Indonesian Research Journal on Education

e-ISSN: 2775 – 8672, p-ISSN: 2775 – 9482
Volume 5 Nomor 6 Tahun 2025
Halaman: 859 – 868

Web: https://irje.org/index.php/irje

RESEARCH ARTICLE

Mitigasi Pencemaran Air Limbah Tambang di Sungai Rapak Kanan, Kec. Kaliorang, Kab. Kutai Timur, Prov. Kalimantan Timur

Juni Rahmad Hasibuan[1], Boby Rahman[2], Linda Handayuni[3], Eri Barlian[4], Elsa Yuniarti[5]
Magister Ilmu Lingkungan, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Negeri Padang, Indonesia

rahmadhasibuan69@gmail.com[1]

Kata Kunci:
Air Limbah Tambang, Kapur (Caco₃), Ph, TSS, Mitigasi Pencemaran, Kutai Timur

Abstrak

Penelitian bertujuan menganalisis efektivitas penggunaan kapur ($CaCO_3$), proses penetralan air limbah tambang batubara di Kecamatan Kaliorang, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur. Permasalahan utama adalah rendahnya pH dan tingginya kadar TSS air limbah tambang berpotensi mencemari Sungai Rapak Kanan. Penelitian dilakukan secara observasional deskriptif-analitik dengan pendekatan kuantitatif melalui pengambilan data lapangan periode 1–30 September 2025 di beberapa titik monitoring (SP Akasia, SP Kasturi 4, Panel East, Sump T6). Data meliputi pH, TSS, dosis kapur, dan debit air, dianalisis menggunakan uji korelasi Spearman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara komposisi kapur dengan pH air keluaran bersifat positif sedang (r=0,494) di lokasi Kasturi 4, namun negatif sedang (r=-0,392) di Akasia 2. Hubungan antara komposisi kapur dan TSS menunjukkan korelasi positif sangat lemah dan tidak signifikan. Secara keseluruhan, tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara komposisi kapur, pH, dan TSS, mengindikasikan bahwa dosis kapur digunakan belum efektif meningkatkan kualitas air limbah tambang. Penelitian ini merekomendasikan optimalisasi dosis kapur, peningkatan desain kolam pengendapan, dan pengawasan berkala terhadap kualitas air untuk mitigasi pencemaran air tambang secara berkelanjutan.

Key Word:
Mine Wastewater, Lime (Caco₃), Ph, TSS, Pollution Mitigation, East Kutai

Abstract

This study aims to analyze the effectiveness of using lime ($CaCO_3$) in the neutralization process of coal mine wastewater in Kaliorang District, East Kutai Regency, East Kalimantan. The main problem identified is the low pH and high Total Suspended Solids (TSS) levels in the mine wastewater, which have the potential to contaminate the Rapak Kanan River. The research was conducted using a descriptive-analytic observational method with a quantitative approach through field data collection from September 1 to 30, 2025, at several monitoring points (SP Akasia, SP Kasturi 4, Panel East, and Sump T6). The collected data included pH, TSS, lime dosage, and water discharge, which were analyzed using the Spearman correlation test. The results showed that the relationship between lime composition and outlet pH was moderately positive (r = 0.494) at the Kasturi 4 site but moderately negative (r = -0.392) at Akasia 2. The correlation between lime composition and TSS was very weak and statistically insignificant. Overall, there was no significant relationship between lime composition, pH, and TSS, indicating that the applied lime dosage was not yet effective in improving the quality of mine wastewater. This study recommends optimizing lime dosage, improving sedimentation pond design, and conducting regular monitoring to support sustainable mitigation of mining wastewater pollution.

Copyright © 2025 Juni Rahmad Hasibuan, Boby Rahman, Linda Handayuni, Eri Barlian, Elsa Yuniarti
*This work is licensed under an **Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)***

PENDAHULUAN

Tambang batubara adalah salah satu sektor yang memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan ekonomi masyarakat sekitar. Akan tetapi selain dampak positif, tambang batubara menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, apabila tidak dilakukan pengelolaan dengan tepat. Isu lingkungan yang mencuat di area sekitar tambang batubara Kecamatan Karangan, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur adalah pencemaran air di Sungai Baay , diindikasikan akibat jebolnya kolam pengendapan milik PT Indexim Coalindo (Rian, 2024). Mencuatnya isu tersebut, timbul kekhawatiran masyarakat sekitar dengan kualitas air sungai Baay, sebagai sumber utama kebutuhan sehari-hari dan keberlanjutan ekosistem perairan.

Pencemaran air pada area sekitar tambang tersebut, telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Pasal 1 Ayat (2) menjelaskan bahwa perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah suatu tindakan sistematis dan terpadu dengan tujuan menjaga kelestarian fungsi lingkungan. Oleh sebab itu, pertambangan wajib memperhatikan prinsip-prinsip

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

ekosistem keberlanjutan sehingga tidak menimbulkan degradasi lingkungan. Selain undang – undang tersebut, peraturan terkait pengelolaan lingkungan di perkuat dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dengan menekankan pentingnya pencegahan pencemaran dan kerusakan lingkungan, termasuk pengelolaan air limbah tambang. Adanya peratutaran ini menegaskan tanggung jawab setiap perusahaan melakukan pemantauan, pengendalian, serta pelaporan secara berkala terhadap kualitas lingkungan di area operasi.

Sebagai acuan teknis, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2022 menetapkan Baku Mutu Air Limbah, harus dipenuhi oleh setiap kegiatan industri pertambangan. Dengan tujuan memastikan bahwa air limbah dibuang ke lingkungan tidak melebihi ambang batas yang berpotensi mencemari sumber air permukaan maupun air tanah.

