

Integrasi Analisis Geologi dan Hidrologi untuk Penyelidikan Asal Lumpur Penambangan Batubara di Formasi Tanjung Desa Mangkalapi Kecamatan Teluk Kepayang Tanah Bumbu Kalimantan Selatan

Akbar Suhada*, Hill Gendoet Hartono, dan Ev Budiadi

*Program Studi Magister Teknik Geologi, Fakultas Teknik Dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta*

**Email: 4200231003@students.itny.ac.id*

SARI

Proses operasional penambangan batubara, terutama pada tahap finalisasi pit, kerap mengalami masalah teknis akibat penumpukan lumpur yang sangat banyak di titik elevasi paling rendah. Kondisi ini bukan hanya mengganggu aktivitas pengangkutan material, tetapi juga berpotensi menyebabkan kehilangan cadangan batubara yang mengakibatkan kerugian yang sangat besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sumber lumpur yang menutupi batubara di *Sump* Sinai Pit GH. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup analisis geologi melalui penentuan litologi di area tangkapan air (*catchment area*), analisis hidrologi dengan rekayasa pola aliran, serta perhitungan volumetrik menggunakan *software*. Berdasarkan temuan penelitian, lumpur pertambangan memiliki volume 171.792,00 Lcm, dihitung berdasarkan kemampuan terakhir pompa dapat memompa air yang ada, lumpur tersebut terdiri dari campuran material halus (lempung dan lanau) dengan air, lumpur ini berasal dari tiga sumber utama: material disposal (timbunan) sebesar 79.987,09 Lcm (46,56%), material insitu yang terekspos sebanyak 68.538,53 Lcm (39,90%), dan material aluvial sebesar 23.266,38 Lcm (13,54%). Pembentukan lumpur ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik batuan Formasi Tanjung, khususnya *mudstone* dan *sandstone* yang belum terkompaksi sempurna, sehingga mudah tererosi dan terurai dalam kondisi jenuh air (kurang dari 10 jam setelah terendam) hasil erosi ini kemudian tertransportasi dan diendapkan di area *sump*, dengan jumlah volume seluruh lumpur.

Kata kunci: Lumpur pertambangan; asal-usul material; *catchment area*; Formasi Tanjung

How to Cite: Suhada, A., Hartono, H.G., dan Budiadi, E. 2025. Integrasi Analisis Geologi dan Hidrologi untuk Penyelidikan Asal Lumpur Penambangan Batubara di Formasi Tanjung Desa Mangkalapi Kecamatan Teluk Kepayang Tanah Bumbu Kalimantan Selatan. Jurnal Geomine, 13 (3): 245-259.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submit August 20, 2025

Received in from September 29, 2025

Accepted November 30, 2025

Lisensec By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



ABSTRACT

The operational process of coal mining, especially during the pit finalization stage, often experiences technical problems due to massive sludge accumulation at the lowest elevation points. This condition not only disrupts material transportation activities but also risks causing coal reserve losses that result in very significant financial losses. This study aims to identify the source of sludge covering coal at Sump Sinai, Pit GH. The methods applied in this research include geological analysis through lithology determination in the catchment area, hydrological analysis with flow pattern engineering, as well as volumetric calculations using software. Based on research findings, mining sludge has a volume of 171,792.00 Lcm, calculated based on the pump's final capacity to pump the existing water. The sludge consists of a mixture of fine material (clay and silt) with water, and originates from three main sources: disposal material (piles) of 79,987.09 Lcm (46.56%), exposed in-situ material of 68,538.53 Lcm (39.90%), and alluvial material of 23,266.38 Lcm (13.54%). The formation of this sludge is strongly influenced by the characteristics of Tanjung Formation rocks, particularly mudstone and sandstone that are not perfectly compacted, making them easily eroded and decomposed in water-saturated conditions (less than 10 hours after submersion). The erosion results are then transported and deposited in the sump area, with the total volume of all sludge.

Keywords: Mud; origin of material; catchment area; Tanjung Formation

PENDAHULUAN

Batubara menjadi komoditas utama yang memberikan kontribusi besar terhadap devisa negara. Di tahun 2024, gabungan ekspor batubara dan lignit mencapai US\$ 37,7 miliar, di mana batubara merupakan penyumbang dominan. Secara rinci, batubara menyumbang US\$ 30,4 miliar dari 405 juta ton yang diekspor, sementara lignit menghasilkan US\$ 7,3 miliar dari total 151 juta ton ekspor. Negara-negara tujuan ekspor batubara Indonesia meliputi India, Tiongkok, Jepang, dan Korea Selatan. Mayoritas batubara yang dikirim ke luar negeri berasal dari tiga provinsi utama: Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan, serta Sumatra Selatan (BPS, 2025). Untuk mengoptimalkan eksploitasi batubara, diperlukan upaya konservasi batubara yang maksimal. Seluruh cadangan batubara yang masuk dalam kategori cadangan tertambang harus diambil secara menyeluruh. Namun, dalam kondisi lapangan yang sebenarnya, area finalisasi yang terletak di titik paling bawah sering tertutup oleh lumpur pertambangan dan air yang menumpuk akibat limpasan hujan. Hal ini dapat mengakibatkan batubara tidak dapat diambil seluruhnya. asal-usul lumpur penambangan sangat penting untuk diteliti karena hal ini menjadi landasan utama dalam menentukan seluruh strategi pengelolaan operasional tambang, khususnya pada fase finalisasi pit yang dapat berakibat tidak terambilnya batubara sehingga mengakibatkan kerugian.

Penelitian penelitian yang telah dilakukan dengan objek lumpur, erosi dan sedimentasi antara lain Krisnayanti dkk. (2018) tentang pendugaan erosi dan sedimentasi menggunakan metode USLE dan MUSLE pada Das Noel-Puames, Bambang Kun Cahyo, Lukman Hakim, Wijayanto & Agus Darmawan Adhi (2017) dimana pendugaan erosi menggunakan metode USLE dan MUSLE dengan mengukur laju erosi dan sedimentasi menggunakan parameter erosivitas hujan, erodibilitas tanah, kemiringan lereng, tanaman penutup lahan, dan tindakan konservasi tanah, sehingga mendapatkan nilai kehilangan tanah.

