



Studi Perbandingan Bahan Penetral Air Asam Tambang pada PT Pasir Walannae Desa Massenrengpulu Kecamatan Lamuru Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan

Arif Nurwaskito^{1*}, Agus Ardianto Budiman², Laode Muhammad Agus Triono³

^{1,2}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Info Artikel

Diajukan: 07/06/2025

Diterima: 01/07/2025

Diterbitkan: 30/07/2025

Keywords:

Acid Mine Drainage;
Quicklime, Soda Ash; pH
Neutralization; Mining
Wastewater.

Kata Kunci:

Air Asam Tambang; Kapur
Tohor; Abu Soda;
Penetralan pH; Limbah
Tambang.



Lisensi: cc-by-sa

ABSTRACT

Acid mine drainage (AMD) is a major environmental issue in coal mining activities, characterized by low pH and high concentrations of heavy metals such as Fe, Mn, and Al, which can contaminate surrounding water bodies. This study aims to compare the effectiveness of two neutralizing agents quicklime (CaO) and soda ash (Na₂CO₃) in neutralizing acid mine drainage on a laboratory scale. Water samples were collected from three settling ponds at the PT Pasir Walannae coal mining site in Bone Regency, South Sulawesi. The experiment used varying doses of neutralizing agents (0.5 g, 1 g, and 1.5 g per 500 ml of AMD) and measured pH changes daily over five days. The results showed that both materials effectively increased the pH of AMD to a neutral range (6–7) in accordance with environmental standards (pH 6–9). However, quicklime demonstrated higher average pH increases (4.73, 4.63, and 4.65) compared to soda ash (4.61, 4.61, and 4.61). Therefore, quicklime is more effective than soda ash in neutralizing acid mine drainage. This research contributes to sustainable mine water management by providing a cost-effective and environmentally sound chemical treatment approach consistent with national wastewater quality standards.

ABSTRAK

Air asam tambang (AAT) merupakan permasalahan utama pada kegiatan pertambangan batubara yang ditandai dengan nilai pH rendah dan kandungan logam berat tinggi, seperti Fe, Mn, dan Al, yang berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas dua bahan penetral, yaitu kapur tohor (CaO) dan abu soda (Na₂CO₃), dalam menetralkan air asam tambang pada skala laboratorium. Sampel air diambil dari tiga titik settling pond di area tambang PT Pasir Walannae, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Pengujian dilakukan dengan variasi dosis bahan penetral sebesar 0,5 g, 1 g, dan 1,5 g per 500 ml air asam tambang, kemudian diukur perubahan pH setiap hari selama lima hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua bahan mampu menaikkan pH air hingga mencapai kisaran 6–7 yang sesuai dengan baku mutu lingkungan (pH 6–9). Namun, kapur tohor menghasilkan kenaikan pH rata-rata yang lebih tinggi (4,73; 4,63; dan 4,65) dibandingkan abu soda (4,61; 4,61; dan 4,61). Dengan demikian, kapur tohor dinyatakan lebih efektif dibandingkan abu soda dalam menetralkan air asam tambang. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengelolaan lingkungan tambang dengan pendekatan kimiawi yang efisien, ekonomis, dan sesuai dengan standar nasional pengolahan limbah tambang.

Corresponding Author:

Arif Nurwaskito

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

arif.nurwaskito@umi.ac.id

PENDAHULUAN

Kegiatan pertambangan, khususnya tambang terbuka, berpotensi besar menimbulkan permasalahan lingkungan akibat terpaparnya batuan yang mengandung mineral sulfida terhadap udara dan air, sehingga membentuk air asam tambang (*acid mine drainage* atau AMD). Air asam tambang memiliki karakteristik pH rendah serta mengandung logam berat seperti Fe, Mn, dan Al yang dapat

mencemari air permukaan maupun air tanah (Yusran, 2009). Kondisi ini berdampak negatif terhadap kualitas lingkungan, produktivitas lahan, serta kehidupan biota akuatik (Fitriyanti, 2016).

Pembentukan air asam tambang terjadi melalui proses oksidasi mineral sulfida seperti pirit (FeS_2) yang tersingkap di permukaan selama kegiatan pengupasan tanah penutup dan penambangan batubara (Razie *et al.*, 2016). Reaksi kimia tersebut menghasilkan ion hidrogen (H^+) dan sulfat (SO_4^{2-}) yang menyebabkan pH air turun hingga di bawah standar baku mutu lingkungan. Di Indonesia, standar pH limbah tambang batubara yang diperbolehkan berkisar antara 6–9 (Kementerian Lingkungan Hidup, 2003). Oleh karena itu, diperlukan upaya penanganan yang efektif untuk menetralkan air asam tambang sebelum dialirkan ke badan air alami.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menanggulangi air asam tambang, baik melalui pengolahan aktif maupun pengolahan pasif. Pengolahan aktif dilakukan dengan penambahan bahan kimia penetral seperti kapur tohor (CaO), batu gamping (CaCO_3), abu soda (Na_2CO_3), dan dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), sedangkan pengolahan pasif memanfaatkan media alami seperti *constructed wetlands*, *open limestone channel*, dan bioreaktor mikroba pereduksi sulfat (Arnol *et al.*, 2018; Gunawan *et al.*, 2014). Setiap bahan penetral memiliki mekanisme reaksi dan efektivitas yang berbeda dalam menaikkan pH serta mengendapkan logam berat (Nursiman *et al.*, 2012).