Dengan mencuatnya kasus pencemaran air Sungai Baay di kawasan pertambanga , penting untuk meninjau upaya mitigasi pencemaran air dengan tujuan memastikan kesesuaian antara praktik pengelolaan lingkungan oleh perusahaan dan ketentuan perundang-undangan yang berlaku. Hal ini diharapkan dapat menjadi instrumen peningkatan pengawasan lingkungan dan perlindungan masyarakat terhadap risiko pencemaran air di sekitar area tambang.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kegiatan pertambangan mempunyai potensi besar mengakibatkan pencemaran air akibat kandungan logam berat dan air asam tambang yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan batubara. Adibrata et al. (2021) meneliti pencemaran logam berat (Pb dan Cu) di area tambang timah yang berdampak pada ekosistem perairan (a), Utami (2024) mengkaji pengendalian pencemaran sungai akibat pertambangan emas melalui upaya pengolahan limbah berkelanjutan (b), Suryadi (tanpa tahun) dan Saptawartono (tanpa tahun) menyoroti pengelolaan air asam tambang sebagai langkah penting dalam menekan laju pencemaran (c), Niza Desiana et al. (2022) serta Rahma Norfaeda & Kartini (2024/2025) mengembangkan metode bioadsorpsi dan biosorpsi menggunakan bahan alami seperti karbon aktif tempurung kelapa dan kulit langsat untuk menurunkan kadar logam berat Fe dan Mn dalam air tambang (d).

Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengendalian pencemaran air tambang dipengaruhi teknologi pengolahan, dosis bahan penetral, dan kondisi geokimia air tambang. Akan tetapi, studi-studi tersebut belum banyak menyoroti hubungan kuantitatif antara komposisi bahan netralisasi (kapur) dengan perubahan kualitas air (pH dan TSS) di lapangan nyata seperti di Kutai Timur.

Alasan Diadakannya Penelitian (Gap Analysis), Dari literatur dan kondisi lapangan, terdapat celah (gap) antara penelitian teknis terkait teknologi pengolahan limbah tambang dan implementasi mitigasi pencemaran air di lokasi tambang. Sekalipun dalam berbagai penelitian teknologi pengendalian air asam tambang telah dikembangkan, efektivitas penerapan metode tersebut terhadap perubahan parameter kualitas air (pH dan TSS) belum dievaluasi secara ilmiah di di area sungai Baay, khususnya di Kecamatan Karangan, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menguji hubungan antara komposisi kapur digunakan dalam proses penetralan dengan perubahan nilai pH dan TSS air limbah tambang di area tersebut.

Pertanyaan dan Tujuan Penelitian (State of the Art & Novelty) Penelitian ini berangkat dari pertanyaan utama: Bagaimana hubungan antara komposisi kapur dan perubahan nilai pH dan TSS air limbah tambang di area Kecamatan Karangan, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur ? (a), Apakah penambahan dosis kapur berpengaruh signifikan terhadap penurunan nilai TSS dan peningkatan pH air keluaran (outlet)? (b), Faktor-faktor apa yang dapat menjelaskan ketidaksesuaian hasil empiris dengan teori netralisasi kimia? (c).

Tujuan penelitian ini adalah untuk: Menganalisis efektivitas penambahan kapur dalam menetralkan air asam tambang berdasarkan data pH dan TSS yang diukur di lapangan (a), Mengidentifikasi hubungan statistik antara variabel kapur, debit air, dan kualitas air (melalui uji korelasi Spearman) (b) Memberikan masukan bagi upaya mitigasi dan pengelolaan air limbah tambang agar sesuai dengan baku mutu lingkungan (c).

METODE

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah observasional deskriptif-analitik dengan pendekatan kuantitatif. Peneliti dilakukan dengan mengamati kondisi lapangan dan menganalisis data monitoring kualitas air (pH, TSS), data teknis mitigasi (dosis kapur/komposisi kapur, debit), dan uji statistik untuk mengetahui hubungan antarvariabel.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah observasional deskriptif-analitik dengan pendekatan kuantitatif. Peneliti dilakukan dengan mengamati kondisi lapangan dan menganalisis data monitoring kualitas air (pH, TSS), data teknis mitigasi (dosis kapur/komposisi kapur, debit), dan uji statistik untuk mengetahui hubungan antarvariabel.

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Lokasi: Area pengolahan/penetralan air limbah tambang di Kecamatan Karangan, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur, terdiri dari titik monitoring: SP Akasia, SP Kasturi 4, Panel East, Sump T6 (Utara/Selatan), dan outlet/keluaran (sesuai peta water management perusahaan), Periode: Pengambilan Data dilakukan dari tanggal 01 September – 30 September 2025 dengan siklus pengambilan data monitoring 2 hari sekali.

Populasi data: Semua pengukuran kualitas air dan parameter operasional yang direkam di lokasi (pH inlet/outlet, TSS, dosis kapur, debit) pada periode monitoring, Sampel: Sampel diambil dari seluruh data monitoring 2 hari sekali pada periode 01–30 Sept 2025 di lokasi-lokasi monitoring utama (SP Akasia, SP Kasturi, Panel East, T6 Utara/Selatan, dsb.).

Variabel dependen: pH_out (nilai pH pada outlet), TSS_out (Total Suspended Solids pada outlet), Variabel independen: Komposisi/dosis kapur (kg atau kg/m³), Debit (m³/s atau m³/menit), pH_in (pH inlet), Variabel kontrol/pengganggu (dicatat): Suhu air (jika tersedia), waktu kontak kapur, kondisi cuaca/hujan (pengaruh runoff), dan indikator operasi sistem (mis. status pompa/sump).

Data Primer (lapangan), ; Pengukuran pH dan TSS pada inlet dan outlet, Pencatatan dosis kapur (kg) dan waktu penambahan pada setiap titik unit penetralan, Pencatatan debit pada saat pengambilan sampel (m³/s atau m³/menit), Sumber data primer berasal dari catatan monitoring operasional perusahaan

Data Sekunder ; Dokumen kebijakan dan regulasi (UU No.32/2009, PP No.22/2021, Permen LHK No.5/2022) untuk landasan hukum, Literatur ilmiah mengenai netralisasi AMD (acid mine drainage), teknologi pengolahan, dan studi serupa sebagai pembanding.

Metode Analisis Laboratorium / Instrumen pH: pH meter portable terkalibrasi (kalibrasi sebelum pengukuran menggunakan buffer pH 4, 7, 10), TSS: Pengukuran TSS menurut metode standar (filtrasi dan pengeringan pada 105°C), atau menggunakan turbidimeter dikalibrasi dan konversi sesuai standar laboratorium, Debit: Menggunakan data pompa/sensor debit perusahaan atau pengukuran lapangan (flowmeter) sesuai catatan., Pencatatan dosis kapur: dari catatan operator (kg per hari atau kg/m³).