Pada daerah penambangan aktif memiliki perubahan lereng dan perubahan lapisan tanah yang terkena air hujan sangat dinamis sehingga penentuan nilai erodibilitas tanah sangat sulit dilakukan, selain itu area *sump* yang digunakan untuk titik akumulasi air akan selalu dipompa sehingga sedimen pada area *sump* yang aktif dipompa akan terkoreksi dengan air yang membawa sedimen dan terpompa oleh pompa tambang, dan lumpur yang tidak dapat dipompa dapat dihitung volumenya menggunakan data survei sehingga penelitian ini

menggunakan pendekatan asal lumpur pada daerah penelitian menggunakan determinasi geologi dan rasio luasan area tangkapan hujan dibandingkan dengan volume lumpur yang ada di area *sump*.

Geologi Regional Daerah Penelitian

Cekungan Asem-Asem (atau Cekungan Asam-Asam menurut beberapa literatur) merupakan cekungan yang berada di kawasan tenggara Provinsi Kalimantan Selatan. Secara geografis, cekungan ini dibatasi oleh Laut Jawa pada sisi selatan dan timur, Pegunungan Meratus di bagian barat, serta Cekungan Kutai di bagian utara. Berdasarkan klasifikasi geologi regional, Cekungan Asem-Asem termasuk sebagai sub cekungan dari Cekungan Barito (Supandi & Hartono, 2020). Pada Cekungan Asam-asam terdiri dari beberapa formasi salah satunya adalah formasi tanjung yang memiliki batubara, formasi ini menjadi objek penelitian yang akan dibahas

Formasi Tanjung

Formasi Tanjung merupakan satuan batuan yang terendapkan pada lingkungan transisi paralis hingga laut dangkal (neritik) dengan ketebalan berkisar antara 900 hingga 1.100 meter. Karakter litologinya dicirikan oleh perselingan konglomerat, batulempung, batulanau, dan batupasir, serta adanya sisipan lapisan batubara. Satuan ini menutupi batuan Pra-Tersier secara tidak selaras (Rustandi et al., 1995).

Lumpur Penambangan

Lumpur penambangan merupakan material berbutir halus yang didominasi oleh fraksi lempung dan lanau yang bercampur dengan air, serta terbentuk sebagai produk sampingan dari berbagai aktivitas penambangan, khususnya selama proses penggalian. Pembentukan lumpur dipengaruhi oleh erosi akibat air hujan pada saat pembukaan lahan, kegiatan pengupasan lapisan penutup (*overburden*), proses penggalian dan pengolahan material, serta aliran air hujan yang melarutkan dan mengangkut partikel-partikel halus dari batuan. Selain itu, pembuangan *tailing* atau limbah cair dari fasilitas pengolahan juga dapat menjadi sumber terbentuknya lumpur.

Pada area *sump*, lumpur terbentuk melalui proses pengendapan material hasil erosi yang berasal dari dinding tambang, jalan angkut, dan seluruh daerah tangkapan air hujan (*catchment area*) yang mengalir menuju tambang. Air yang terkumpul di area ini mengendapkan material berukuran halus, terutama lempung dan lanau, sehingga terjadi akumulasi sedimen pada dasar *sump*. Keberadaan lumpur yang bercampur dengan air dapat menimbulkan permasalahan operasional karena sifatnya yang memiliki viskositas relatif tinggi. Kondisi ini menyebabkan pompa konvensional kurang efektif untuk memindahkan material tersebut. Oleh karena itu, diperlukan metode penanganan dan pemindahan lumpur yang sesuai agar material dapat dieliminasi secara efektif dengan biaya operasional yang tetap efisien.

Catchment Area

Untuk mengetahui luasan *catchment area* dilakukan dengan menggunakan acuan peta topografi maupun dapat dilakukan secara langsung di lapangan dengan pengukuran data survei dan deliniasi menggunakan *software* seperti *Global Mapper*, *Minescape 2023* dan *Arcgis*

Air Limpasan

Air limpasan merupakan air hujan yang tidak terserap ke dalam tanah dan mengalir melalui permukaan setelah hujan terjadi. Air ini berpotensi mengisi area tambang yang sedang dalam tahap penyelesaian. Volume air limpasan yang masuk ke dalam lubang tambang (*pit*) dapat dihitung menggunakan rumus rasional berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Keterangan:

Q = Debit limpasan permukaan (m³/jam)

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan air hujan (m²)

Adapun untuk menentukan debit puncak air limpasan, dapat menggunakan rumus berikut:

$$Q = C \times I \times A$$

Semua variabel pada rumus ini memiliki definisi yang sama dengan rumus sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pengambilan data topografi seluruh area penambangan menggunakan alat survei berupa *total station* dengan jumlah titik hingga mencapai 1000 titik dalam setiap kemajuan tambang yang akan selalu di *update* dalam setiap minggu, kemudian dilakukan pengambilan elevasi lumpur terakhir yang tersisa setelah dipompa sebagai *top* elevasi untuk perhitungan, *bottom* perhitungan menggunakan situasi terakhir yang diambil pada saat area belum tergenang oleh air dan lumpur seluruh data yang digunakan adalah data yang didapatkan dari lapangan. Setelah itu dilakukan perhitungan jumlah lumpur sebagai volume lumpur terakhir.

Selain data lapangan yang telah diambil kemudian dilakukan analisa di dalam *work station* untuk menentukan pola aliran air hujan yang masuk ke dalam pit dengan mendeliniasi *catchment area* menggunakan *Software Minescape 2023*, analisa *catchment area* yang dilakukan adalah dengan menyambungkan tinggian yang berada di sekitar pit dengan menggunakan data situasi kemajuan tambang yang diambil berkala setiap minggu.

Data – data geologi yang didapat adalah data geologi dari pihak lain yang telah melakukan eksplorasi pada area penelitian, data ini berupa data digital hasil logging lubang bor dan data deskripsi dari geologis lapangan, untuk mengetahui karakteristik litologi saat terguyur hujan dan mengakibatkan pembentukan lumpur dilakukan dengan pendekatan uji rendam pada setiap litologi yang terdeskripsi pada lubang bor.

