



KEBUTUHAN DOSIS KAPUR TOHOR DALAM PENETRALAN AIR ASAM TAMBANG KPL PIT 1 TIMUR BANKO BARAT PT BUKIT ASAM

M. Randi Al Falah Assyakiri¹, Hisni Rahmi², Asep Neris³

Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang ^{1,2,3}
hisnirahmi@gmail.com¹

Info Artikel :

Diterima : 21 Januari 2021

Disetujui : 26 Januari 2021

Dipublikasikan : 28 Januari 2022

ABSTRAK

Air asam tambang sebelum dialirkan ke badan air perlu dinetralkan terlebih dahulu agar memenuhi baku mutu lingkungan sesuai Kepmen LH 113 tahun 2003. Air dari KPL Pit 1 Timur Banko Barat PT Bukit Asam masih di bawah baku mutu lingkungan dengan pH senilai 4,3. Tujuan penelitian adalah menganalisis jumlah kebutuhan dosis kapur tohor dengan berbagai variasi jumlah. Analisis regresi digunakan untuk mengestimasi kebutuhan dosis kapur tohor yang dibutuhkan. Hasil pengolahan data diperoleh penetralan air asam tambang secara aktual membutuhkan 35 karung/hari atau setara 875 kg pada KPL Pit 1 dengan 7 kolam kompartemen dan 3 titik pengapuran. Nilai pH hasil penetralan dengan menggunakan dosis ini menghasilkan rata-rata pH 4,31 dimana belum memenuhi baku mutu lingkungan berdasarkan Kepmen 113 tahun 2003. Dosis kapur tohor yang dibutuhkan untuk menetralkan pH air asam tambang berkisar antara 0,2152 – 0,9730 gr/liter dalam skala laboratorium dan 1.793,051 kg/hari – 8.107,061 kg/hari atau 72 - 325 karung dalam skala lapangan.

Kata Kunci:

Dosis, kapur tohor, penetralan, air asam tambang

ABSTRACT

Acid mine water before being channeled into water bodies needs to be neutralized first in order to meet the environmental quality standards according to Ministry of Environment Decree 113 of 2003. Water from KPL Pit 1 Timur Banko Barat PT Bukit Asam is still below the environmental quality standard with a pH of 4.3. The purpose of the study was to analyze the amount of quicklime dosage needed with various amounts of variation. Regression analysis was used to estimate the required dose of quicklime. The results of data processing showed that neutralization of acid mine water actually required 35 sacks/day or the equivalent of 875 kg at KPL Pit 1 with 7 compartment pools and 3 liming points. The pH value of neutralization using this dose resulted in an average pH of 4.31 which did not meet the environmental quality standards based on Ministerial Decree 113 of 2003. The dose of quicklime needed to neutralize the pH of acid mine water ranged from 0.2152 to 0.9730 gr/ liters on a laboratory scale and 1,793,051 kg/day – 8,107.061 kg/day or 72 - 325 sacks on a field scale.

Keywords:

Dosage, quicklime, neutralization, acid mine water

PENDAHULUAN

Salah satu masalah lingkungan yang sering ditemukan di negara-negara yang memiliki sejarah industri pertambangan batubara yang panjang dari dulu hingga sekarang adalah permasalahan mengenai air asam tambang. Penambangan batubara menyebabkan terlepasnya unsur-unsur kimia tertentu seperti Fe dan S dari senyawa pirit (Fe_2S), dan hasil reaksi antara air dengan senyawa tersebut akan menghasilkan air buangan bersifat asam (*Acid Mine Drainage/Acid Rock Drainage*) (Faisal & Syarifudin, 2014). Tidak cukup banyak perusahaan pertambangan yang memiliki sistem pengolahan air asam tambang yang baik sehingga pencegahan pembentukan atau mitigasi air asam tambang dari sumbernya biasanya lebih disukai. Meski terkadang tidak cocok untuk dilakukan di semua lokasi penambangan salah satunya seperti yang terjadi pada kegiatan penambangan batubara PT. Bukit Asam Tbk.

PT. Bukit Asam Tbk, sebagai salah satu perusahaan tambang batubara terbesar di Indonesia yang beroperasi di Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan, menggunakan sistem penambangan terbuka (*surface mining*) dimana pada setiap kegiatan penambangan memiliki dampak negatif bagi lingkungan sekitar, salah satunya yaitu adanya air asam tambang (*Acid Mine Drainage*). Air asam tambang (AAT) yang terbentuk ketika air melewati lapisan batuan yang mengandung mineral sulfida, dapat mengakibatkan penurunan pH air dan akan berikatan dengan logam berat yang dilewatinya. Upaya penetralan air asam tambang dapat dilakukan dengan berbagai cara melalui mekanisme kimia dan biologi (Sani, 2015).

