

## STUDI PENGELOLAAN AIR ASAM TAMBANG MENGGUNAKAN KAPUR TOHOR DI TAMBANG BATUBARA KECAMATAN PERANAP KABUPATEN INDRAGIRI HULU PROVINSI RIAU

Nur Azizah, Eka Onwardana dan Bonar Sari Monang Naibaho

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Sains dan Teknologi T.D Pardede Medan  
Jl. Dr. T.D Pardede NO. 8 Medan 20153, Sumatera Utara, Indonesia

Email: [nurazizah@gmail.com](mailto:nurazizah@gmail.com) [ekaonwardana@istp.ac.id](mailto:ekaonwardana@istp.ac.id), [naibaho.bonar@gmail.com](mailto:naibaho.bonar@gmail.com)

### ABSTRAK

Air asam tambang (AAT) merupakan salah satu dampak negatif utama dari kegiatan pertambangan batubara yang terbentuk akibat oksidasi mineral sulfida seperti pirit ( $FeS_2$ ) yang terpapar udara dan air. AAT bersifat sangat asam dan mengandung logam berat seperti besi (Fe) dan mangan (Mn), yang dapat mencemari lingkungan perairan. Penelitian ini dilakukan di Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) Pit 1 PT. Samantaka Batubara, Kecamatan Peranap, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau, dengan tujuan mengevaluasi efektivitas kapur tohor (CaO) dalam menetralkan pH, menurunkan kadar Total Suspended Solid (TSS), serta menurunkan kandungan logam Fe dan Mn pada AAT. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pengambilan sampel di tiga titik (inlet, tengah kolam, outlet) dan pemberian kapur tohor sebanyak 1,0 gram/liter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH meningkat dari 3,81–4,25 menjadi 7,12–7,42; TSS menurun dari 300–302 mg/l menjadi 100–102 mg/l; kandungan Fe turun dari 8–9 mg/l menjadi sekitar 0,81 mg/l, sementara kandungan Mn turun dari 6–7 mg/l menjadi sekitar 5,97 mg/l. Berdasarkan Permen LHK No. 5 Tahun 2022, parameter pH, TSS, dan Fe telah memenuhi baku mutu lingkungan, namun kadar Mn masih melebihi ambang batas. Dengan demikian, penggunaan kapur tohor terbukti efektif untuk menetralkan AAT, namun penurunan Mn memerlukan pendekatan tambahan atau pH lebih tinggi agar mencapai efisiensi optimal.

**Kata kunci:** Air Asam Tambang, Kapur Tohor, pH, TSS.

### ABSTRACT

*Acid mine drainage (AMD) is one of the major environmental impacts of coal mining activities, formed by the oxidation of sulfide minerals such as pyrite ( $FeS_2$ ) when exposed to air and water. AMD is highly acidic and contains heavy metals like iron (Fe) and manganese (Mn), which can pollute surrounding water bodies. This study was conducted at the Settling Pond (Kolam Pengendapan Lumpur - KPL) of Pit 1, PT. Samantaka Batubara, located in Peranap Subdistrict, Indragiri Hulu Regency, Riau*

Province. The objective was to evaluate the effectiveness of quicklime ( $CaO$ ) in neutralizing pH, reducing Total Suspended Solids (TSS), and decreasing concentrations of Fe and Mn in AMD. A quantitative approach was used, with samples taken from three points (inlet, middle, and outlet) and quicklime applied at a dosage of 1.0 gram/liter. The results showed that pH increased from 3.81–4.25 to 7.12–7.42; TSS decreased from 300–302 mg/L to 100–102 mg/L; and Fe concentration dropped from 8–9 mg/L to approximately 0.81 mg/L. However, Mn levels only declined from 6–7 mg/L to around 5.97 mg/L. According to the Indonesian Minister of Environment Regulation (Permen LHK No. 5 of 2022), the pH, TSS, and Fe levels met the environmental quality standards, while Mn levels remained above the permissible limit. Therefore, the use of quicklime is effective for AMD treatment, although additional treatment or a higher pH is required for optimal Mn removal.