Dalam menganalisa asal lumpur penambangan dilakukan dengan mendeliniasi *catchment area* dan membagi *catchment area* menjadi beberapa area yang ada di dalam tambang, setiap *catchment area* ini dideterminasi secara geologi sehingga didapatkan area yang berpotensi menjadi asal lumpur penambangan. Setelah dilakukan determinasi kemudian dilakukan deleniasi untuk mendapatkan area-area yang menjadi tangkapan hujan, kemudian dibandingkan setiap area yang menjadi tangkapan hujan untuk mendapatkan rasio pembentuk lumpur, rasio ini kemudian yang digunakan untuk mendeterminasi volume lumpur yang berasal dari bagian *catchment area* yang dideterminasi. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

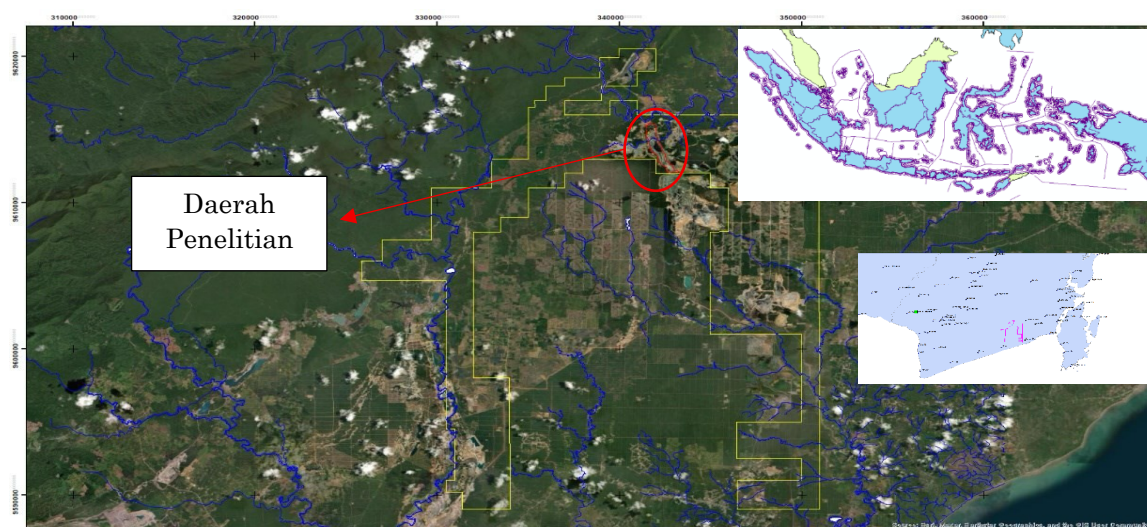


Gambar 1. Diagram Alir penelitian

HASIL PENELITIAN

Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Desa Mangkalapi, Kecamatan Teluk Kepayang, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan. Peta lokasi penelitian berada pada gambar 2.



Gambar 2. Daerah Penelitian

Morfologi

Daerah penelitian merupakan kawasan yang telah mengalami perubahan morfologi akibat aktivitas pertambangan. Elevasi terendah pada lokasi penelitian berada pada -30 mdpl, sedangkan elevasi tertinggi mencapai 50 mdpl. Sebelum kegiatan penambangan berlangsung, wilayah ini didominasi oleh morfologi dataran yang terbentuk melalui proses geomorfologi alami, terutama pelapukan akibat pengaruh cuaca serta proses fluvial yang dipengaruhi oleh aliran sungai.

Kegiatan penambangan telah menyebabkan perubahan morfologi yang signifikan. Penggunaan alat berat secara bertahap mengubah bentuk permukaan lahan hingga membentuk cekungan atau lembah dengan elevasi mencapai -30 mdpl. Dibandingkan dengan proses geomorfologi alami yang berlangsung dalam waktu relatif lama, aktivitas manusia melalui kegiatan pertambangan berlangsung jauh lebih cepat dan intensif sehingga menyebabkan perubahan bentuk muka bumi secara drastis di daerah penelitian. Faktor morfologi antropogenik ini mengakibatkan terkumpulnya air pada area *sump* sinai sebagai titik terendah. Kenampakan morfologi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Morfologi Daerah Penelitian

Litologi Daerah Penelitian

Litologi daerah penelitian didominasi oleh batulempung (*mudstone*), batupasir (*sandstone*), batubara, serta endapan aluvial yang tersusun atas material lepas. Batulempung memiliki warna abu-abu terang hingga abu-abu gelap, sedangkan batupasir umumnya berwarna abu-abu terang dengan ukuran butir sangat halus hingga halus serta mengandung mineral kuarsa. Endapan aluvial terdiri atas material berukuran kerikil hingga pasir sedang dengan tingkat sortasi yang relatif buruk. Pada bagian permukaan, litologi didominasi oleh pasir lepas berwarna kuning terang hingga putih yang merupakan hasil sedimentasi sungai aktif (*recent alluvial deposits*) serta dipengaruhi oleh aktivitas penambangan emas tanpa izin (PETI), yang menyebabkan redistribusi material permukaan.

Secara lateral, pada bagian utara daerah penelitian dijumpai hubungan kontak interfingering antara batupasir dan batulempung. Pola perlapisan tersebut menunjukkan adanya perubahan fasies secara lateral yang mencerminkan fluktuasi energi pengendapan selama proses sedimentasi berlangsung. Kondisi ini mengindikasikan bahwa lingkungan pengendapan dikontrol oleh sistem fluvial hingga delta plain, yang ditandai oleh pergantian litologi berbutir halus dan berbutir lebih kasar secara berulang.

Berdasarkan interpretasi data pemboran dan korelasi stratigrafi, urutan litologi daerah penelitian diawali oleh lapisan tanah penutup (*soil*) dengan ketebalan sekitar 4 m. Lapisan ini merupakan hasil pelapukan intensif terhadap batuan induk akibat proses pelapukan fisik,

kimia, dan biologis yang berlangsung dalam waktu yang relatif lama, sehingga sebagian besar karakteristik mineralogi, tekstur, dan struktur batuan asal telah mengalami perubahan.

