pertambangan).

Yanuardian, A. R., Indrawan, I. G. B., & Warmada, I. W. (2018). *Analisis Kestabilan Lereng Di Desa Terbah Dan Sekitarnya, Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunung Kidul Berdasarkan Slope Stability Probability Classification*. Riset Geologi Dan Pertambangan, 28(1), 101.