**Keywords:** Acid Mine Drainage, Quicklime, pH, TSS

## PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) No. 5 Tahun 2022 tentang Baku Mutu Air Limbah, kegiatan usaha pertambangan batubara wajib memenuhi standar baku mutu air limbah sebelum membuangnya ke lingkungan. Air limbah yang dihasilkan, termasuk yang berasal dari air asam tambang, harus melalui proses pengolahan sehingga memenuhi batas parameter tertentu. Nilai baku mutu yang ditetapkan untuk air limbah pertambangan batubara meliputi beberapa parameter penting, yaitu pH yang harus berada dalam rentang 6,0 hingga 9,0, total padatan tersuspensi (Total Suspended Solid/TSS) maksimal sebesar 100 mg/L, kandungan besi (Fe) total tidak boleh melebihi 7,0 mg/L, dan kandungan mangan (Mn) maksimal 4,0 mg/L. (sumber Permen LHK No. 5 Tahun 2022)

PT. SAMANTAKA BATU BARA Berlokasi di daerah Pauh Ranap Kecamatan peranap, Kabupaten Indragiri Hulu. Provinsi Riau. Lokasi penambangan dapat dicapai dengan perjalanan melalui jalan darat. Secara administratif kegiatan pertambangan di Desa Pauh Ranap Kecamatan Peranap

Indragiri Hulu, Provinsi Riau. Secara geografis berada pada koordinat  $0^{\circ} 20'57.20''$  –  $0^{\circ} 41'56.27''$  LS dan  $102^{\circ} 20'1.97''$  –  $101^{\circ}$

$55'51.47''$  BT. dengan luas wilayah 19.040 Ha. Akses menuju Desa Pauh Ranap dapat ditempuh melalui jalur darat dari ibu kota Kabupaten Indragiri Hulu, Rengat, dengan jarak sekitar 80 kilometer ke arah barat laut. Perjalanan biasanya memakan waktu sekitar 2-3 jam, tergantung kondisi jalan dan lalu lintas.



Gambar 1 Lokasi dan Kesampaian daerah lokasi penelitian

## METODOLOGI PENELITIAN

Data primer adalah data yang di peroleh oleh peneliti dengan melalui pengukuran langsung dilapangan.

Penelitian ini merupakan penelitian

dengan pendekatan kuantitatif. Tujuan utama penelitian adalah untuk mengetahui efektivitas penggunaan kapur tohor (CaO) dalam menetralkan air asam tambang (AAT), terutama dalam meningkatkan pH, menurunkan TSS (*Total Suspended Solid*). Pengambilan sampel air asam tambang dilakukan di tiga titik yaitu inlet, tengah kolam, dan outlet. Petugas menggunakan APD lengkap dan alat seperti botol sampel, pH meter, Air diambil pada kedalaman  $\pm 30$  cm, lalu pH dan suhu diukur langsung di lapangan. Sampel inlet mewakili kondisi awal air tambang, tengah kolam untuk memantau proses pengendapan, dan outlet untuk mengevaluasi hasil pengolahan.

#### Dimensi KPL

Pada lokasi penelitian KPL Pit 1 terdapat

3 kompartemen dengan desain dan dimensi yang sama, dibuat sesuai dengan jangkauan alat berat yang digunakan untuk penggerusan lumpur dapat dilihat pada gambar 4.1. Dimensi masing-masing kompartemen yang terdapat di wilayah penelitian adalah:

$$\text{Panjang KPL} = 11 \text{ m}$$

$$\text{Kompartemen I} = 11 \times 8 \times 2 =$$

$$176 \text{ m}^3 \text{ Lebar KPL} = 8 \text{ m}$$

$$\text{Kompartemen II} = 11 \times 8 \times 2 =$$

$$176 \text{ m}^3 \text{ Kedalaman KPL}$$

$$= 2 \text{ m}$$

$$\text{Kompartemen III} = 11 \times 8 \times 2 =$$

$$176 \text{ m}^3 \text{ Volume KPL}$$

$$= 528 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 54.2.1.4.$$

#### Hasil Pengukuran Setelah Penambahan Kapur

Setelah penambahan kapur tohor ke dalam air asam tambang, dilakukan pengukuran lanjutan terhadap beberapa parameter pada

interval waktu tertentu, seperti 15 menit, 30 menit, hingga 75 menit (dapat dilihat pada tabel 4.2). Parameter yang diukur meliputi pH air, kadar logam Fe dan Mn, serta TSS (Total Suspended Solid). Pengamatan juga mencakup perubahan warna air, jumlah endapan yang terbentuk, dan stabilitas pH setelah proses netralisasi berlangsung.