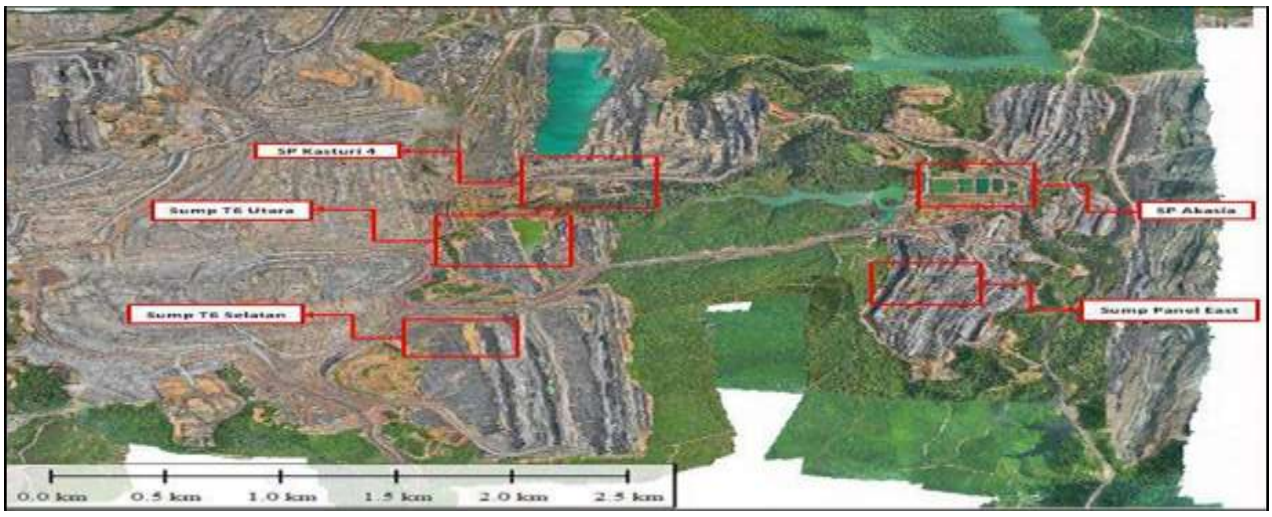
Pengolahan dan Analisis Data : Pra-pemrosesan, Pemeriksaan kelengkapan data dan pembersihan data (handling missing values — catat hari hilang; jika <10% missing, gunakan analisis pada data tersedia; bila >10%, pertimbangkan imputasi atau pemfilteran), Uji normalitas untuk setiap variabel (mis. Shapiro–Wilk). Jika data tidak memenuhi normalitas, gunakan metode non-parametrik.

Analisis Deskriptif : Statistik deskriptif (mean, median, min, max, standar deviasi) untuk pH_in, pH_out, TSS_in, TSS_out, dosis kapur, debit, Visualisasi: grafik waktu (time series) pH dan TSS, histogram, dan scatterplot dosis kapur vs pH_out / TSS_out.

Analisis Inferensial : Uji Korelasi Spearman: untuk menguji hubungan antara komposisi kapur dan pH_out, serta antara dosis kapur dan TSS_out, mengingat data monitoring sering tidak normal (sebagaimana tercatat pada dokumen yang menyatakan menggunakan Spearman). Level signifikansi $\alpha = 0{,}05$, Uji regresi non-parametrik atau regresi robust (mis. regresi kuantil atau transformasi) bila diperlukan untuk memperkirakan pengaruh dosis kapur dikendalikan oleh debit dan pH_in.

HASIL DAN PEMBHASAN

Lokasi Pengamatan Sumber Pencemaran Air Limbah Tambang. Berikut merupakan lokasi atau titik pengambilan sample.

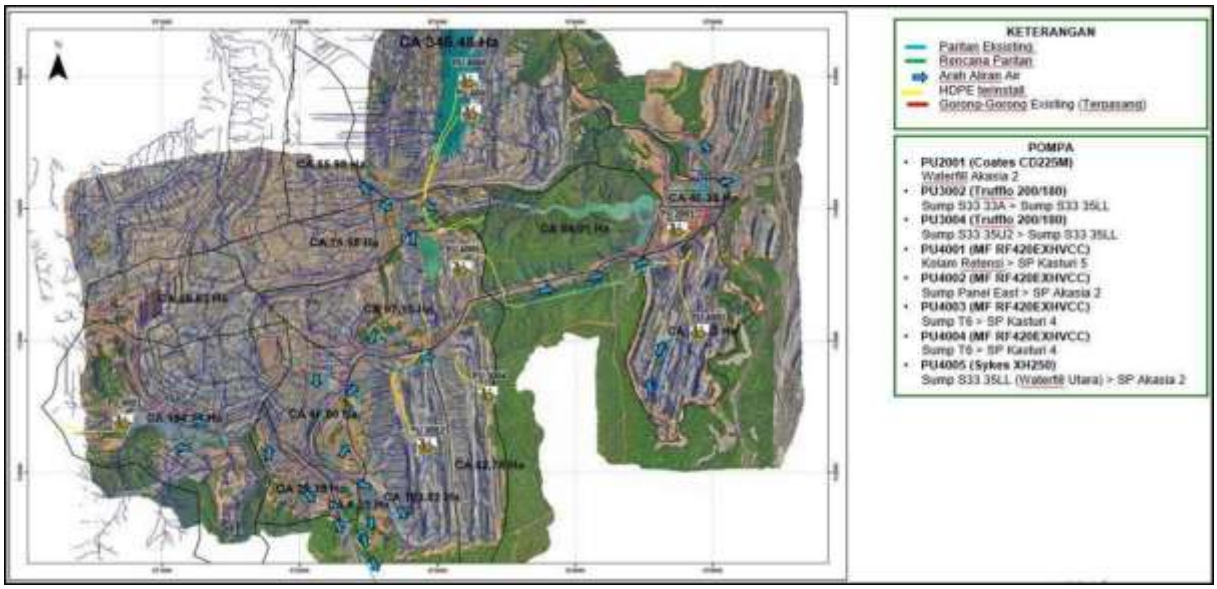


Gambar 1. Lokasi Titik Pengamatan
Sumber: Photo Drone PT Unggul Dinamika Utama, 07 Oktober 2025

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Pengambilan sample PH dan TSS, dilakukan di area potensi sumber pencemaran air, sump T6 selatan, sump T6 utara dan sump east. Selain itu dilakukan pengamatan pada area penetralan pada setpond akasia 2 dan setpond kasturi 4.