Di bawah lapisan *soil* berkembang satuan batulempung berwarna abu-abu terang dengan ketebalan sekitar 7,20 m. Lapisan ini kemudian diikuti oleh batupasir berwarna abu-abu terang dengan ukuran butir sangat halus hingga halus yang didominasi oleh mineral kuarsa. Di bawahnya kembali dijumpai batulempung dengan ketebalan sekitar 10 m, yang selanjutnya diikuti oleh satuan batupasir dengan ketebalan sekitar 18 m. Lapisan batupasir ini merupakan satuan batupasir paling tebal pada daerah penelitian dan diperkirakan terbentuk pada lingkungan dengan energi pengendapan yang relatif lebih tinggi dibandingkan satuan batulempung di atas dan bawahnya.

Menjelang lapisan batubara utama berkembang perselingan tipis antara batulempung dan batupasir dengan ketebalan masing-masing sekitar 0,5 m. Perselingan tersebut menunjukkan adanya perubahan kondisi pengendapan yang bersifat siklik sebelum terbentuknya lingkungan rawa pembentuk batubara. Di bawah perselingan tersebut dijumpai lapisan batubara target dengan ketebalan sekitar 6,2 m.

Pada bagian bawah satuan batupasir dijumpai lapisan batubara tipis dengan ketebalan berkisar antara 0,5–0,7 m yang diidentifikasi sebagai Seam F. Lapisan batubara ini dipisahkan oleh *interburden* berupa batulempung berwarna abu-abu terang yang memiliki tingkat kompaksi lebih tinggi dibandingkan batulempung pada bagian atas. Kehadiran *interburden* tersebut menunjukkan adanya episode sedimentasi klastik yang menyela proses akumulasi material organik pembentuk batubara. Di bawah lapisan tersebut berkembang Seam G, yang merupakan seam batubara utama dengan ketebalan berkisar antara 5–10 m dan menjadi target utama kegiatan penambangan.

Secara geologi, kondisi litologi daerah penelitian terdiri atas batuan *in situ* yang masih berada pada area penambangan aktif (*pit*) dan material hasil pemindahan (*waste material*) yang ditempatkan pada area disposal di bagian selatan lokasi penelitian. Material disposal merupakan hasil pengupasan lapisan penutup (*overburden*) dan batuan pengapit batubara dari area yang telah selesai ditambang (*mine-out area*). Penempatan material dilakukan menggunakan metode *in-pit dumping*, yaitu mengembalikan material penutup ke dalam bukaan tambang yang telah habis cadangannya. Penerapan metode ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi operasional melalui pengurangan jarak angkut material, meminimalkan kebutuhan lahan disposal eksternal, serta mendukung upaya reklamasi dan penataan lahan pascatambang sesuai dengan prinsip *good mining practice*.

Karakteristik Batuan Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil uji perendaman (*slaking test*) atau pengujian pada kondisi jenuh air, seluruh material penyusun daerah penelitian menunjukkan tingkat ketahanan yang relatif rendah terhadap pengaruh air. Semua sampel mengalami proses disintegrasi hingga berubah menjadi material lepas setelah direndam, dengan waktu penghancuran yang bervariasi. Secara umum, seluruh material mengalami disintegrasi sempurna dalam waktu kurang dari 10 jam dan menghasilkan endapan sedimen pada dasar media perendaman.

Perilaku tersebut menunjukkan bahwa batuan di daerah penelitian memiliki durabilitas yang rendah terhadap siklus pembasahan. Kondisi ini dipengaruhi oleh dominasi litologi batupasir yang memiliki tingkat sementasi rendah serta batulempung yang belum mengalami kompaksi dan diagenesis secara optimal. Akibatnya, ikatan antarbutir menjadi lemah sehingga infiltrasi air dengan mudah menurunkan kekuatan material dan menyebabkan terjadinya disintegrasi menjadi partikel-partikel lepas.

Pada litologi batupasir masih dijumpai fragmen-fragmen batuan yang memiliki tingkat sementasi lebih baik dibandingkan massa batuan di sekitarnya. Fragmen tersebut menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi terhadap proses perendaman dan tidak mengalami disintegrasi meskipun telah direndam selama tujuh hari. Keberadaan fragmen yang lebih

resisten ini mengindikasikan adanya variasi lokal dalam tingkat sementasi dan diagenesis batupasir, sehingga menghasilkan heterogenitas sifat fisik dan mekanik batuan pada daerah penelitian.

Hasil uji perendaman tersebut mengindikasikan bahwa sebagian besar material penyusun lereng memiliki potensi menjadi *source lumpur*. Dalam uji ini menggambarkan material jika terkena hujan akan mengalami pelunakan (*softening*), erosi internal, serta pembentukan material lumpur (*slaking*), yang pada akhirnya setelah mengalami transportasi oleh air hujan akan mengakibatkan berkumpulnya lumpur pada area *Sump Sinai*.

Volume Lumpur Pada *Sump Sinai*

Perhitungan volume lumpur dilakukan menggunakan metode perbandingan dua permukaan (*surface to surface*) dengan memanfaatkan data topografi sebagai batas bawah (*base surface*) dan elevasi maksimum operasional pemompaan sebagai batas atas (*top surface*). Batas atas lumpur ditentukan berdasarkan elevasi terakhir saat pompa tidak mampu mengalirkan air secara efektif, sedangkan batas bawah menggunakan data topografi hasil survei terbaru. Pompa yang digunakan dalam kegiatan pemindahan lumpur adalah pompa tipe HH200, yang berdasarkan spesifikasi teknis memiliki batas maksimum *Specific Gravity* (SG) slurry sebesar 1,05. Nilai tersebut digunakan sebagai parameter untuk menentukan batas kemampuan pompa dalam mengangkut material lumpur.

Data topografi yang digunakan sebagai dasar perhitungan merupakan hasil survei progres tanggal 6 Agustus 2024. Berdasarkan data tersebut, elevasi dasar daerah penelitian berada pada kisaran -20 hingga -25 mdpl, sedangkan elevasi maksimum lumpur yang masih dapat dipompa berada pada -15,5 mdpl. Pada elevasi tersebut, konsentrasi lumpur telah mencapai kondisi di mana nilai *Specific Gravity* (SG) melebihi 1,05, sehingga pompa tidak lagi mampu melakukan pemompaan secara efektif.