Tabel 1 Hasil pengukuran pH setelah pengapuran

No	Sam pel	Waktu Pengukuran setelah pemberian kapur	Kompar temen	Hasil Pengukuran(mg/l)
1	1	5 menit	1	6,40
		15 menit	1	6,67
		30 menit	2	6,90
		75 menit	3	7,42
2	2	5 menit	1	6,10
		15 menit	1	6,37
		30 menit	2	6,60
		75 menit	3	7,12
3	3	5 menit	1	6,14
		15 menit	1	6,41
		30 menit	2	6,64
		75 menit	3	7,16

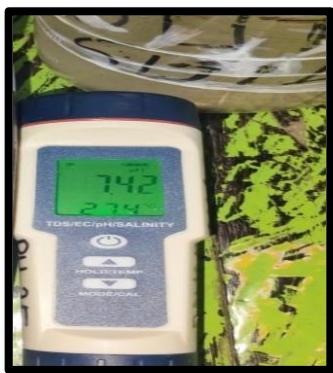


Gambar 3. Pengukuran TSS dilokasi penelitian

#### Uji pH dengan Kapur Tohor

Sampel air sebanyak 1000 ml dicampurkan dengan dosis kapur tohor 0,6 - 1,0 gr/l, dengan waktu kontak 5, 15, 30, dan 75 menit. Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter digital setiap interval waktu

tersebut (lihat gambar 4.2).



Gambar 2. Pengukuran pH dengan pH meter pada lokasi penelitian

#### Uji TSS

Hasil pengukuran TSS pada lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 2 Hasil pengukuran TSS setelah pengapuran**

Sampe	Hasil Pengukuran Awal (mg/l)	Hasil Pengukuran Setelah pengapuran (mg/l)
1	300	102
2	302	100
3	300	101

#### Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti tidak secara langsung dari objeknya.

#### Uji Kandungan Logam Fe dan Mn

Peneliti mengambil sampel dilapangan pihak kedua yaitu PT. Multi Traindo untuk dilakukan pengujian konsentrasi logam Fe dan Mn sampel diambil pada lokasi yang sama dengan pengambilan sampel pH dan TSS, pengujian dapat dilihat pada tabel 4.4.

**Tabel 3 Kandungan Fe dan Mn lokasi penelitian**

Fe						Mn					
Sebelum			Setelah			Sebelum			setelah		
Sa m p el 1	Sa m p e l 3	S a m e 1 3	S a m e 1 2	S a m e 1 3	S a m e 1 2	Sa m p el 1	S a m e 1 2	S a m e 1 3	S a m e 1 1	S a m e 1 2	S a m e 1 3
8	9	8	0, 81	2, 81	1, 81	6	7	7	5, 97	6, 97	6, 97

Sumber: PT. Multi Teraindo

#### Dosis Kapur Tohor

Pada lokasi pengukuran KPL volume air terukur  $396 \text{ m}^3$  dan penambahan kapur kurang lebih  $465,88 \text{ kg} = 18 \text{ karung}$ . (lihat Tabel 4.5).

**Tabel 4 Dosis Kapur Tohor**

Sampel	pH Awal	Volume Air (m <sup>3</sup> )	Kapur Tohor (kg)
1	4,25	396	465,88
2	3,81	396	465,88
3	3,99	396	465,88



Gambar 4.4. Kapur tohor

#### Pengolahan Data

##### Estimasi Penggunaan Kapur tohor

Dengan menggunakan dosis kapur tohor sebesar 1 gram per liter dari sampel maka kebutuhan kapur tohor yang diperlukan untuk proses netralisasi air asam dan sampel dapat dihitung sebagai berikut :

Tabel 5. Estimasi Penggunaan kapur Tohor

Kompartemen	Volume Air (m <sup>3</sup> )	pH awal	Tanah Awal (D)	Estimasi Penggunaan Kapur Tohor (kg)	pH Akhir	Tanah Akhir (mg/L)
1	132	4,25	300	132	7,42	102
2	132	3,31	302	132	7,12	100
3	132	3,99	300	132	7,1	101

Rumus Perhitungan dosis kapur tohor untuk menetralkan AAT (Prisitama, 2023) :

Rumus Perhitungan dosis kapur tohor untuk menetralkan AAT (Prisitama, 2023) :

$$\text{Dosis Kapur (kg)} = \frac{V \times D}{1000 \times E}$$

- $V$  = Volume air yang akan dinetralkan (L)
- $D$  = Dosis kapur berdasarkan kebutuhan netralisasi (mg/L)
- $E$  = Efisiensi kapur tohor

$$\text{Volume air} = 396 \text{ m}^3$$

$$\frac{396 \times 1000}{1000 \times 0.85} = \frac{396000}{850} = 465.88$$

Jadi, untuk menetralkan air asam tambang dengan volume air 396 m<sup>3</sup> dibutuhkan kapur sebanyak 465,88 kg atau 18 karung.