Berikut ini merupakan arah aliran air pada area pengamatan:



Sumber : Peta Water Management Week 41 2025 PT Unggul Dinamika Utama

Limbah air tambang terbentuk akibat dari proses oksidasi oleh air hujan terhadap kandungan sulfur pada material areal pengamatan secara alamiah. Air limbah tambang yang terbentuk di area T6 S33 selatan dan utara akan mengalir ke sump T6 dan mengalami proses akumulasi. Dari sump dialirkan ke akasi 2 melalui pemompaan PU 3002, PU 3004 dan PU 4002, air asam tambang yang berasal dari T6 Utara akan di transfer ke kasturi 4 melalui pemompaan PU 4004 dan PU 4003.

Berikut data hasil pengamatan pada area sumber pencemaran air



Gambar 2. Pengamatan TSS dan PH
Sumber: Dokumentasi Monitoring PHH, TSS Sump 11 Agustus 2025

Tabel 1. Data PH dan TSS Sumber pencemaran

Tanggal	Sump	pH	TSS (mg/l)
11/8/2025	Panel East	6.42	1000
	T6 Selatan	5.02	33
	T6 Utara	3.53	61

Sumber: Monitoring PHH, TSS Sump 11 Agustus 2025

Tabel 2. Data Monitoring PH dan TSS Setpond Kasturi 4

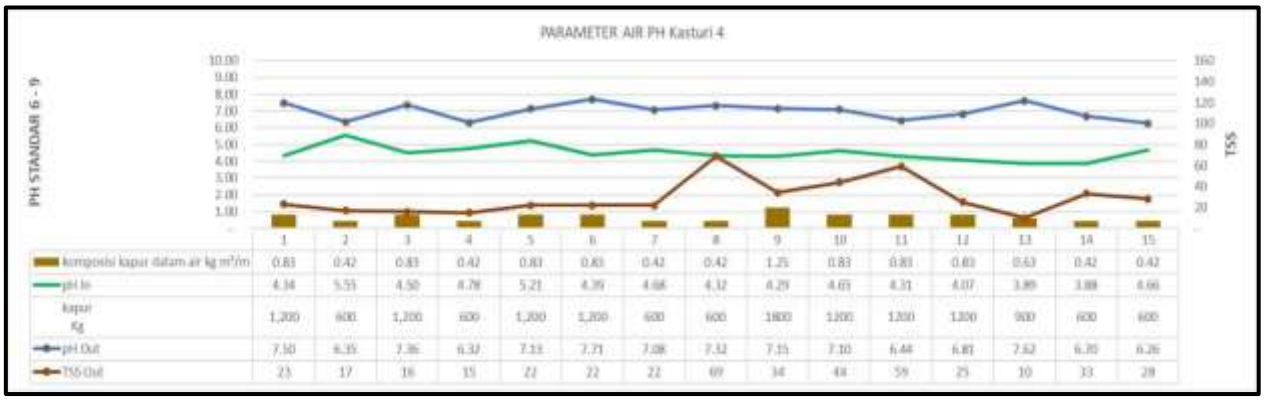
BAKU MUTU PH	INLET	Debit m³/s	Debit m³/s	kapur Kg	komposisi kapur	OUTLET

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Tanggal	MIN	MAX	pH In	TSS In		Debit m³/menit			komposisi kapur dalam air kg m³/D	dalam air kg m³/m	pH Out	TSS Out
9/1/2025	6	9	4.34	40	5859.0	4.07	0.07	1,200	0.0139	0.83	7.50	23
9/3/2025	6	9	5.55	26	5859.0	4.07	0.07	600	0.0069	0.42	6.35	17
9/5/2025	6	9	4.50	16	12005.22	8.34	0.14	1,200	0.0139	0.83	7.36	16
9/7/2025	6	9	4.78	15	12005.22	8.34	0.14	600	0.0069	0.42	6.32	15
9/9/2025	6	9	5.21	28	12005.22	8.34	0.14	1,200	0.0139	0.83	7.13	22
9/11/2025	6	9	4.39	27	2108.16	1.46	0.02	1,200	0.0139	0.83	7.71	22
9/13/2025	6	9	4.68	20	2108.16	1.46	0.02	600	0.0069	0.42	7.08	22
9/15/2025	6	9	4.32	37	2108.16	1.46	0.02	600	0.0069	0.42	7.32	69
9/17/2025	6	9	4.29	29	2108.16	1.46	0.02	1800	0.0208	1.25	7.15	34
9/19/2025	6	9	4.65	54	2108.16	1.46	0.02	1200	0.0139	0.83	7.10	44
9/21/2025	6	9	4.31	37	381.4	0.26	0.0044	1200	0.0139	0.83	6.44	59
9/23/2025	6	9	4.07	34	381.4	0.26	0.0044	1200	0.0139	0.83	6.81	25
9/25/2025	6	9	3.89	35	381.4	0.26	0.00	900	0.0104	0.63	7.62	10
9/27/2025	6	9	3.88	38	0412	0.00	0.00	600	0.0069	0.42	6.70	33
9/29/2025	6	9	4.66	44	0.41	0.00	0.00	600	0.0069	0.42	6.26	28

Sumber: Monitoring PHH, TSS Setpond Kasturi 4 Periode September 2025

Pengambilatan data PH dan TSS pada setpond kasturi 4 dilakukan setiap 2 hari sekali, sehingga di peroleh jumlah data pengamatan 15 data pengamatan.