Perhitungan volume dilakukan menggunakan perangkat lunak *Minescape* 2023 dengan membandingkan kedua permukaan tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa volume lumpur yang terakumulasi pada daerah penelitian mencapai 171.792 LCM. Nilai ini merepresentasikan total volume material lumpur yang berada di antara permukaan topografi existing dan elevasi maksimum operasional pemompaan.

Metode ini memberikan estimasi volume lumpur yang realistis terhadap kondisi operasional di lapangan karena mempertimbangkan keterbatasan kapasitas pompa dalam memindahkan air dengan konsentrasi padatan tertentu. Dengan demikian, volume sebesar 171.792 LCM merupakan volume lumpur yang secara operasional memerlukan penanganan menggunakan metode selain pemompaan dengan pompa yang ada, mengingat karakteristik material telah melampaui batas kemampuan pompa berdasarkan nilai *Specific Gravity* yang direkomendasikan oleh pabrik.

Intensitas Hujan

Intensitas hujan yang digunakan dalam perencanaan sistem pengendalian air pada penelitian ini diperoleh dari data yang diterbitkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data tersebut berasal dari pengamatan meteorologi yang dilakukan secara rutin pada wilayah penelitian dan telah diolah sesuai dengan standar yang berlaku. Selanjutnya, hasil pengolahan data tersebut didistribusikan kepada PT Cipta Kridatama sebagai kontraktor jasa pertambangan yang beroperasi di lokasi penelitian untuk digunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan evaluasi kegiatan operasional tambang.

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data curah hujan bulanan yang telah disepakati sebagai data resmi oleh pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) dan perusahaan jasa pertambangan. Penggunaan data tersebut bertujuan untuk memastikan konsistensi dalam perencanaan teknis, khususnya dalam analisis neraca air, estimasi debit limpasan, serta perancangan kapasitas sistem penyaliran tambang. Dengan

menggunakan sumber data yang sama, hasil analisis diharapkan memiliki tingkat representativitas yang tinggi terhadap kondisi hidrologi aktual di daerah penelitian serta dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan teknis yang terintegrasi. Data hujan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Curah Hujan Yang Disepakati Tahun 2024

No	Bulan 2024	Intensitas Hujan (mm)	Jam Hujan (Jam)
1.	Januari	237,712	166,3773
2.	Februari	216,53	97,4633
3.	Maret	230,868	101,6653
4.	Apri	206,94	93,99653
5.	Mei	200,02	83,608
6.	Juni	201,24	89,54667
7.	Juli	184,72	81,14467
8.	Agustus	145,48	67,4933
9.	September	128,15	56,5533
10	Oktober	56,53	80,02733

Erosivitas hujan Bulanan

Tabel 2. Erosivitas Hujan Bulanan Daerah Penelitian

No	Bulan	Intensitas Hujan	Rm
1.	Januari	237,712	376,55
2.	Februari	216,53	331,66
3.	Maret	230,868	361,88
4.	Apri	206,94	311,85
5.	Mei	200,02	297,75
6.	Juni	201,24	300,22
7.	Juli	184,72	267,21
8.	Agustus	145,48	193,11
9.	September	128,15	162,51
10	Oktober	56,53	53,39

Nilai Perkiraan Besarnya Erosi

Besaran nilai perkiraan erosi area setiap satuan dimasukkan dalam rumus USLE dengan persamaan :

$$A = R.K.LS.C.P$$

Dengan,

A adalah Tanah yang tererosi (Ton/Ha/waktu)

R adalah Erosivitas Hujan (KJ/ha)

K adalah Erodibilitas tanah (Ton/KJ)

LS adalah panjang dan kemiringan lereng

C adalah Tanaman penutup (area penelitian tidak memiliki Vegetasi)

P adalah Faktor tindak konservasi tanah

Area Disposol

Tabel 3. Perkiraan Besarnya Erosi Area Disposal

No	Bulan	Area	R	K*	LS**	C	P***	A
1.	Januari	Disposal	376,55	3,36	1,4	1	1	1.771,29
2.	Februari	Disposal	331,66	3,36	1,4	1	1	1.560,13
3.	Maret	Disposal	361,88	3,36	1,4	1	1	1.702,28
4.	Apri	Disposal	311,85	3,36	1,4	1	1	1.466,94
5.	Mei	Disposal	297,75	3,36	1,4	1	1	1.400,62

6.	Juni	Disposal	300,22	3,36	1,4	1	1	1.412,23
7.	Juli	Disposal	267,21	3,36	1,4	1	1	1.256,96
8.	Agustus	Disposal	193,11	3,36	1,4	1	1	908,39
9.	September	Disposal	162,51	3,36	1,4	1	1	764,45
10	Oktober	Disposal	53,39	3,36	1,4	1	1	251,15
Total								12.494,44

NB : *Nilai K berdasarkan literatur Anapah Dkk (2025)

** Nilai LS berdasarkan kajian overall slope 5,15° atau 9,1%

***Nilai P tindakan konservasi tidak terdapat tindakan karena area masih aktif *Dumping* sehingga *Bench* dan *Slope* belum terbentuk

Area Aluvium

Tabel 4. Perkiraan Besarnya Erosi Aluvial

No	Bulan	Area	R	K*	LS**	C	P***	A
1.	Januari	Disposal	376,55	0,47	0,4	1	1	70,7914
2.	Februari	Disposal	331,66	0,47	0,4	1	1	62,35208
3.	Maret	Disposal	361,88	0,47	0,4	1	1	68,03344
4.	Apri	Disposal	311,85	0,47	0,4	1	1	58,6278
5.	Mei	Disposal	297,75	0,47	0,4	1	1	55,977
6.	Juni	Disposal	300,22	0,47	0,4	1	1	56,44136
7.	Juli	Disposal	267,21	0,47	0,4	1	1	50,23548
8.	Agustus	Disposal	193,11	0,47	0,4	1	1	36,30468
9.	September	Disposal	162,51	0,47	0,4	1	1	30,55188
10	Oktober	Disposal	53,39	0,47	0,4	1	1	10,03732
Total								499,35

NB: *Nilai K berdasarkan Literatur Anapah Dkk (2025)