### Menentukan Volume air pada Kolam Pengendapan Lumpur

Perhitungan volume kolam pengendapan lumpur (KPL) dilakukan berdasarkan dimensi masing-masing kompartemen, yaitu panjang 11 meter, lebar 8meter, dan kedalaman 2 meter.

Maka, volume satu kompartemen KP L adalah:

$$\text{volume KPL 1 kompartemen} = 11 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 176 \text{ m}^3$$

Dengan jumlah kompartemen sebanyak 3 unit, maka total volume seluruh KPL adalah: Volume KPL 3 Kompartemen =  $3 \times 176 \text{ m}^3 = 528 \text{ m}^3$

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas tumpung, total volume air yang dapat

ditampung dalam **Kolam Pengendapan Lumpur** tiga kompartemen adalah sebesar **528 m<sup>3</sup>**. Namun, hasil pengukuran langsung di lokasi penelitian menunjukkan bahwa volume aktual air yang terdapat di dalam KPL adalah sebesar **396 m<sup>3</sup>**.

Perbedaan ini mengindikasikan bahwa terdapat ruang cadangan sebesar 132 m<sup>3</sup> yang berfungsi sebagai toleransi apabila terjadi peningkatan debit air, misalnya pada musim hujan atau saat limpasan tambang meningkat. Data ini menjadi acuan penting dalam perencanaan kebutuhan bahan penetrat. Dalam penelitian ini digunakan kapur tohor (CaO) sebagai bahan utama netralisasi. Penentuan dosis kapur didasarkan pada volume aktual air dalam KPL agar penggunaan bahan kimia lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan langsung tingkat keasaman yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas lingkungan dan kehidupan organisme. Adapun dampak negatif dari air asam tambang, yaitu (Januardi, 2015):

1. Masyarakat di sekitar wilayah tambang Dampak terhadap masyarakat di sekitar wilayah tambang tidak dirasakan secara langsung akan tetapi dapat dirasakan beberapa tahun kemudian. Dampak ini dikarenakan air yang terkontaminasi dengan asam tambang banyak mengandung logam berat seperti Fe dan Mn yang apabila dikonsumsi oleh masyarakat secara terus menerus maka masyarakat tadi akan menderita keracunan.
2. Flora dan fauna pada lingkungan air Air asam tambang yang mencemari lingkungan dapat mengganggu ekosistem di lokasi penambangan karena membuat flora dan fauna disekitarnya tidak dapat bertahan hidup akibat kontaminasi antara air permukaan dengan air asam tambang, yang membuat air tersebut menjadi asam. Tingkat kontaminasi logam berbahaya seperti besi, seng, dan

- mangan dapat menurunkan kualitas air yang terdapat pada lingkungan pertambangan tersebut (Asip, dkk, 2015).
3. Kualitas air permukaan Terbentuknya air asam tambang hasil oksidasi pirit akan menyebabkan penurunan kualitas air permukaan. Parameter kualitas air yang mengalami perubahan diantaranya pH, padatan terlarut, sulfat, besi, dan mangan (Hidayat, 2017).
  4. Penelitian yang dilakukan oleh Onwardana et al. (2020) menunjukkan pengelolaan air asam tambang (AAT) melalui proses neutralisasi kimia menggunakan kapur tohor (CaO) dan soda kaustik (NaOH) dapat secara signifikan menurunkan tingkat keasaman, kandungan logam berat seperti Fe, dan total padatan tersuspensi (TSS). Percobaan laboratorium dengan konsentrasi 5 g/L CaO dan 3 ml/L NaOH merupakan dosis optimal mencapai tujuan dan dengan waktu pengadukan 30 menit. Untuk mempercepat proses sebaiknya disertakan juga proses lanjutan seperti aerasi.
  5. Penelitian oleh Huang et al. (2021) yang menunjukkan bahwa peningkatan pH hingga mendekati 9 menggunakan kapur dapat mengendapkan sebagian besar logam berat dan menghasilkan lumpur dengan daya endap tinggi, sehingga turut mengurangi TSS.

#### **Penanganan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor (CaO) Untuk Menetralkan pH dan TSS (Total Suspended Solid)**

Lokasi yang dijadikan tempat penelitian yaitu di KPL pit 1 PT. Samantaka Batubara. Metode yang digunakan pada penelitian ini dalam penanganan air asam tambang adalah metode pengolahan aktif. Menurut

Said (2014), metode pengolahan aktif adalah pengolahan air asam tambang dengan menggunakan bahan kimia alkali untuk meningkatkan pH air, menetralkan keasaman dan pengendapan logam.