Kapur tohor dikenal efektif dalam meningkatkan pH karena memiliki kelarutan tinggi dan reaktivitas cepat terhadap ion hidrogen. Sebaliknya, abu soda atau natrium karbonat bersifat lebih stabil dan mampu mempertahankan pH dalam jangka waktu lebih lama (Pambayun *et al.*, 2013). Namun, efektivitas kedua bahan tersebut dipengaruhi oleh konsentrasi, waktu kontak, dan kondisi awal air asam tambang. Studi komparatif terhadap kedua bahan ini penting untuk menentukan bahan penetral yang paling efisien dan ekonomis di lokasi tambang tertentu (Rukmana *et al.*, 2017).

Beberapa penelitian terdahulu di Indonesia menunjukkan bahwa pemilihan bahan penetral perlu disesuaikan dengan karakteristik lokal air asam tambang. Metode *layering* menggunakan kapur pada tambang batubara mampu menekan laju pembentukan air asam (Patria, 2008). Perbandingan berbagai bahan alkali dalam netralisasi air asam perlu diuji secara laboratorium untuk mendapatkan dosis optimal (Wahyudin *et al.*, 2018). Selain itu, penerapan sistem pengolahan kombinasi, seperti penggunaan kapur tohor bersama abu soda, dilaporkan mampu mempercepat kenaikan pH dan menurunkan konsentrasi logam berat (Johnson dan Hallberg, 2005).

Pada lokasi penelitian di PT Pasir Walannae, Kabupaten Bone, aktivitas tambang batubara dengan sistem terbuka menyebabkan terbentuknya air asam tambang di area *settling pond*. Berdasarkan hasil pengamatan awal, nilai pH air di area penelitian berada pada kisaran 2–3, jauh di bawah batas baku mutu lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengkaji perbandingan efektivitas bahan penetral seperti kapur tohor dan abu soda dalam meningkatkan pH air asam tambang pada skala laboratorium.

Melalui studi perbandingan ini diharapkan dapat diketahui bahan penetral yang paling efektif dalam menetralkan pH air asam tambang, sekaligus memberikan kontribusi terhadap penerapan teknologi pengolahan limbah tambang yang efisien, ramah lingkungan, dan sesuai dengan kondisi geokimia wilayah tambang di Indonesia.

METODE

Teknik pengambilan sampel air limbah dalam penelitian ini mengacu pada ketentuan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang *Baku Mutu Air* dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 37 Tahun 2003 mengenai *Metode Analisis Kualitas Air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan*. Berdasarkan ketentuan tersebut, diterapkan pula Standar Nasional Indonesia (SNI 06-2421-1991) yang telah dikaji ulang untuk menjamin bahwa metode pengambilan sampel air limbah dilakukan sesuai prosedur baku dan menghasilkan data yang representatif. Dalam penelitian ini, pengambilan sampel dilakukan di tiga titik lokasi, yaitu pada Settling Pond 1, 2, dan 3. Alat yang digunakan berupa botol plastik bekas air mineral yang sebelumnya

telah dibilas dengan air sampel sebanyak tiga kali untuk mencegah kontaminasi silang. Setiap sampel air disimpan dalam wadah plastik tanpa menggunakan bahan pengawet hingga dilakukan analisis laboratorium.

Pemilihan lokasi pengambilan contoh air merupakan tahap penting dalam memperoleh hasil pengukuran yang akurat dan mewakili kondisi badan air secara keseluruhan. Titik pengambilan dipilih dengan mempertimbangkan tujuan penelitian, kondisi geografis, serta karakteristik hidrologi di wilayah tambang batubara. Air limbah tambang umumnya terkumpul pada *sump* atau *settling pond* yang berfungsi menyerupai waduk atau kolam penampungan. Oleh karena itu, metode pengambilan contoh air dilakukan dengan memperhatikan pedoman umum pengambilan sampel di waduk, di mana kualitas air sangat dipengaruhi oleh aliran masuk, kedalaman, dan lebar kolam. Apabila tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kualitas air keluaran dari kolam penampungan, maka titik pengambilan ditentukan pada saluran keluaran (*outlet*). Namun, untuk memperoleh gambaran menyeluruh tentang kondisi kualitas air, dilakukan pula metode *transect sampling*, yakni pengambilan contoh pada beberapa titik dan kedalaman berbeda.