** Nilai LS berdasarkan kajian *overall slope actual* sangat landai dengan persen lereng 0-8%

***Nilai P tindakan konservasi tidak terdapat tindakan karena area merupakan area original tidak terganggu

Area PIT (insitu)

Tabel 5. Perkiraan Besarnya Erosi Area Pit (insitu)

No	Bulan	Area	R	K	LS	C	P	A
1.	Januari	Disposal	376,55	6,46	3,1	1	0,04	301,63
2.	Februari	Disposal	331,66	6,46	3,1	1	0,04	265,67
3.	Maret	Disposal	361,88	6,46	3,1	1	0,04	289,88
4.	Apri	Disposal	311,85	6,46	3,1	1	0,04	249,80
5.	Mei	Disposal	297,75	6,46	3,1	1	0,04	238,51
6.	Juni	Disposal	300,22	6,46	3,1	1	0,04	240,49
7.	Juli	Disposal	267,21	6,46	3,1	1	0,04	214,05
8.	Agustus	Disposal	193,11	6,46	3,1	1	0,04	154,69
9.	September	Disposal	162,51	6,46	3,1	1	0,04	130,18
10	Oktober	Disposal	53,39	6,46	3,1	1	0,04	42,77
Total								2.127,67

NB : *Nilai K berdasarkan Literatur Anapah Dkk (2025)

** Nilai LS berdasar *overall slope angel* 18,54° atau 33,54 %

***Nilai P tindakan konservasi tidak terdapat tindakan karena area merupakan area original tidak terganggu

Daerah Tangkapan Hujan

Daerah tangkapan hujan (*catchment area*) pada lokasi penelitian ditentukan melalui proses digitasi berdasarkan data survei topografi terkini. Delineasi daerah tangkapan

dilakukan dengan menghubungkan titik-titik elevasi tertinggi (*watershed divide*) yang membatasi arah aliran permukaan, sehingga diperoleh batas wilayah yang berkontribusi terhadap limpasan air menuju area penambangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa luas daerah tangkapan hujan yang berkontribusi terhadap *Sump* Sinai mencapai 101,77 ha, dengan pola aliran permukaan secara dominan mengarah ke dalam *sump* sebagai titik terendah pada daerah penelitian.

Pengelolaan aliran air permukaan dirancang untuk mengendalikan limpasan sehingga tidak mengganggu aktivitas penambangan. Air yang masuk ke dalam *sump* dikumpulkan sebagai pusat penampungan sementara sebelum dipompa keluar dari area tambang. Sistem pemompaan diterapkan untuk mempercepat proses *dewatering* pada area yang masih tergenang, khususnya pada lokasi yang belum mencapai kondisi *mine out*, sehingga *front* penambangan dapat segera dikeringkan dan diakses kembali oleh peralatan mekanis. Dengan demikian, kontinuitas operasi penambangan dapat tetap terjaga dan potensi kehilangan waktu produksi akibat genangan air dapat diminimalkan.

Infrastruktur *dewatering* pada daerah penelitian terdiri atas pompa dan jaringan pipa *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai media penyaluran air dari *sump* menuju lokasi pembuangan atau kolam pengendapan. Penempatan jaringan perpipaan dirancang dengan mempertimbangkan aspek keselamatan, efisiensi operasional, serta kemudahan pemeliharaan, sehingga tidak mengganggu jalur lalu lintas alat berat maupun aktivitas produksi yang sedang berlangsung.

Pengaturan pola aliran permukaan dilakukan melalui pembangunan sistem drainase tambang berupa paritan (*drainage ditch*) dan tanggul pengarah (*diversion bund*). Paritan berfungsi mengumpulkan dan mengalirkan limpasan menuju *sump*, sedangkan tanggul digunakan untuk mengarahkan aliran serta mencegah masuknya air dari daerah di luar area yang direncanakan. Kombinasi kedua infrastruktur tersebut memungkinkan distribusi aliran air permukaan menjadi lebih terkendali sehingga risiko genangan pada area kerja dapat dikurangi. Pembangunan paritan dan tanggul diprioritaskan pada lokasi-lokasi yang memiliki tingkat kepentingan operasional tinggi atau berpotensi menerima limpasan dalam jumlah besar, sehingga efektivitas sistem pengendalian air tambang dapat dioptimalkan. Daerah tangkapan hujan dapat kita lihat pada Gambar 4.

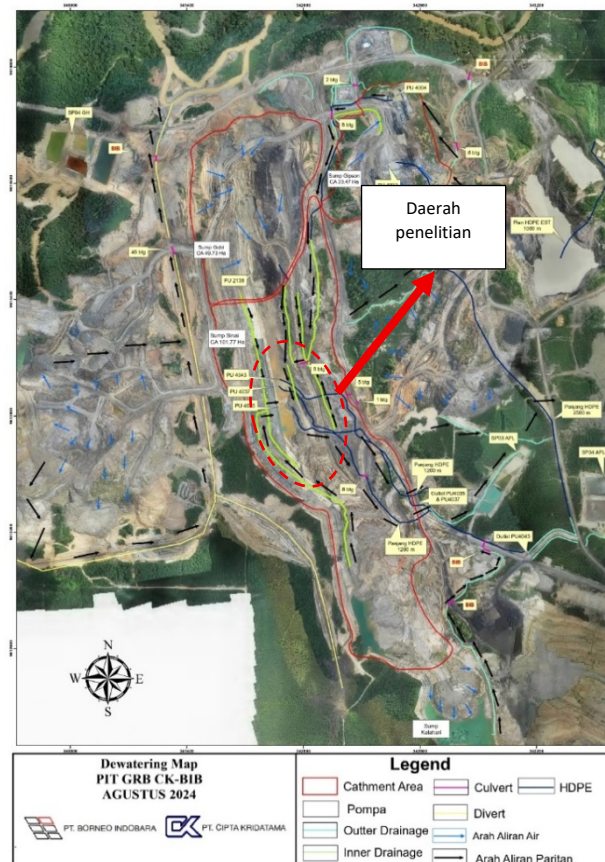
Asal Lumpur Penambangan

Lumpur di kawasan *Sump* Sinai dapat diidentifikasi melalui *overlay* antara peta geologi daerah penelitian dan peta pola aliran air yang menuju *Sump* Sinai. Selanjutnya, batas muka air rata-rata *Sump* Sinai ditentukan sebagai *accommodation space* bagi endapan lumpur. Sedimen berupa lumpur berasal dari proses erosi di area penelitian yang termasuk dalam daerah tangkapan *catchment area* *Sump* Sinai. Erosi tersebut terjadi akibat pelapukan batuan oleh faktor cuaca di kawasan tersebut. Material hasil erosi kemudian diangkut dan diendapkan oleh aliran air hujan.