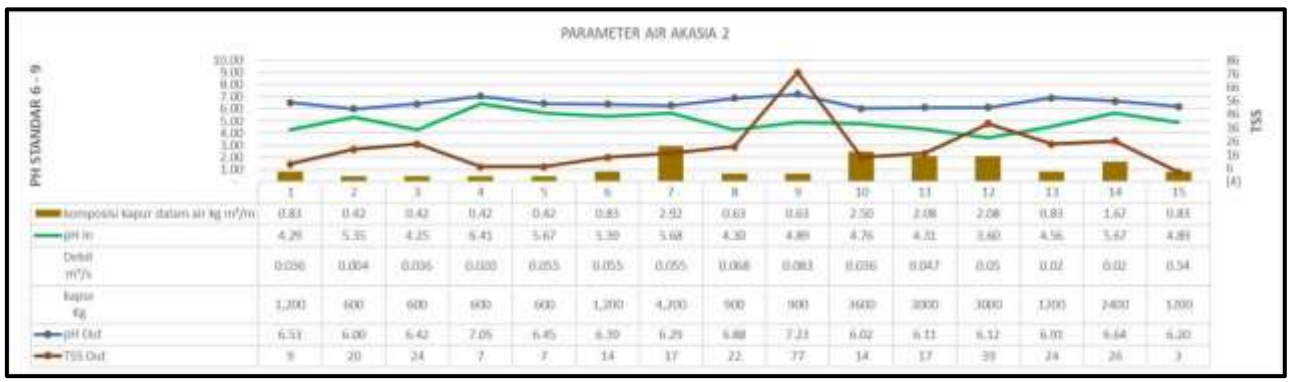


Grafik 1. Data Monitoring PH dan TSS Setpond Kasturi 4
Sumber: Monitoring PHH, TSS Setpond Kasturi 4 Periode September 2025

Tabel 3. *Data Monitoring PH dan TSS Setpond Akasia 2*

Tanggal	BAKU MUTU PH		INLET		Debit m³/day	Debit m³/menit	Debit m³/s	kapur Kg	komposisi kapur dalam air kg m³/D	komposisi kapur dalam air kg m³/m	OUTLET	
	MIN	MAX	pH In	TSS In							pH Out	TSS Out
9/1/2025	6	9	4.29	131	3075.8	2.14	0.036	1,200	0.0139	0.83	6.53	9
9/3/2025	6	9	5.35	126	381.4	0.26	0.004	600	0.0069	0.42	6.00	20
9/5/2025	6	9	4.25	60	3075.84	2.14	0.036	600	0.0069	0.42	6.42	24
9/7/2025	6	9	6.41	354	1762.56	1.22	0.020	600	0.0069	0.42	7.05	7
9/9/2025	6	9	5.67	19	4708.8	3.27	0.055	600	0.0069	0.42	6.45	7
9/11/2025	6	9	5.39	28	4708.8	3.27	0.055	1,200	0.0139	0.83	6.39	14
9/13/2025	6	9	5.68	255	4708.80	3.27	0.055	4,200	0.0486	2.92	6.29	17
9/15/2025	6	9	4.30	46	5858.97	4.07	0.068	900	0.0104	0.63	6.88	22
9/17/2025	6	9	4.89	324	7178.11	4.98	0.083	900	0.0104	0.63	7.23	77
9/19/2025	6	9	4.76	98	3075.84	2.14	0.036	3600	0.0417	2.50	6.02	14
9/21/2025	6	9	4.31	94	4078.8	2.83	0.047	3000	0.0347	2.08	6.11	17
9/23/2025	6	9	3.60	30	4078.8	2.83	0.05	3000	0.0347	2.08	6.12	39
9/25/2025	6	9	4.56	34	1762.56	1.22	0.02	1200	0.0139	0.83	6.91	24
9/27/2025	6	9	5.67	79	1762.56	1.22	0.02	2400	0.0278	1.67	6.64	26
9/29/2025	6	9	4.89	218	46828	32.52	0.54	1200	0.0139	0.83	6.20	3

Sumber : Monitoring PHH, TSS Setpond Kasturi 4 Periode September 2025



e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Sumber : Monitoring PHH, TSS Setpond Kasturi 4 Periode September 2025

Pengelolahan dan Pembahasan Data Pengamatan Hasil dari data monitoring PH dan TSS pada Outlet Setpond, dilakukan uji normalitas dan korelasi menggunakan instrument SPSS : Pengelolaan dan pembahasan data komposisi kapur,PH dan TSS Kasturi 4 (a).

Tabel 4. Test of Normality Komposisi Kapur PH dan TSS Kasturi 4

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Komposisi_Kapur	.259	15	.008	.798	15	.003
PH_Out	.174	15	.200*	.931	15	.285
TSS_Out	.202	15	.102	.855	15	.020

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Sumber : Uji Normalitas,Instrument SPSS

Dari hasil uji normalitas distribusi data komposisi kapur, PH dan TSS pada setpond kasturi 4 mempunyai nilai signifikansi < 0,514 (Nilai r signifikansi 5 % N 15), hal ini menunjukkan data berdistribusi tidak normal, maka metode uji korelasi yang di pilih adalah metode spearman.

Tabel 5. Correlations Komposisi Kapur PH dan TSS Kasturi 4

Correlations

			Komposisi_Kapur	PH_Out	TSS_Out
Spearman's rho	Komposisi_Kapur	Correlation Coefficient	1.000	.494	.172
		Sig. (2-tailed)	.	.061	.539
		N	15	15	15
	PH_Out	Correlation Coefficient	.494	1.000	-.143
		Sig. (2-tailed)	.061	.	.610
		N	15	15	15
	TSS_Out	Correlation Coefficient	.172	-.143	1.000
		Sig. (2-tailed)	.539	.610	.
		N	15	15	15

Sumber : Uji Correlations,Instrument SPSS

Komposisi Kapur dengan pH Out , nilai r = 0,494 menunjukkan arah hubungan positif sedang, artinya semakin besar komposisi kapur yang digunakan, pH air keluaran cenderung meningkat. Akan tetapi, nilai signifikansi 0,061 < 0,514 berarti hubungan ini tidak signifikan secara statistik, sehingga belum dapat dikatakan ada hubungan yang kuat atau pasti. Komposisi Kapur dengan TSS Out nilai r = 0,172 menunjukkan hubungan positif lemah, artinya peningkatan komposisi kapur tidak banyak berpengaruh terhadap kadar TSS dalam air keluaran. Nilai signifikansi 0,539 > 0,514 menunjukkan hubungan ini signifikan lemah. pH Out dengan TSS Out Nilai r = -0,143 berarti hubungan negatif lemah, menunjukkan bahwa kenaikan pH sedikit menurunkan TSS, tetapi karena 0,610 > 0,514 hubungan ini juga signifikan. Arah hubungan menunjukkan tren bahwa penambahan kapur dapat sedikit meningkatkan pH, namun efeknya tidak cukup kuat secara statistik serta terjadi peningkatan TSS sekalipun tidak cukup kuat secara statistik.