Pengolahan data dilakukan dengan mengintegrasikan data primer dan sekunder yang telah diperoleh sebelumnya. Data hasil pengujian laboratorium dianalisis untuk menjawab tujuan penelitian, khususnya dalam menilai efektivitas bahan penetral terhadap air asam tambang. Tahapan pengolahan data meliputi (1) penentuan kenaikan pH rata-rata untuk setiap variasi dosis bahan penetral (kapur tohor dan abu soda), (2) penetapan dosis optimal kedua bahan tersebut berdasarkan hasil uji laboratorium, dan (3) analisis waktu pengadukan yang diperlukan untuk mencapai penetralan air asam tambang yang efektif. Prosedur ini dilakukan secara sistematis guna memperoleh hasil yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah serta relevan dengan standar pengelolaan air limbah pertambangan.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Kondisi geologi daerah Massenrengpulu didasarkan pada Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Bone Bagian Barat (1982), oleh Rab Sukanto. Berdasarkan pembagian satuan morfologi secara regional maka daerah Penelitian ini secara khusus hanya dapat dibagi menjadi satu satuan morfologi, yaitu Satuan morfologi pedataran bergelombang. Satuan morfologi ini menempati lokasi secara keseluruhan wilayah penelitian di Daerah Desa Massenrengpulu Kecamatan Lamuru Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan. Ketinggian rata-rata satuan ini berkisar antara 75 – 200 meter di atas muka laut. Puncak tertinggi yaitu Bulu Taipa (209 m) yang berada di sebelah barat laut lokasi penelitian. Secara umum pola aliran sungai di daerah ini adalah dendritik. Stadia sungai pada umumnya muda menjelang dewasa dicirikan dengan bentuk penampang dinding sungai berupa antara huruf “V” dan “U” dengan sungai utama yang mengalir di tengah lokasi penelitian adalah Sungai Ulaweng yang merupakan anak sungai Walanae.



Gambar 1. Kondisi umum lokasi penelitian.

Batubara pada daerah penelitian termasuk dalam formasi Tonasa (Temt), formasi ini terdiri dari: Batugamping; Formasi Tonasa yaitu terdiri dari batugamping koral pejal, sebagian terhamburkan, berwarna putih dan kelabu muda; batugamping bioklastika dan kalkarenit, berwarna putih, coklat muda dan kelabu muda, sebagian berlapis baik, berselingan dengan napal globigerina tufaan; bagian bawahnya mengandung batugamping berbitumen, setempat bersisipan breksi batugamping dan batugamping pasiran. Formasi ini tersebar di bagian tengah memanjang timur barat yang berumur Miosen Awal, selaras dengan Formasi Camba. Diduga tertindih secara tidak selaras dengan Formasi Camba

Kondisi Hidrologi Daerah Penelitian

Air yang mengalir dari stockpile berasal dari limpasan air hujan, ketika musim hujan penumpukan stockpile batu bara, kupasan tanah penutup dan sisa-sisa bekas penambangan batu bara akan terlarut didalamnya. Dampaknya batu bara yang terkena air hujan tersebut akan menjadi asam dan berpotensi mempengaruhi kualitas air lingkungan disekitarnya, agar tidak mencemari lingkungan disekitarnya, air asam tambang harus diolah terlebih dahulu, sebelum dialirkan ke badan sungai, air limbah terlebih dahulu dialirkan ke Settlingpond yang mana settlingpond disini berfungsi sebagai tempat treatment, sebelum di treatment terlebih dahulu kita alirkan ke tempat penampungan air sementara. Settlingpond selain berfungsi sebagai tempat treatment, digunakan juga untuk mengendapkan partikel-partikel terlarut yang terbawa oleh air yang keluar dari lokasi penambangan sehingga air yang dialirkan ke sungai dalam keadaan jernih dan dapat memenuhi baku mutu air.

Hasil Pengujian pH Sampel Air Asam Tambang

pH adalah istilah untuk menyatakan intensitas keadaan basa atau asam melalui kadar ion hidrogen atau (H⁺). Dari hasil analisis kualitas air limbah tambang batu bara didapatkan nilai pH sampel 1 yaitu 2,41, Sampel 2 yaitu 2,44 dan Sampel 3 nilai pH 2,42. Secara umum, nilai pH pada ketiga lokasi ini berada pada nilai pH yang asam. Nilai pH yang asam disebabkan oleh pengupasan tanah penutup, penggalian batu bara, material yang menyebabkan tersingkapnya tanah atau batuan yang mengandung mineral sulfida dengan total sulfur dalam batuan 0,28 dan 0,19 antara lain berupa Pirit dan Markasit.



Gambar 2. Penimbangan Bahan Penetral kapur Tohor dan abu soda dengan takaran 0.5 gr, 1 gr, dan 1.5 gr.

Simulasi Penetralan Air Asam Tambang

Pada penelitian ini dilakukan simulasi proses penetralan air asam tambang pada skala laboratorium. Simulasi penetralan air asam tambang ini bertujuan untuk menetralkan air lindi yang berasal dari sistem penanganan air asam tambang pada disposal sehingga memenuhi standar baku mutu lingkungan. Bahan alkali yang digunakan untuk menetralkan air asam tambang tersebut adalah kapur tohor dan abu soda. Berikut ini adalah prosedur yang dilakukan antara lain: Menyiapkan peralatan meliputi pH meter, timbangan digital, gelas ukur, dan pengaduk. Bahan yang digunakan meliputi air asam tambang yang berasal dari proses penanganan air asam tambang pada disposal yang telah diukur pH nya, kapur tohor dan abu soda sebagai bahan penetral. Dalam percobaan ini digunakan air asam

tambang dengan volume 500ml. Penimbangan kapur tohor dan abu soda dilakukan dengan dosis 0,5 gr/500ml, 1 gr/500ml dan 1,5 gr/500ml.

Proses penetralan dari setiap sampel air asam tambang dengan menambahkan dosis kapur tohor dan abu soda yang berbeda dan melakukan pengadukan selama 1 menit sampai bahan penetral tercampur rata setelah itu pengadukan dihentikan dan ditunggu selama 24 jam. Kemudian melakukan pengukuran pH setiap 1 kali sehari dalam waktu 5 hari, dan didapatkan dosis yang efektif di antara kapur tohor atau abu soda untuk menetralkan pH air asam tambang, sehingga diketahui bahan mana yang lebih efektif setelah diketahui hasil akhir pengukuran pH hari ke 5.