Berdasarkan analisis kondisi geologi dan pola aliran air, *sediment supply* yang masuk ke *Sump* Sinai dikelompokkan ke dalam tiga kategori berikut:

1. Aluvium (area tidak terganggu)
2. Material insitu
3. Material hasil pembuangan (disposal material)

Dari ketiga kategori yang ada dapat dilihat pada Gambar 5.

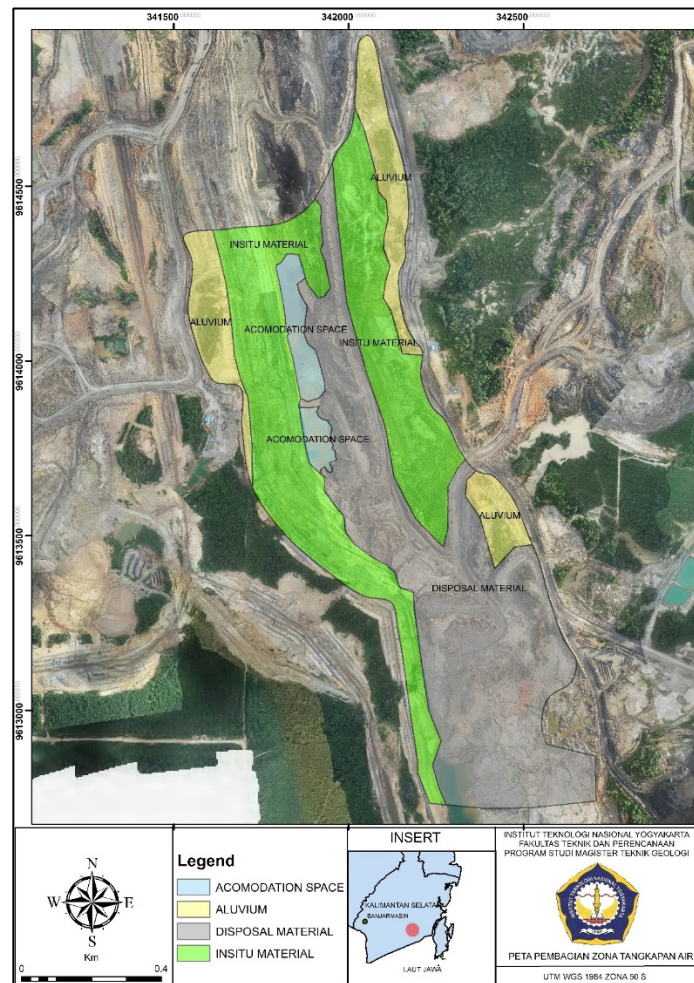


Gambar 4. Peta *Dewatering* Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil deliniasi terhadap keseluruhan *catchment area* yang mengalir menuju *Sump Sinai*, diperoleh total luas sebesar 101,7 Ha. Luas masing-masing kategori area tangkapan yang berkontribusi sebagai sumber sedimen (*sediment supply*) adalah sebagai berikut:

1. Aluvium: 13,26 Ha
2. Material insitu: 39,06 Ha
3. Material disposal: 45,58 Ha
4. Ruang akomodasi (accommodation space): 3,87 Ha

Dari hasil deliniasi tersebut, dapat dihitung proporsi masing-masing kategori sumber sedimen (aluvium, material insitu, dan material disposal) terhadap total luas *catchment area* yang diduga sebagai asal material lumpur hasil proses erosi yang terendapkan pada *accommodation space* berupa sump sinai, yaitu:



Gambar 5. Peta Pembagian Zona Tangkapan Air

Aluvium sebesar 13,54%, yang diperoleh dari perbandingan luas aluvium (13,26 Ha) terhadap total *catchment area* (101,7 Ha). Aluvium merupakan material lepas yang menempati bagian terluar dari area penelitian. Karena didominasi oleh material yang tidak kompak, aluvium sangat rentan tererosi sehingga menjadikannya salah satu sumber utama lumpur di area penelitian.

Material insitu sebesar 39,90%, diperoleh dari perbandingan luas material insitu (39,06 Ha) terhadap total *catchment area*. Material insitu adalah material yang tersingkap akibat aktivitas penambangan namun masih berada pada posisi aslinya (belum berpindah), dengan litologi penyusun yang sama dengan yang telah diuraikan pada sub bab litologi daerah penelitian sebelumnya.

Material disposal sebesar 46,56%, diperoleh dari perbandingan luas material disposal (45,58 Ha) terhadap total *catchment area*. Material disposal merupakan material hasil kegiatan penambangan yang telah dipindahkan dari lokasi asalnya (ex-situ), bersifat lepas, dan tercampur sehingga menjadi lebih homogen. Dibandingkan material insitu, material disposal memiliki sifat yang lebih lunak karena telah mengalami gangguan (*disturbance*), serta pada dasarnya berupa material timbunan yang sangat mudah tererosi dan mudah dilalui air (terinfiltrasi).

Berdasarkan proporsi luas tersebut, total volume lumpur hasil penambangan yang mencapai 171.792,00 Bcm dapat diuraikan menurut sumbernya sebagai berikut:

1. Aluvium: 23.266,38 Lcm
2. Material insitu: 68.538,53 Lcm

3. Material disposal: 79.987,09 Lcm

Lumpur yang perlu dipindahkan pada dasarnya berasal dari proses erosi. Hasil pengujian teknis menunjukkan bahwa karakteristik geologi serta kondisi hidrogeologi memberikan pengaruh besar terhadap terbentuknya lumpur maupun volumenya di area penambangan batubara (Pit GH). Penjelasan masing-masing faktor tersebut adalah sebagai berikut:

Pengaruh Karakteristik Geologi

Area penelitian didominasi oleh batulumpur (*mudstone*) dan batupasir (*sandstone*) yang bersifat tidak kompak, sehingga mudah hancur ketika terkena air hujan. Hasil uji rendam menunjukkan bahwa seluruh sampel batuan mengalami disintegrasi dan membentuk endapan dalam waktu kurang dari 10 jam setelah perendaman. Sumber-sumber lumpur tersebut berasal dari material aluvium yang bersifat lepas (13,54%), material insitu yang tersingkap (39,90%), serta material disposal yang homogen dan sangat mudah tererosi (46,56%). Dengan demikian, kondisi geologi berperan besar dalam menentukan sumber material pembentuk lumpur, khususnya melalui karakteristiknya yang mudah tererosi dan mudah hancur akibat air.