Pengelolaan dan pembahasan data komposisi kapur,PH dan TSS Akasia 2

Berikut ini pengelolaan dan pembahasan dari data monitoring yang dilakukan 2 hari sekali, di lakukan ujinormalitas menggunakan instrument SPP, sebagaimana berikut ini.

Tabel 6. Test of Normality Komposisi Kapur PH dan TSS Akasia 2

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Komposisi_Kapur	.320	15	.000	.816	15	.006
PH_Out	.134	15	.200*	.935	15	.320
TSS_Out	.264	15	.006	.760	15	.001

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber : Uji Normalitas,Instrument SPSS

Dari hasil uji normalitas distribusi data komposisi kapur, PH dan TSS pada setpond Akasia 2 mempunyai nilai signifikansi < 0,514 (Nilai r signifikansi 5 % N 15), hal ini menunjukkan data berdistribusi tidak normal, maka metode uji korelasi yang di pilih adalah metode spearman.

Tabel 7. Correlations Komposisi Kapur PH dan TSS Akasia 2

Correlations

			Komposisi_Kapur	PH_Out	TSS_Out
Spearman's rho	Komposisi_Kapur	Correlation Coefficient	1.000	-.392	.108
		Sig. (2-tailed)	.	.149	.702
		N	15	15	15
	PH_Out	Correlation Coefficient	-.392	1.000	.194
		Sig. (2-tailed)	.149	.	.489
		N	15	15	15
	TSS_Out	Correlation Coefficient	.108	.194	1.000
		Sig. (2-tailed)	.702	.489	.
		N	15	15	15

Sumber : Uji Normalitas,Instrument SPSS

Komposisi Kapur dengan pH Out , nilai koefisien korelasi r = -0.392 menunjukkan hubungan negatif sedang, artinya semakin tinggi komposisi kapur yang digunakan, pH air keluaran justru sedikit menurun. Akan tetapi, nilai signifikansi 0,149 < 0,514 menunjukkan bahwa hubungan ini tidak signifikan secara statistik. Dengan demikian, tidak ada bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa variasi komposisi kapur berpengaruh nyata terhadap pH air hasil keluaran.Komposisi Kapur dengan TSS Out, nilai koefisien korelasi r = 0.108 berarti terdapat hubungan positif sangat lemah, menunjukkan bahwa peningkatan komposisi kapur tidak banyak memengaruhi jumlah padatan tersuspensi (TSS). Dengan r = 0,702 > 0,514 hubungan ini sangat signifikan. Artinya, perubahan kadar TSS disebabkan oleh faktor penambahan CaCO3(Kapur). pH Out dan TSS Out, nilai r = 0.194 menunjukkan hubungan positif lemah, artinya peningkatan pH sedikit berkaitan dengan peningkatan nilai TSS, tetapi tidak signifikan (r = 0,489 <0,514). Hal ini mengindikasikan bahwa pH tidak memiliki pengaruh nyata terhadap perubahan kadar TSS.

Pengelolaan dan pembahasan data komposisi kapur,PH dan TSS

Berdasarkan hasil analisis pada dua tabel korelasi antara variabel komposisiKapur, pH Out, dan TSS Out, diperoleh gambaran bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan secara statistik (r hitung < 0,514) antara variabel-variabel tersebut pada kedua uji. Hubungan Komposisi Kapur dengan pH Out. Pada tabel pertama, hubungan bersifat positif sedang (r = 0,494), sedangkan pada tabel kedua, hubungan berubah menjadi negatif sedang (r = -0,392).

Perubahan arah ini menunjukkan bahwa pengaruh komposisi kapur terhadap pH air keluaran tidak konsisten, dan nilai signifikansi pada kedua tabel (r = 0,061 dan r= 0,149 < 0,514) tetap menunjukkan tidak signifikan. Penambahan atau pengurangan kapur belum memberikan pengaruh nyata terhadap perubahan pH air hasil pengolahan. Hubungan Komposisi Kapur dengan TSS Out. Kedua tabel menunjukkan nilai korelasi yang sangat lemah dan tidak signifikan (r = 0,172, p = 0,539 pada tabel pertama; r = 0,108, r = 0,702 pada tabel kedua). Ini menandakan bahwa komposisi kapur memiliki hubungan berarti dengan perubahan kadar padatan tersuspensi (TSS) dalam air keluaran. Hubungan pH Out dengan TSS Out. Nilai korelasi pada kedua tabel juga lemah dan tidak signifikan (r = -0,143, p = 0,610 pada tabel pertama; r = 0.194, p = 0.489 pada tabel kedua). Hal ini menunjukkan bahwa perubahan pH tidak berkorelasi nyata dengan perubahan kadar TSS, sehingga peningkatan atau penurunan pH tidak memengaruhi jumlah padatan tersuspensi secara langsung. Dapat disimpulkan dari distribusi data kedua area pengamatan idak ada hubungan yang signifikan antara komposisi kapur, pH, dan TSS hasil pengolahan. Arah korelasi yang berubah- ubah antar dua uji menunjukkan bahwa pengaruh kapur terhadap kualitas air belum stabil atau mungkin dipengaruhi oleh faktor lain di luar

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

variabel yang diuji. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kapur dalam kondisi percobaan ini belum memberikan efek nyata terhadap peningkatan kualitas air limbah/tambang, baik dilihat dari pH maupun TSS.