Pengujian Sampel Air Asam Tambang

Proses pengukuran air asam tambang sebanyak 500 ml masing- masing pada settling pond 1, settling pond 2 serta settling pond 3 dan penimbangan material bahan penetral kapur tohor serta abu soda untuk mengetahui berapa jumlah kapur tohor dan abu soda yang dibutuhkan, tujuan dari penimbangan ini agar dosis yang sudah ditetapkan tidak kurang ataupun tidak melebihi takaran yang sudah ditetapkan, sehingga diketahui dosis yang tepat untuk menetralkan pH air asam tambang (Gambar 2). setelah dilakukan proses penimbangan material penetral kapur tohor dan abu soda, material tersebut dimasukkan ke dalam gelas ukur yang berisi sampel air asam tambang sebanyak 500ml. Kemudian dilakukan proses pengadukan sampel uji air asam tambang dengan material kapur tohor dan abu soda yang sudah ditimbang tadi. Pengadukan dilakukan selama 1 menit setelah itu dihentikan dan ditunggu selama 5-10 menit (Gambar 3).



Gambar 3. Proses pengadukan sampel air asam tambang dengan material penetral kapur tohor dan abu soda.



Gambar 4. Proses pengukuran pH sampel air asam tambang.

Proses pengadukan setelah dicampurkannya bahan penetral kapur tohor dan abu soda selama 1 menit agar semua bahan tercampur rata kemudian ditunggu selama 5-10 menit sampai air asam tambang dengan bahan penetral sudah mengalami perubahan, setelah dilakukan proses pengadukan kemudian melakukan pengukuran pH akhir, dari proses pencampuran itu diperoleh dosis yang tepat untuk menetralkan pH air asam tambang tersebut sehingga dapat mencapai standar baku mutu air limbah yang

telah ditentukan. Setelah itu dilakukan proses pengukuran pH air asam tambang yang dimana pengambilan pH dilakukan setiap hari selama 5 hari berturut-turut, bertujuan untuk mengetahui seberapa baik perubahan yang terjadi pada air asam tambang (Gambar 4).

Hasil Pengujian Setelah Penambahan Kapur Tohor

Perubahan nilai pH di ukur setelah dilakukan penambahan kapur tohor dengan jumlah 0,5 gr, 1 gr dan 1,5 gr untuk sampel air asam tambang sebesar 500ml masing-masing dalam 1 sampel. Kemudian dilakukan pengukuran pH 1 kali dalam jangka waktu 24 jam selama 5 hari. Setelah hari ke 5 bisa disimpulkan bahan mana yang lebih efektif antara kapur tohor atau abu soda dengan takaran /gr yang sama (Tabel 1).

Berdasarkan pada tabel 1, memperlihatkan hasil data pengukuran hari pertama, bahwa terjadi kenaikan nilai pH pada setiap sampel pada masing-masing Settling pond. Pada settling pond 1 dari pH awal 2,41 dicampurkan kapur tohor dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,47, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 3,01, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4,51. Pada settling pond 2 dari pH awal 2,44 dicampurkan kapur tohor dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4,46, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 5,18, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 6,43. Pada settling pond 3 dari pH awal 2,42 dicampurkan kapur tohor dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,17, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 3,08, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4,31. Berdasarkan dari data pH perubahan kapur tohor pada hari pertama dapat dilihat bahwa antara dosis 0,5 gr, 1 gr, dan 1,5 gr lebih besar perubahan pH yang dihasilkan pada dosis 1,5 gr karna semakin tinggi dosis yang dicampurkan maka semakin besar pula perubahan pH yang akan didapatkan.

Tabel 1. Hasil pengukuran hari pertama data perhitungan dosis kapur tohor dengan air asam tambang skala laboratorium.

No	Uji pH Sampel hari 1	pH Awal Kapur Tohor	Kapur Tohor			Menit
			0,5 gr	1 gr	1,5 gr	
1	Settling pond 1	2,41	2,47	3,01	4,51	5-10
2	Settling pond 2	2,44	4,46	5,18	6,43	5-10
3	Settling pond 3	2,42	2,17	3,08	4,31	5-10

Tabel 2. Hasil pengukuran hari kedua data perhitungan dosis kapur tohor dengan air asam tambang skala laboratorium.

No	Uji pH Sampel hari 2	pH Awal Kapur Tohor	Kapur Tohor			Menit
			0,5 gr	1 gr	1,5 gr	
1	Settling pond 1	2,41	2,08	2,93	4,09	5-10
2	Settling pond 2	2,44	4,24	5,78	6,56	5-10
3	Settling pond 3	2,42	2,05	3,03	4,17	5-10

Berdasarkan pada tabel 2, memperlihatkan hasil data pengukuran hari kedua, bahwa terjadi kenaikan nilai pH pada setiap sampel pada masing-masing settling pond. Pada settling pond 1 dari pH awal 2,41 dicampurkan kapur tohor dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,08, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 2,93, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4,09. Settling pond 2 dari pH awal 2,44 dicampurkan kapur tohor dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4,24, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 5,78, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 6,56. Settling pond 3 dari pH awal 2,42 dicampurkan kapur tohor dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,05, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 3,03, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4,17. Berdasarkan dari data pH perubahan kapur tohor pada hari pertama dapat dilihat bahwa antara dosis 0,5 gr, 1 gr, dan 1,5 gr lebih besar perubahan pH yang dihasilkan pada dosis 1,5 gr karna semakin tinggi dosis yang dicampurkan maka semakin besar pula perubahan pH yang akan didapatkan.