Pengolahan air asam tambang secara aktif umumnya menggunakan bahan kimia yang mengandung kapur, bisa dalam bentuk  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ , CaO atau penambahan soda kaustik (NaOH) dan kimia yang amonisik (NH3). Bahan yang digunakan pada metode pengolahan aktif untuk penanganan air asam tambang dilokasi penelitian adalah kapur tohor (CaO). Digunakannya kapur tohor karena telah terbukti dapat menetralkan air asam tambang di lokasi penelitian. Kondisi karakteristik air pada lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6 Kondisi Karakteristik Air pada KPL lokasi penelitian**

<b>N o</b>	<b>Param eter yang di Analisa</b>	<b>Sat u an</b>	<b>Sa m pel 1 s/d 3</b>	<b>Permen LHK No.5 Tahun 2022</b>
1	pH		4,25 3,81 3,99	6,0 – 9,0
2	TSS	Mg/l	300 302 300	200
3	Besi (Fe)	Mg/l	8 9 8	7
4	Mangan (Mn)	Mg/l	6 7 7	4

**Sumber:** Lampiran Permen LHK No. 5 Tahun 2022

Berdasarkan Permen LHK No.5 Tahun 2022, pH pada kondisi awal belum memenuhi standar baku mutu lingkungan. Karena nilainya kurang dari 6-9, sedangkan TSS, besi, dan mangan juga belum memenuhi syarat dimana nilai TSS lebih dari 300, besi lebih dari 7, dan mangan lebih dari 4. Oleh karena itu, pada kondisi awal pH yang tidak memenuhi standar syarat Permen LHK No.5 Tahun 2022 tersebut perlu dilakukan penanganan air asam tambang agar kondisi pH, TSS, besi, dan mangan dapat memenuhi standar.

### Menetralkan pH

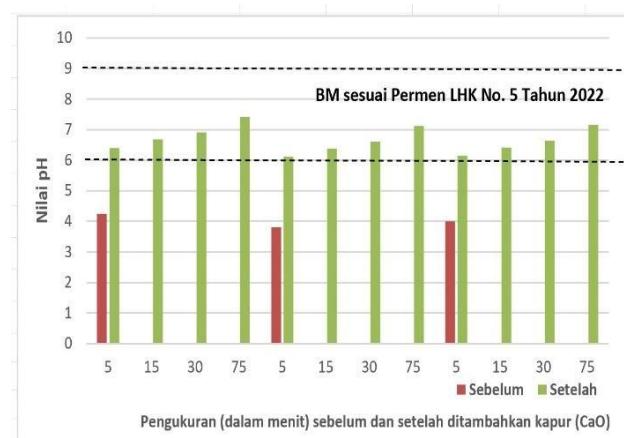
Menurut Asip, dkk (2015), pengukuran pH dilakukan dengan cara mencelupkan elektroda kedalam pH, kemudian tunggu beberapa saat sampai angka yang muncul pada layar pH meter. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses pencampuran kapur tohor agar dapat memenuhi kualitas pH yang sesuai dengan baku mutu lingkungan.

Setelah dilakukan pencampuran antara sampel pH awal dengan kapur tohor, nilai pH mengalami peningkatan. Berdasarkan hasil uji yang dilakukan nilai pH terbesar yaitu 7,42 dengan waktu uji sampel selama 75 menit dan dosis yang digunakan sebanyak 1,0 gr yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan diagram pH sebelum dan sesudah penggunaan kapur tohor dapat dilihat pada gambar 5.1. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas pH tersebut telah memenuhi baku mutu lingkungan karena hasilnya memenuhi kriteria yaitu berkisar antara 6-9.

Tabel 7. Kondisi awal pH pada KPL Pit 1

No	pH Awal	Dosis Kapur (gram/l)	Volume Sampel (ml)	pH setelah kontak			
				5 menit	15 menit	30 menit	75 menit
1	4,25	1,0	1000	6,40	6,67	6,90	7,42
2	3,81	1,0	1000	6,10	6,37	6,60	7,12
3	3,99	1,0	1000	6,14	6,41	6,64	7,16

1	4,25	1,0	1000	6,40	6,67	6,90	7,42
2	3,81	1,0	1000	6,10	6,37	6,60	7,12
3	3,99	1,0	1000	6,14	6,41	6,64	7,16



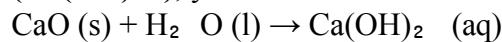
Gambar 5.1. Diagram pH sebelum dan sesudah penggunaan kapur tohor

Peningkatan pH air asam tambang setelah penambahan kapur tohor (CaO) terjadi karena reaksi kimia antara CaO dan air yang menghasilkan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), suatu basa kuat. Basa ini terionisasi menghasilkan ion  $\text{OH}^-$  yang kemudian menetralkan ion  $\text{H}^+$  penyebab keasaman dalam air. Proses ini menurunkan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  sehingga pH naik mendekati netral. Reaksi ini berlangsung bertahap dan menjadi lebih efektif seiring waktu, sehingga pH air meningkat signifikan dari kondisi asam hingga mendekati nilai baku mutu lingkungan.