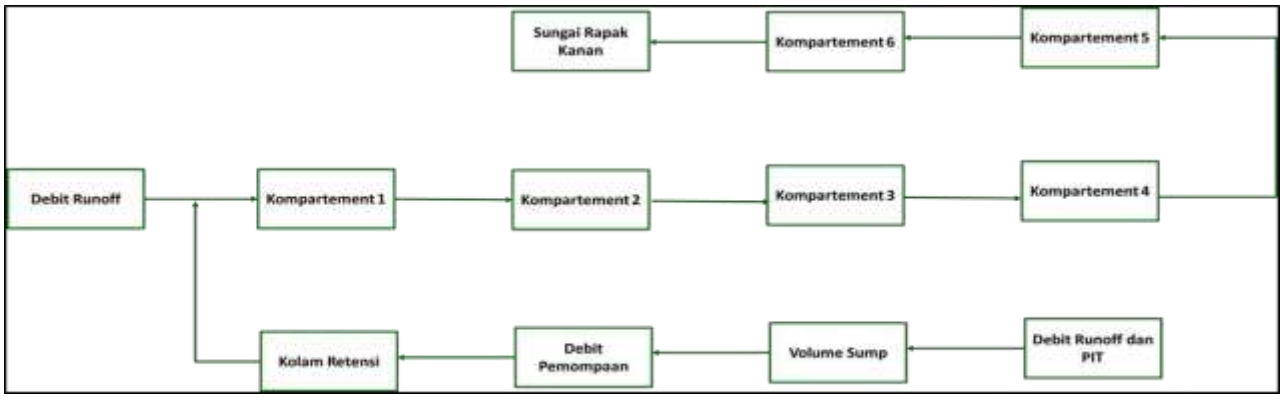
Mitigasi Pencemaran Air Limbah Tambang. Pada penelitian yang relevan dengan mitigasi pencemaran air limbah tambang, terdiri dari beberapa metode yang di terapakan, sebagaimana pada tabel di bawah ini:

Tabel 8. Metode Mitigasi Air Limbah Tambang

Judul	Penulis / Tahun	Fokus / Metode Mitigasi yang dibahas
Pengolahan Air Limbah Tambang Menggunakan Limbah Kulit Langsat: Penurunan Kadar Logam Total Fe dan Mn	Rahma Norfaeda & Kartini (2024/2025) (Jurnal FTI UMI)	Menggunakan biosorpsi dengan kulit buah langsat sebagai bahan penyerap logam berat (Fe, Mn) dari air limbah tambang.
Pengelolaan Air Limbah Tambang dengan Metode Bioadsorbsi Menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa	Niza Desiana, Ngatijo, Mohammad Ikrar Lagowa (2022) (Jurnal Tekmira)	Memanfaatkan karbon aktif dari tempurung kelapa sebagai bioadsorben untuk mengurangi parameter pencemar seperti Fe, Mn, TSS dari air limbah tambang.
Pengelolaan dan Pengendalian Air Asam Tambang pada Kegiatan Pertambangan Batubara	Saptawartono dkk. (E-Journal Universitas Palangka Raya)	Fokus pada pengelolaan air asam tambang (acid mine water), yaitu bagaimana mengendalikan pembentukan dan aliran air asam agar tidak mencemari sungai/perairan sekitarnya.
PENGELOLAAN AIR ASAM TAMBANG DARI DINDING BEKAS PENAMBANGAN SEBAGAI ALTERNATIF PENANGGULANGAN PENCEMARAN LINGKUNGAN: Studi Kasus Tambang Batu Hijau, Nusa Tenggara Barat	Muhammad Suryadi (Jurnal ITB)	Meneliti sumber air asam dari dinding bekas tambang dan bagaimana pengelolaannya sebagai alternatif mitigasi pencemaran.
Dampak Limbah Cair Hasil Pengolahan Emas Terhadap Kualitas Air Sungai dan Cara Mengurangi Dampak dengan Menggunakan Zeolit	Candra Agus, Sukandarrumidi, Djoko Wintolo (Jurnal UGM)	Menggunakan zeolit untuk mengurangi dampak limbah pengolahan emas yang menggunakan merkuri terhadap sungai.

Sumber: Review Artikel Mitigasi Air Limbah Tambang

Limbah air tambang adalah air lindihan ,rembesan yang mempunyai niali pH rendah dan TSS tinggi, limbah air tambang keluar ke sungai mengakibatkan pengasaman dan pengendapan mineral logam berbahaya untuk biota akuatik. Mengingat pentingnya untuk pencegahan kontaminasi sungai oleh limbah air tambang, maka penting untuk dilakukan penyusunan strategi pengendalian air limbah tambang. Penanggulan limbah air tambang dapat dilakukan dengan hal berikut ini : Mengefektifkan Sump, Air limbah yang berasal dari PIT di arahkan ke area sump, sehingga air limbah tidak langsung keluar ke Sungai dan akan dialirkan ke kolam pengendapan melalui bantuan pompa (1) Mengendalikan perpindahan limbah air tambang Untuk menghindari terjadinya limbah air tambang tercecer ke area luar pit, dilakukan pembentukan, saluran penirisan sepanjang sumber air limbah tambang (2), Menampung dan menetralkan air limbah tambang Sebelum air limbah tambang di keluarkan ke Sungai rapak kanan, dilakukan pengendapan terdahulu di, kolam retensi sebelum proses penetralan dilakukan pada settling pond (3), Pembentukan lapisan penutupan sumber air limbah tambang, Lapisan batubara pada dinding Highwall yang mengandung mineral sulfida mengakibatkan limbah air tambang, dilapisi dengan cover crop atau geomembrane, sehingga tidak terjadi proses oksidasi antara air dengan lapisan batubara (4).