Pengaruh Kondisi Hidrogeologi

Kondisi hidrogeologi berfungsi sebagai media pembentuk sekaligus pengangkut material lumpur. Beberapa faktor hidrogeologi yang berpengaruh signifikan antara lain: luas area tangkapan air menuju *Sump* Sinai yang mencapai 101,77 Ha — semakin luas area tersebut, semakin besar pula volume air limpasan yang mampu mengikis permukaan batuan; aliran air hujan di permukaan yang berfungsi sebagai media transportasi partikel halus (lempung dan lanau) dari dinding tambang serta jalan tambang menuju titik terendah (*sump*); serta intensitas curah hujan dan kondisi cuaca yang turut memengaruhi besarnya limpasan permukaan, mengingat hampir seluruh sumber air yang masuk berasal dari air hujan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa karakteristik geologi dan kondisi hidrogeologi sama-sama memberikan pengaruh signifikan terhadap volume lumpur yang terbentuk di area penambangan.

KESIMPULAN

Faktor yang berpengaruh terhadap pembentukan lumpur pada area tambang adalah faktor karakteristik geologi dimana material merupakan material lepas dengan pembagian seluruh area, Sumber-sumber lumpur tersebut berasal dari material aluvium yang bersifat lepas (13,54%), material insitu yang tersingkap (39,90%), serta material disposal yang homogen dan sangat mudah tererosi (46,56%). Selain faktor geologi yang sangat berpengaruh adalah faktor kondisi hidrogeologi, dimana luas area tangkapan air menuju *Sump* Sinai yang mencapai 101,77 Ha — semakin luas area tersebut, semakin besar pula volume air limpasan yang mampu mengikis permukaan batuan; aliran air hujan di permukaan yang berfungsi sebagai media transportasi partikel halus (lempung dan lanau) dari dinding tambang serta jalan tambang menuju titik terendah (*sump*); serta intensitas curah hujan dan kondisi cuaca yang turut memengaruhi besarnya limpasan permukaan, mengingat hampir seluruh sumber air yang masuk berasal dari air hujan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih terhadap seluruh Staf dan anggota PT Cipta Kridatama Site BIB yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini, sleian itu terimakasih diucapkan kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah memberi ruang untuk berkembang dengan penelitian ini.

PUSTAKA

- Anapah C. D., Banunaek N., Metboki M., & Ahmad A., 2025, Perencanaan Teknik *Mine Dewatering* Pada Sump Pit Tempudo 4 PT Kalimantan Prima Persada di PT Indexim Coalindo Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur. Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL. Volume 13, No. 01 juni 2025 hal. 45-56
- Badan Pusat Statistik, 2025, Statistik Indonesia Tahun 2025. BPS-RI, Jakarta.
- Fahrudin Z. M., Saidy R. A., Mizwar A., & Badaruddin, 2023. EnviroSciencie Vol. 19, No. 3 Hal. 163-170
- Herawati A., Sutarno, Mujio, & Mahendra S.Y., 2022, Evaluasi Tingkat bahaya Erosi Beberapa Penggunaan Lahan di Kecamatan Sidoharjo, Wonogiri Jawa Tengah dengan Metode USLE (Universal Soil Loss Equation). Pedotropika : Jurnal Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan Vol. 8 No. 2 hal. 36-49
- Krisnayanti S. D., Udiana M. I., & Muskanan J. M., 2018, Pendugaan Erosi Dan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE dan MUSLE Pada Das Noel-Puames. Jurnal Teknik Sipil, Vol. VII, No. 2 hal. 143-154.
- Musakkir, Tjoneng A., & Syarif m. 2024, Menentukan Nilai Erodibilitas Tanah (K) Pada Jenis Tanah di Sub DAS Jenelata. Jurnal AGrotekMAS Vol. 5 No. 2, Hal. 203-2013
- Octaviani, H., & Har R., 2023, Kajian Teknis Sistem Mine Dewatering Dalam Upaya Penanganan Genangan Air Di Area Penambangan Pada Tambang Emas Bawah Tanah Level 7 Di Kabupaten Pesisir Selatan, provinsi Sumatera Barat. Jurnal Geosains dan teknologi Vol. 2 No. 2, Hal. 134-144.
- Pieters, P.E., Supriatna, S., and Gafoer, S. 1987, Geological Map of the Banjarmasin Quadrangle, Kalimantan. Geological Research and Development Centre (GRDC), Bandung.
- Reynolds, J.M. 1998. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Wiley and Sons.
- Rustandi, E., Nila E.S., Sayonto P., & Margono U., 1995, Peta Geologi Lembar Kota Baru, Kalimantan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Saputra, W.F., Komar S., & Abro A. 2024, Kajian Teknis Penanganan Lumpur (Mud handling) pada Main Sump Untuk Optimalisasi Pompa pada Pit Darma PT Ulina Nitra Tanjung Enim Sumatra Selatan, Sriwijaya University Institutional Repository. <https://repository.unsri.ac.id/140698/> diakses pada 02/Juli/2025.
- Sumarniasih, M. S., Trigunasih M. N., & Surbakti M., 2023. Penentuan Tingkat Erosi dan Perencanaan Konservasi lahan di Sub DAS Tlagawaja Kabupaten Karangasem Provinsi Bali. Agrotechnology Research Journal Vol. 7, No. 1 hal. 65-71
- Supandi., & Hartono H.G., 2020, Geomechanic Properties and Provenance Analysis of Quartz Sandstone From the Warukin Formation, Jurnal Geomate, Vol. 18, Issue 66. Hal 140-149.