Berikut penjelasan ilmiah nilai pH meningkat setelah pemberian kapur tohor :

**Kapur tohor bereaksi dengan air:** Ketika CaO ditambahkan ke dalam air, ia bereaksi cepat dengan

air membentuk **kalsium hidroksida** ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), yaitu basa kuat.



- Pelepasan ion  $\text{OH}^-$  (hidroksida):**  $\text{Ca(OH)}_2$  yang larut akan melepaskan ion- ion hidroksida ( $\text{OH}^-$  ) ke dalam air.  $\text{Ca(OH)}_2 (\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{OH}^- (\text{aq})$
- Penetralan ion  $\text{H}^+$  penyebab keasaman:** Air asam tambang umumnya mengandung banyak **ion  $\text{H}^+$  (hidrogen)** dari reaksi oksidasi mineral sulfida (seperti pirit/ $\text{FeS}_2$  ), yang membuat pH-nya rendah. Ion  $\text{OH}^-$  dari kapur akan bereaksi dengan  $\text{H}^+$  membentuk air:  

$$\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2 \text{O}$$

#### Menentukan TSS (Total Suspended Solid)

Sampel uji yang digunakan dalam penelitian TSS diambil sebanyak 100 ml, namun dilakukan lagi proses reduksi sehingga volume larutan menurun menjadi 50 ml, tetapi dilakukan lagi pencampuran aquades hingga volume larutan mencapai 100 ml. Berdasarkan Tabel 5.3 dan gambar 5.2. dapat dilihat bahwa hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan pada TSS yang mengalami penurunan setelah dicampurkan dengan kapur tohor, yaitu berkisar antara  $< 300$  dan TSS tersebut mengalami penurunan dan sudah memenuhi standar baku mutu.

Tabel 8 Hasil Penelitian TSS pada KPL

Pit 1

N o	Dosis Kapur (gr/l)	TSS awal	Hasil pengujian TSS (Total Suspended Solid)
1	1,0	300	102 mg/l
2	1,0	302	100 mg/l
3	1,0	300	101 mg/l
<b>Permen LHK No.5 Tahun 2022</b>			<b>200</b>

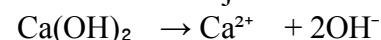
Sumber: Lokasi penelitian

Penurunan TSS setelah penambahan kapur tohor disebabkan oleh reaksi pembentukan basa kuat yang menaikkan pH, menyebabkan presipitasi logam terlarut dan koagulasi partikel halus, sehingga partikel- partikel tersuspensi menggumpal dan mengendap. Proses ini secara efektif menurunkan kadar TSS dalam air menuju nilai yang mendekati atau memenuhi baku mutu lingkungan menurut Permen LHK No. 5 Tahun 2022.

Berikut penjelasan ilmiah nilai TSS menurun setelah pemberian kapur tohor

**Pembentukan Basa dan Ion Kalsium** Saat  $\text{CaO}$  ditambahkan ke dalam air, ia bereaksi dengan air membentuk  $\text{Ca(OH)}_2$  :  $\text{CaO} + \text{H}_2 \text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$

Kemudian  $\text{Ca(OH)}_2$  larut dan terdisosiasi menjadi :



#### 1. Koagulasi Partikel Tersuspensi

- Ion  $\text{Ca}^{2+}$**  yang bermuatan positif akan menetralisasi **muatan negatif** pada permukaan partikel tersuspensi (TSS), seperti tanah liat, logam, dan partikel halus

- lainnya.
- Netralisasi muatan ini menyebabkan **partikel-partikel saling mendekat dan menggumpal** (koagulasi).
- 2. Flokulasi dan Pengendapan**
- Setelah koagulasi, terbentuk flok atau gumpalan besar yang lebih berat.
  - Flok ini akan mengendap ke dasar karena gaya gravitasi, sehingga konsentrasi partikel tersuspensi dalam air berkurang.
  - Proses ini menyebabkan penurunan nilai TSS dalam air tambang.
- 3. Pengaruh pH yang Naik**

Kenaikan pH akibat  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  juga mempercepat pengendapan logam dan partikel halus melalui pembentukan hidroksida logam yang tak larut, seperti:  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$