Gambar 1. Flowchart Proses Netraslisasi TSS dan PH
Sumber: Pengamatan Netralisasi PH, TSS di Settling Pond September 2025

Pada area penelitian, proses penetralan limbah air tambang dilakukan dengan metode pemberian kapur(CaCo3) di settling pond, limbah air tambang yang berasal dari pit akan diakumulasikan di sump PIT terdahulu, pompa dari sump akan mentrasferkan air limbah tambang dari PIT ke area kolam

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

pengendapan(retensi), air limbah tambang akan mengalir melalui saluran paritan penghubung anatara kolam retensi dengan inlet settling pond. Air limbah tambang PIT dan air hujan yang area sekitar PIT, masuk ke kompartement 1, pada kompartement ini akan dilakukan proses pengendapan dan penambahan kapur (CaCo3), berdasarkan gaya gravitasi melalui pintu air dari kompartement 1 akan mengalir ke setiap kompartemen hingga kompartement 6, jika sudah memenuhi baku mutu nilai pH dan TSS maka akan dikeluarkan dari pintu air ke arah sungai rapak kanan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dilakukan beberapa titik monitoring (SP Akasia, SP Kasturi 4, Panel East, dan Sump T6), disimpulkan bahwa penggunaan kapur ($CaCO_3$) bahan penetral air limbah tambang batubara di Kecamatan Kaliorang belum menunjukkan efektivitas optimal. Hasil uji korelasi Spearman menunjukkan bahwa hubungan antara komposisi kapur dan pH air bersifat positif sedang pada lokasi Kasturi 4 (r = 0,494), namun negatif sedang pada lokasi Akasia 2 (r = –0,392). Sementara itu, hubungan antara komposisi kapur dan kadar Total Suspended Solids (TSS) tergolong sangat lemah dan tidak signifikan secara statistik. Temuan ini mengindikasikan bahwa dosis kapur digunakan saat penelitian belum mampu meningkatkan kualitas air limbah tambang hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Dengan demikian, hipotesis atau pertanyaan penelitian mengenai efektivitas kapur dalam menetralkan air limbah tambang belum sepenuhnya terbukti. Penelitian merekomendasikan agar dilakukan optimasi dosis kapur, perbaikan sistem kolam pengendapan, serta pemantauan kualitas air secara berkala untuk mencapai efektivitas penetralan dan mitigasi pencemaran air tambang yang berkelanjutan di wilayah Kaliorang.

DAFTAR REFERENSI

Adibrata, S., Yusuf, M., Irvani, I., & Firdaus, M. (2021). Contamination of Heavy Metals (Pb and Cu) at Tin Sea Mining Field and Its Impact to Marine Tourism and Fisheries. Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences, 26(2), 79–86. https://doi.org/10.14710/ik.ijms.26.2.79-86

Ahmad, N., Rahman, S., & Prasetyo, B. (2020). Analisis Kualitas Air dan Efektivitas Penambahan Kapur dalam Pengolahan Air Asam Tambang Batubara di Kalimantan Selatan. Jurnal Rekayasa Lingkungan, 18(3), 211–220. https://doi.org/10.29122/jrl.v18i3.3471

Azhari, M., & Hidayat, D. (2022). Efektivitas Kapur $CaCO_3$ terhadap Netralisasi Air Asam Tambang di Area Batubara. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, 18(1), 45–53. https://jurnal.tekmira.esdm.go.id/index.php/minerba/article/view/1350

Brown, J., & Smith, R. (2019). Neutralization of Acid Mine Drainage Using Calcium-Based Reagents: Mechanisms and Efficiency. Environmental Engineering Science, 36(4), 440–452. https://doi.org/10.1089/ees.2018.0481

https://doi.org/10.1089/ees.2018.0481

Moulatlet, G. M., Yacelga, N., Rico, A., Mora, A., Hauser-Davis, R. A., Cabrera, M., & Capparelli, M. V. (2023). A systematic review on metal contamination due to mining activities in the Amazon basin and associated environmental hazards. Chemosphere, 339, 139700.

https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139700.

Niza Desiana, Ngatijo, & Mohammad Ikrar Lagowa. (2022). Pengelolaan Air Limbah Tambang dengan Metode Bioadsorbsi Menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. Jurnal Tekmira. https://jurnal.tekmira.esdm.go.id/index.php/minerba/article/view/1175

Rahma Norfaeda, & Kartini. (2024/2025). Pengolahan Air Limbah Tambang Menggunakan Limbah Kulit Langsat: Penurunan Kadar Logam Total Fe dan Mn. Jurnal FTI UMI. https://jurnal.fti.umi.ac.id/index.php/JG/article/view/1235

Rian. (2024, Juli 27). Tanggapan PT Indexim Soal Pencemaran Sungai Baay. Divisi.id. https://divisi.id/tanggapan-pt-indexim-soal-pencemaran-sungai-baay/

Rumah Karya Bersama. (2025, 5 Oktober). Seorang Warga Kaliorang Dilaporkan atas Dugaan Pemortalan Jalur Perusahaan PT Indexim Coalindo. https://rumahkaryabersama.com/

Saptawartono, dkk. (tanpa tahun). Pengelolaan dan Pengendalian Air Asam Tambang pada Kegiatan Pertambangan Batubara. E-Journal Universitas Palangka Raya. https://e-journal.upr.ac.id/index.php/JTP/article/view/11440

Suryadi, M. (tanpa tahun). Pengelolaan Air Asam Tambang dari Dinding Bekas Penambangan sebagai Alternatif Penanggulangan Pencemaran Lingkungan: Studi Kasus Tambang Batu Hijau, Nusa Tenggara Barat. Jurnal ITB. https://journals.itb.ac.id/index.php/sostek/article/view/11564

Syafrudin, & Fadhilah, R. (2021). Kajian Pengendalian Pencemaran Air pada Kegiatan Pertambangan Batubara di Kalimantan Timur. Jurnal Lingkungan dan Pembangunan, 2(2), 122–134.

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Titiresmi, & Wulandari, A. (2020). Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara di Indonesia: Review dan Prospek. Jurnal Teknologi Mineral Indonesia, 26(1), 35–46.

Utami, M. P. P. (2024). Analysis of River Water Pollution Control Due to Activities Gold Mining: Causes, Impacts, and Effective and Sustainable Control Efforts. Journal of Clean Energy and Environmental Contamination (JCRECO), 2(1). https://doi.org/10.61511/jcreco.v2i1.1742

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Yuliani, E., & Hendra, R. (2023). Mitigasi Dampak Air Asam Tambang Terhadap Kualitas Air Permukaan dengan Sistem Kolam Pengendapan Bertingkat. Jurnal Rekayasa Hijau, 7(2), 98–107. https://doi.org/10.22441/jrh 2023.v7i2.004.