Berdasarkan pada tabel 3, memperlihatkan hasil data pengukuran hari ketiga, bahwa terjadi kenaikan nilai pH pada setiap sampel pada masing-masing settling pond. Settling pond 1 dari pH awal

2,41 dicampurkan kapur tohor dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,44, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 3,60, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4,5. Settling pond 2 dari pH awal 2,44 dicampurkan kapur tohor dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4,53, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 6,59, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,21. Pada settling pond 3 dari pH awal 2,42 dicampurkan kapur tohor dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4,59, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 6,70, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,15. Berdasarkan dari data pH perubahan kapur tohor pada hari pertama dapat dilihat bahwa antara dosis 0,5 gr, 1 gr, dan 1,5 gr lebih besar perubahan pH yang dihasilkan pada dosis 1,5 gr karna semakin tinggi dosis yang dicampurkan maka semakin besar pula perubahan pH yang akan didapatkan.

Tabel 3. Hasil pengukuran hari ketiga data perhitungan dosis kapur tohor dengan air asam tambang skala laboratorium.

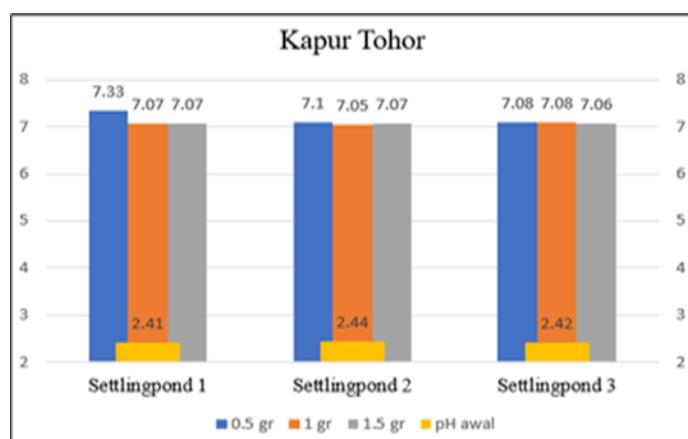
No	Uji pH Sampel hari 3	pH Awal Kapur Tohor	Kapur Tohor			Menit
			0,5 gr	1 gr	1,5 gr	
1	Settling pond 1	2,41	2,44	3,60	4,55	5-10
2	Settling pond 2	2,44	4,53	6,59	7,21	5-10
3	Settling pond 3	2,42	4,59	6,70	7,15	5-10

Tabel 4. Hasil pengukuran hari keempat data perhitungan dosis kapur tohor dengan air asam tambang skala laboratorium.

No	Uji pH Sampel hari 4	pH Awal Kapur Tohor	Kapur Tohor			Menit
			0,5 gr	1 gr	1,5 gr	
1	Settling pond 1	2,41	2,45	3,68	4,49	5-10
2	Settling pond 2	2,44	4,57	7,22	7,61	5-10
3	Settling pond 3	2,42	2,60	3,47	4,45	5-10

Tabel 5. Hasil pengukuran hari kelima data perhitungan dosis kapur tohor dengan air asam tambang skala laboratorium.

No	Uji pH Sampel hari 5	pH Awal Kapur Tohor	Kapur Tohor			Menit
			0,5 gr	1 gr	1,5 gr	
1	Settling pond 1	2,41	7,33	7,10	7,08	5-10
2	Settling pond 2	2,44	7,07	7,05	7,07	5-10
3	Settling pond 3	2,42	7,07	7,08	7,06	5-10



Gambar 5. Grafik perubahan kapur tohor dari pH awal Sampai pH akhir yang didapatkan.

Berdasarkan pada tabel 4, memperlihatkan hasil data pengukuran hari ke empat, bahwa terjadi kenaikan nilai pH pada setiap sampel pada masing-masing settling pond. Pada settling pond 1 dari pH awal 2,41 dicampurkan kapur tohor dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,60, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 3,47, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4,45. Settling pond 2 dari pH awal 2,44 dicampurkan kapur tohor dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4,57, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 7,22, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,61. Pada settling pond 3 dari pH awal 2,42 dicampurkan kapur tohor

dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,60, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 3,47, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 4.45. Berdasarkan dari data pH perubahan kapur tohor pada hari pertama dapat dilihat bahwa antara dosis 0,5 gr, 1 gr, dan 1,5 gr lebih besar perubahan pH yang dihasilkan pada dosis 1,5 gr karna semakin tinggi dosis yang dicampurkan maka semakin besar pula perubahan pH yang akan didapatkan.

Pada gambar 5 memperlihatkan grafik perbandingan kapur tohor di Ph awal settling pond 1, settling pond 2 dan settling pond 3 sampai pada hari ke 5 mengalami perubahan nilai pH yang cukup baik, dikarenakan nilai pH yang didapatkan rata-rata nilai pH 7. Nilai pH yang didapatkan sesuai penetralan dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 yang dimana standar netral dari lingkungan adalah 6-9.