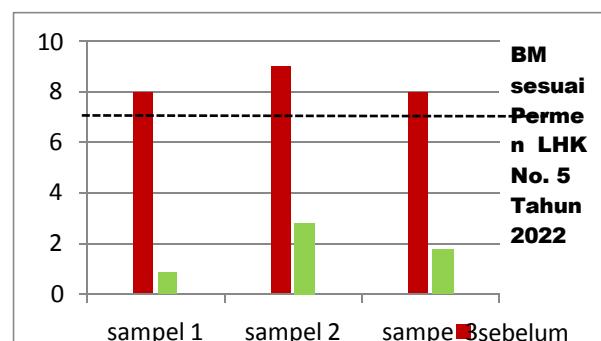


**(endapan) Pemanfaatan**

**Kapur Tohor untuk**

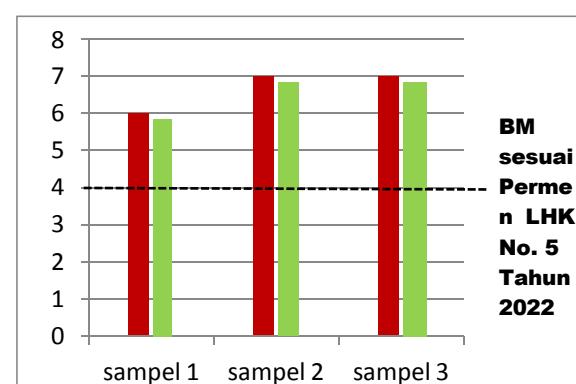
Hasil penelitian logam Fe dan Mn yang terkandung pada campuran kapur tohor dan air asam tambang dapat dilihat pada Tabel 5.4. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pencampuran kapur tohor dan air asam tambang sebesar 1,0 gr/l memiliki kandungan logam Fe sebesar 0,52 mg/l dan kandungan logam Mn sebesar 5,97 mg/l. Penurunan konsentrasi Fe dan Mn terjadi karena reaksi antara logam-logam tersebut dengan ion  $\text{OH}^-$  dari kapur tohor, yang menghasilkan senyawa logam hidroksida tak larut. Senyawa tersebut kemudian mengendap, sehingga kandungan logam terlarut dalam air menurun

secara signifikan dan mendekati atau memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun kapur tohor dapat menaikkan pH, TSS, dan Fe, akan tetapi pencampuran kapur tohor dan air asam tambang ini tidak terlalu berpengaruh signifikan terhadap penurunan kandungan logam Mn (**lihat gambar 5.4**).



Tabel 9. Hasil Analisa Logam Fe dan Mn Pencampuran Kapur Tohor

No	Kadar (gr/l)	Logam (mg/l)	
		Fe	Mn
1	1,0	0,81	5,97
<b>Permen LHK No.5</b>	<b>Tahun 2022</b>	<b>7,00</b>	<b>4,00</b>



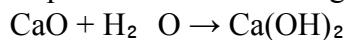
Pengukuran Mn sebelum dan sesudah

Gambar 5.3. Diagram Statistik Fe sebelum dan sesudah penggunaan kapur tohor

Penjelasan Ilmiah Penurunan Fe dan Mn setelah Penambahan Kapur Tohor :

### 1. Pembentukan $\text{Ca(OH)}_2$

Kapur tohor bereaksi dengan air:



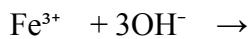
$\text{Ca(OH)}_2$  larut dan menghasilkan ion  $\text{OH}^-$



2 $\text{OH}^-$  Ion  $\text{OH}^-$  ini menyebabkan **kenaikan pH air**, menciptakan kondisi basa

### 2. Pengendapan Besi (Fe)

Besi dalam air asam tambang biasanya dalam bentuk  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ . Pada  $\text{pH} \geq 3$ , besi akan mulai membentuk endapan hidroksida:



$\text{Fe(OH)}_3$  dan  $\text{Fe(OH)}_2$  **tidak larut** dalam air dan akan **mengendap**, sehingga menurunkan konsentrasi besi terlarut.