Hasil Pengujian Setelah Penambahan Abu Soda

Perubahan nilai pH setelah dilakukan penambahan abu soda dengan jumlah 0,5 gr, 1 gr dan 1,5 gr untuk sampel air asam tambang sebesar 500ml masing-masing dalam 1 sampel.

Tabel 6. Hasil pengukuran hari pertama data perhitungan dosis abu soda dengan air asam tambang skala laboratorium.

No	Uji pH Sampel hari 1	pH Awal Abu Soda	Kapur Tohor			Menit
			0,5 gr	1 gr	1,5 gr	
1	Settling pond 1	2,41	2,66	5,07	7,25	5-10
2	Settling pond 2	2,44	3,98	4,59	7,31	5-10
3	Settling pond 3	2,42	2,40	3,63	5,88	5-10

Berdasarkan pada tabel 6, memperlihatkan hasil data pengukuran hari pertama, bahwa terjadi kenaikan nilai pH pada setiap sampel pada masing-masing settling pond. Pada settling pond 1 dari pH awal 2,41 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,66 pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 5,07, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,25. Settling pond 2 dari pH awal 2,44 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 3,98, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 4,59, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,31. Settling pond 3 dari pH awal 2,42 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,40, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 3,63, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 5,58. Berdasarkan dari data pH perubahan abu soda pada hari pertama dapat dilihat bahwa antara dosis 0,5 gr, 1 gr, dan 1,5 gr lebih besar perubahan pH yang dihasilkan pada dosis 1,5 gr karna semakin tinggi dosis yang dicampurkan maka semakin besar pula perubahan pH yang akan didapatkan.

Tabel 7. Hasil pengukuran hari kedua data perhitungan dosis abu soda dengan air asam tambang skala laboratorium.

No	Uji pH Sampel hari 2	pH Awal Abu Soda	Kapur Tohor			Menit
			0,5 gr	1 gr	1,5 gr	
1	Settling pond 1	2,41	2,27	4,24	7,31	5-10
2	Settling pond 2	2,44	2,17	4,13	7,57	5-10
3	Settling pond 3	2,42	2,27	3,36	5,89	5-10

Berdasarkan pada tabel 7, memperlihatkan hasil data pengukuran hari pertama, bahwa terjadi kenaikan nilai pH pada setiap sampel pada masing-masing settling pond. Pada settling pond 1 dari pH awal 2,41 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,27, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 4,24, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,31. Settling pond 2 dari pH awal 2,44 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,17, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 4,13 sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,57. Settling pond 3 dari pH awal 2,42 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,27, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 3,36, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 5,89. Berdasarkan dari data pH perubahan abu soda pada hari pertama dapat dilihat bahwa antara dosis 0,5 gr, 1 gr, dan 1,5 gr lebih besar

perubahan pH yang dihasilkan pada dosis 1,5 gr karna semakin tinggi dosis yang dicampurkan maka semakin besar pula perubahan pH yang akan didapatkan.

Tabel 8. Hasil pengukuran hari ketiga data perhitungan dosis abu soda dengan air asam tambang skala laboratorium.

No	Uji pH Sampel hari 3	pH Awal Abu Soda	Kapur Tohor			Menit
			0,5 gr	1 gr	1,5 gr	
1	Settling pond 1	2,41	2,45	4,28	7,92	5-10
2	Settling pond 2	2,44	3,81	4,62	7,94	5-10
3	Settling pond 3	2,42	2,68	3,68	6,16	5-10

Berdasarkan pada tabel 8, memperlihatkan hasil data pengukuran hari pertama, bahwa terjadi kenaikan nilai pH pada setiap sampel pada masing-masing settling pond. Pada settling pond 1 dari pH awal 2,41 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,45, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 4,28, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,92. Pada settling pond 2 dari pH awal 2,44 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 3,81, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 4,62, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 6,16. Pada settling pond 3 dari pH awal 2,42 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,68, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 3,68, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 6,16. Berdasarkan dari data pH perubahan abu soda pada hari pertama dapat dilihat bahwa antara dosis 0,5 gr, 1 gr, dan 1,5 gr lebih besar perubahan pH yang dihasilkan pada dosis 1,5 gr karna semakin tinggi dosis yang dicampurkan maka semakin besar pula perubahan pH yang akan didapatkan.

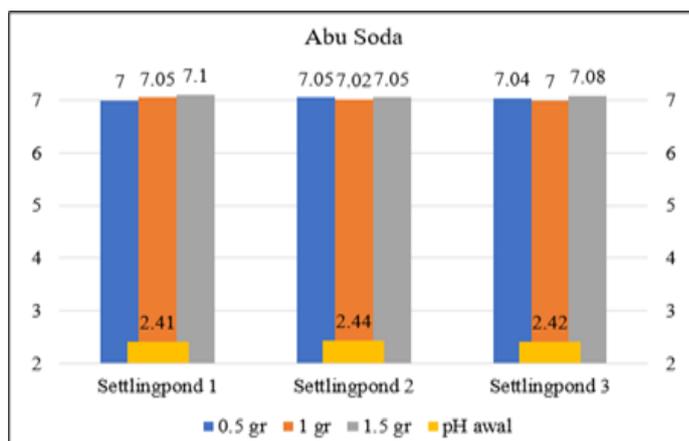
Tabel 9. Hasil pengukuran hari keempat data perhitungan dosis abu soda dengan air asam tambang skala laboratorium.

No	Uji pH Sampel hari 4	pH Awal Abu Soda	Kapur Tohor			Menit
			0,5 gr	1 gr	1,5 gr	
1	Settling pond 1	2,41	2,43	6,94	7,66	5-10
2	Settling pond 2	2,44	7,07	7,08	7,89	5-10
3	Settling pond 3	2,42	7,03	3,39	6,41	5-10

Berdasarkan pada tabel 9, memperlihatkan hasil data pengukuran hari pertama, bahwa terjadi kenaikan nilai pH pada setiap sampel pada masing-masing settling pond. Pada settling pond 1 dari pH awal 2,41 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 2,43, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 6,94, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,66. Pada settling pond 2 dari pH awal 2,44 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,07, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 7,08, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,89. Pada settling pond 3 dari pH awal 2,42 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,03, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 3,39, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 6,41. Berdasarkan dari data pH perubahan abu soda pada hari pertama dapat dilihat bahwa antara dosis 0,5 gr, 1 gr, dan 1,5 gr lebih besar perubahan pH yang dihasilkan pada dosis 1,5 gr karna semakin tinggi dosis yang dicampurkan maka semakin besar pula perubahan pH yang akan didapatkan.

Tabel 10. Hasil pengukuran hari kelima data perhitungan dosis abu soda dengan air asam tambang skala laboratorium.

No	Uji pH Sampel hari 5	pH Awal Abu Soda	Kapur Tohor			Menit
			0,5 gr	1 gr	1,5 gr	
1	Settling pond 1	2,41	7,00	7,05	7,10	5-10
2	Settling pond 2	2,44	7,05	7,02	7,05	5-10
3	Settling pond 3	2,42	7,04	7,00	7,08	5-10



Gambar 6. Grafik perubahan abu soda dari pH awal sampai pH akhir yang didapatkan.

Berdasarkan pada tabel 10, memperlihatkan hasil data pengukuran hari pertama, bahwa terjadi kenaikan nilai pH pada setiap sampel pada masing-masing settling pond. Pada settlingpond 1 dari pH awal 2,41 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,00, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 7,05 sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,10. Pada settlingpond 2 dari pH awal 2,44 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,05, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 7,02, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,05. Pada settlingpond 3 dari pH awal 2,42 dicampurkan abu soda dengan dosis 0,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,04, pada dosis 1 gr perubahan yang didapatkan pH 7,00, sedangkan pada dosis 1,5 gr perubahan yang didapatkan pH 7,08. Berdasarkan dari data pH perubahan kapur tohor pada hari pertama dapat dilihat bahwa antara dosis 0,5 gr, 1 gr, dan 1,5 gr lebih besar perubahan pH yang dihasilkan pada dosis 1,5 gr karna semakin tinggi dosis yang dicampurkan maka semakin besar pula perubahan pH yang akan didapatkan.

Pada gambar 6 memperlihatkan grafik perbandingan abu soda di Ph awal senttlingpond 1, senttlingpond 2 dan senttlingpond 3 sampai pada hari ke 5 mengalami perubahan nilai pH yang cukup baik, dikarenakan nilai pH yang didapatkan rata-rata nilai pH 7. Nilai pH yang didapatkan sesuai penetralan dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 yang dimana standar netral dari lingkungan adalah 6-9.

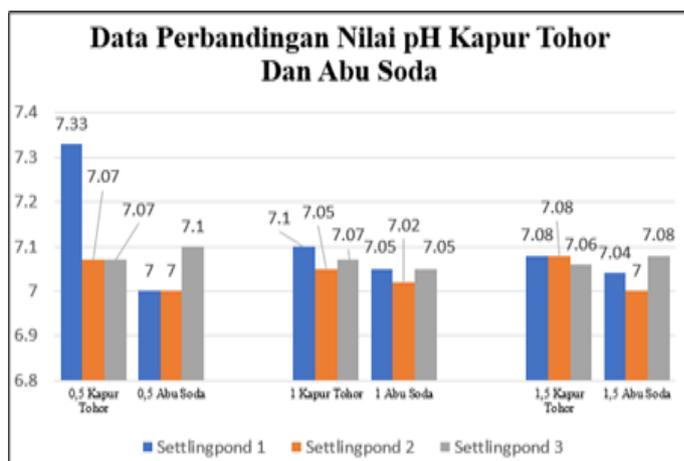
Perbandingan Dosis Kapur Tohor dan Abu Soda untuk Proses Penetralan Air Asam Tambang

Dari hasil pengujian penetralan air asam tambang diambil pada hari ke lima karena untuk mengetahui akhir uji pH rata-rata, dapat dilihat pada tabel 5 untuk kapur tohor dan 10 untuk abu soda yang mengalami perubahan dari nilai awal pH sampai pada nilai akhir pH yang didapatkan.

Tabel 11. Hasil pengukuran hari kelima data perhitungan dosis abu soda dengan air asam tambang skala laboratorium.