### 3. Pengendapan

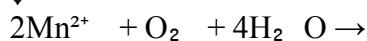
**Mangan** Mangan lebih sulit mengendap dibanding besi, dan memerlukan pH yang lebih tinggi (sekitar  $\text{pH} > 9$ ):  $\text{Mn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Mn(OH)}_2$

### 4. Proses Tambahan: Oksidasi

$\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  bisa mengalami oksidasi menjadi bentuk  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Mn}^{4+}$  yang lebih mudah mengendap:



↓



2 $\text{MnO}_2$  ↓ + 4 $\text{H}_3\text{O}^+$  Tahapan yang

dapat dilakukan untuk menurunkan kandungan logam Mn yaitu dengan cara menghitung kadar konsentrasi kapur tohor yang telah dicampurkan dengan air sungai dengan pH 6,55.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### KESIMPULAN

Dari keseluruhan rangkaian pengamatan, pengukuran, dan analisis data, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Air asam tambang (AAT) melewati material (batuan) mengandung mineral sulfida seperti pirit ( $\text{FeS}_2$ ) pada kondisi oksidasi. AAT tersebut akan melarutkan logam pada material (batuan) sehingga AAT mengandung logam berat seperti (Fe dan Mn)
2. Penambahan kapur tohor sebanyak 1,0 gram per liter berhasil meningkatkan pH air asam tambang dari nilai asam (sekitar 3,8–4,2) menjadi netral (hingga 7,42), sesuai baku mutu Permen LHK No. 5 Tahun 2022. Selain itu, TSS turun drastis dari >300 mg/l menjadi sekitar 100–102 mg/l.
3. Kapur tohor efektif menurunkan kandungan Fe dari 8–9 mg/l menjadi sekitar 0,81 mg/l, namun belum sepenuhnya menurunkan kandungan Mn yang hanya turun hingga 5,97 mg/l, masih melebihi baku mutu ( $\leq 4,0$  mg/l). Hal ini disebabkan Mn memerlukan pH lebih tinggi ( $>9$ ) untuk dapat mengendap secara optimal.

### SARAN

Sebagai tindak lanjut dari hasil penelitian ini, maka disampaikan beberapa

saran yang diharapkan dapat menjadi masukan untuk peningkatan pengelolaan air asam tambang, yaitu:

1. Perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut mengenai variasi dosis kapur tohor (CaO) untuk mendapatkan dosis yang paling efektif, terutama agar penurunan logam Mn dapat lebih signifikan.
2. Pengolahan air asam tambang menggunakan kapur tohor sebaiknya dilakukan secara berkesinambungan dengan pemantauan pH, TSS, Fe, dan Mn secara berkala agar hasil pengolahan selalu memenuhi baku mutu lingkungan sesuai Permen LHK No. 5 Tahun 2022.

## DAFTAR PUSTAKA

Achmad Rukaesih, 2004, *Kimia Air*, Edisi Pertama, Andi Yogjakarta,(halaman 135)  
A. Husni, 2022, Analis Pengelolaan Air Asam

Tambang Menggunakan Kapur Tohor Arliani, Nurul, 2012. Aktivitas Pengolahan A

ir Asam Tambang PT. Bhumi Rantau E nergi, Rantau,Vol. 7 No. 1

Faisal, A., & Syarifudin, A. (2014). Dosis

Optimal Larutan Kapur Untuk Netral pH AI. Jurnal Kesehatan Lingkungan, Banjarbaru,11(1), 184–189

Fitri Arum Sekarjannah, 2019 , Pengelolaan Air Asam Tambang Pada Sistem Lahan Basah Butan (*Constructed Wetand*) Dengan Menggunakan Tanaman Ecng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Dan Penambahan Bahan Organik, Yogyakarta

Gautama, R. S., 2014, Pementukan dan Pengendalian Air Asm Tambang, Bandung

Huang, Z. S., et al, 2021, Comparative study of acid mine drainage neutralization using lime and industrial by-products. *Water Practice & Technology*, 16(3), 1026–1036.

Jovanda Ego Prisitama. 2023. Efektivitas Kapur Tohor Terhadap Peningkatan pH dan Penurunan Kadar Logam Fe ddan mn di Setting Pond, Samarinda

Kepmen Negara Lingkungan Hidup Nomor

113. (2003). Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Pertambangan Batu Bara, Jakarta (Vol. 53, Issue 9, pp. 1689–1699)

Muchjidin, 2006 “Pengendalian Mutu dalam Industri Batubara, Penerbit ITB, Bandung, (32–33)

Onwardana, M. E., Andari, R. P., Tibri, T., & Ardiansyah, E., 2020, Studi Efektivitas Penggunaan Kapur Tohor (CaO) dan Soda Kaustik (NaOH) pada Pengelolaan Air Asam Tambang. *Saintek ITM*, 33(1), 1–9.

Sari, Intan Lianita, 2012, Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang, Bogor

Faisal, A., Syarifudin, A., 2014, Dosis Optimal Larutan Kapur Untuk Netral pH AI. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 11(1), 184–189,Banjarbaru