No	Uji pH Sampel hari 5	Dosis Kapur Tohor (gram/500ml)			Dosis Abu Soda (gram/500ml)		
		0,5 gr	1 gr	1,5 gr	0,5 gr	1 gr	1,5 gr
1	Settling pond 1	7,33	7,07	7,07	7	7,05	7,1
2	Settling pond 2	7,1	7,05	7,07	7,05	7,02	7,05
3	Settling pond 3	7,08	7,08	7,06	7,04	7	7,08

Berdasarkan pada tabel 11 memperlihatkan perbandingan efektivitas antara kapur tohor dan abu soda. Dapat disimpulkan bahwa dari kedua bahan percobaan ini untuk lebih efektivitas adalah kapur tohor dikarenakan nilai pH yang didapatkan lebih tinggi kapur tohor dibandingkan dengan nilai pH abu soda.



Gambar 8. Grafik perbandingan pH kapur tohor dan abu soda.

Berdasarkan dari Gambar 8 memperlihatkan perbandingan nilai pH antara kapur tohor dan abu soda, yang dimana memperlihatkan data yang lebih efektifitas untuk menetralkan air asam tambang adalah kapur tohor. pH awal yang didapatkan di laboratorium pada settling pond 1, 2 dan 3 sebesar pH 2, belum memenuhi standar baku mutu lingkungan. Pada penelitian ini lebih difokuskan pada perbandingan kenaikan pH dengan menggunakan kapur tohor dan abu soda. Dari hasil pengujian di laboratorium untuk kapur tohor didapatkan untuk kapur tohor pada dosis 0,5 gr/500ml kenaikan pH rata-rata sebesar 4,73, pada dosis 1 gr/500ml kenaikan pH rata-rata sebesar 4,63 dan pada dosis 1,5 gr/500ml kenaikan pH rata-rata sebesar 4,65. Sedangkan hasil pengujian di laboratorium untuk abu soda pada dosis 0,5 gr/500ml sebesar 4,61, pada dosis 1 gr/500ml kenaikan pH rata-rata sebesar 4,61 dan pada dosis 1,5 gr/500ml kenaikan pH rata-rata sebesar 4,61.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapatkan tingkat keefektifan kenaikan pH menggunakan kapur tohor lebih tinggi dari pada abu soda. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa berdasarkan kenaikan pH, bahan penetral kapur tohor lebih efektif dibandingkan abu soda.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan tujuan penelitian maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut. Dalam pengujian efektifitas penggunaan kapur tohor dan abu soda untuk menetralkan air asam tambang yang digunakan dalam skala laboratorium yaitu: 0,5 gr/500ml, 1 gr/500ml dan 1,5 gr/500ml dengan rata-rata perubahan pH pada kapur tohor sebesar 4,73, 4,63 dan 4,65 sedangkan pada abu soda sebesar 4,61, 4,61 dan 4,61. Jumlah total keseluruhan penggunaan kapur tohor dan abu soda sebanyak 18 gr, yang dimana kapur tohor menggunakan 9 gr untuk uji coba penetralan dan abu soda menggunakan 9 gr untuk uji coba penetralan.

REFERENSI

- Arnol, A. (2018). Desain Bioreaktor Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Menggunakan Sedimen Wetland Sebagai Sumber Inokulum Mikroba Bakteri Pereduksi Sulfat. *Hasanuddin Student Journal*, 254-262.
- Fitriyanti, R. (2016). Pertambangan Batubara: Dampak Lingkungan, Sosial dan Ekonomi. *Jurnal Redoks*, 1(1).
- Gunawan, F., Gautama, R. S., Abfertiawan, M. S., & Kusuma, G. J. (2014). Penelitian dan pengembangan sistem pengelolaan air asam tambang di Lati Mine Operation. In *Bandung: Seminar Air Asam Tambang Ke-5 dan Pascatambang di Indonesia*.
- Johnson, D. B., & Hallberg, K. B. (2005). Acid mine drainage remediation options: a review. *Science of the total environment*, 338(1-2), 3-14.
- Nurisman, E., Cahyadi, R., & Hadriansyah, I. (2012). Studi terhadap dosis penggunaan kapur tohor (CaO) pada proses pengolahan air asam tambang pada kolam pengendap lumpur tambang Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 5.

- Patria, A. M. (2008). Analisis Pencegahan Pembentukan Air Asam Tambang Dengan Metode Layering Di PT Berau Coal. *Skripsi. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Mulawarman. Samarinda.*
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y., Rachimoellah, M., & Putri, E. M. (2013). Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), F116-F120.
- Razie, F. (2016). Kajian Penanggulangan Air Asam Tambang Pada Salah Satu Perusahaan Pemegang Ijin Usaha Pertambangan Di Desa Lemo, Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah. *EnviroScienteeae.*
- Rukmana, B. T. S., Rauf, A., & Ghafarunniasa, D. (2017). Penanganan Air Asam Tambang Pada Skala Laboratorium Dengan Menggunakan Kapur Tohor Berdasarkan Parameter Ketebalan NAF. In *Prosiding Seminar Nasional XII" Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi* (pp. 24-29).
- Wahyudin, I., Widodo, S., & Nurwaskito, A. (2018). Analisis penanganan air asam tambang batubara. *Jurnal Geomine*, 6(2), 85-89.
- Yusran, M. (2009). Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Biofilm Bakteri Pereduksi Sulfat. *Tesis, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.*