Air dari tambang yang mengandung logam berat serta pH yang rendah, menyebabkan penurunan pH air sehingga dapat mencemari sungai dan berbahaya terhadap makhluk hidup di sekitarnya. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan terhadap air asam tambang agar tidak membahayakan lingkungan di sekitarnya (Amsya et al., 2021). Permasalahan air asam tambang PT Bukit Asam diatasi dengan memanfaatkan kapur tohor (CaO) sebagai bahan penetral air asam tambang. Kapur tohor dilarutkan di 3 titik lokasi penebaran kapur tohor (CaO) yang telah ditentukan di Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) Pit 1 Timur Banko Barat. Namun permasalahan tersebut belum teratasi dengan baik dikarenakan pH air tambang yang mengalir di titik penataan (*outlet*) KPL Pit 1 Timur yaitu 4,3 dan masih di bawah baku mutu lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian kebutuhan dosis kapur tohor (CaO) dalam penetralan air asam tambang KPL Pit 1 Timur Banko Barat PT Bukit Asam Tbk. Hasil analisis dapat menjadi rekomendasi bagi perusahaan dalam upaya menetralkan air asam tambang, sehingga pH air yang keluar dari outlet KPL berada pada baku mutu lingkungan Kepemen LH 113 tahun 2003 senilai 6 – 9. Baku mutu adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau bahan pencemar yang ditoleransi dengan adanya air (Rahmi et al., 2019).

KAJIAN PUSTAKA

Air asam tambang terbentuk saat mineral yang mengandung *pyrite* terpapar ke atmosfer dan berinteraksi dengan oksigen atau lingkungan yang bersifat oksidasi serta air yang nantinya bersifat asam (Hasyim & Rakhman, 2015; Said, 2014). Sulfur organik dan sulfat biasanya dijumpai dalam jumlah kecil pada batuan dan batubara dan kurang reaktif dalam pembentukan air asam tambang (Handayani et al., 2016). Air asam tambang terbentuk oleh faktor primer (batuan pembentuk, hidrologi, dan oksigen) dan

faktor sekunder (produksi batubara, luas areal penambangan, luas pit yang terbentuk, topografi, kualitas batubara). Kedua faktor tersebut akan secara aktif membentuk air asam tambang jika kegiatan penambangan batubara terbuka dilaksanakan. Faktor-faktor utama yang menentukan kecepatan pembentukan air asam (Akcil dan Koldas. 2006) adalah :

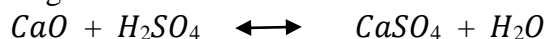
1. pH
2. Temperatur
3. Kandungan oksigen alam fasa gas, ketika kejenuhan < 100 %
4. Konsentrasi Oksigen pada fasa air
5. Derajat kejenuhan air
6. Keaktifan kimia Fe^{3+}
7. Luas permukaan logam sulfida yang tersingkap
8. Energi aktivasi kimia yang diperlukan dalam pembentukan asam
9. Aktifitas bakteri

Sebelum air asam tambang dialirkan ke badan air perlu dilakukan pengelolaan terlebih dahulu supaya memenuhi baku mutu lingkungan dengan salah satu parameternya pH 6-9. Hal ini bertujuan agar lingkungan berkelanjutan dapat tercapai. Lingkungan berkelanjutan di sini berarti lingkungan yang dapat menjaga daya dukung lingkungan sebagai penyedia sumber daya bagi kehidupan manusia (Rahmi et al., 2017). Air asam tambang yang telah dikelola dan dialirkan ke badan air sesuai baku mutu tentunya dapat dimanfaatkan masyarakat dan juga tidak mengganggu biota perairan di badan air tersebut.

Sistem Pengolahan AAT Secara Aktif

Sistem pengolahan aktif adalah pengolahan air asam tambang dengan menggunakan bahan kimia alkali untuk meningkatkan pH air, menetralkan keasaman dan pengendapan logam. Metode aktif sampai saat ini merupakan metode yang dinilai paling efektif untuk menetralkan air asam tambang dibandingkan dengan metode pasif (Adha et al., 2017). Meskipun efektif, sistem pengolahan aktif ini tergolong mahal bila biaya peralatan, bahan kimia, dan tenaga kerja dianggap sebagai pertimbangan (Said, 2014). Pengolahan air asam tambang secara aktif menggunakan bahan kimia yang memiliki sifat alkalin, yaitu suatu sifat yang dapat meningkatkan pH air asam tambang. Bahan kimia alkali ini pada umumnya mengandung kapur, bisa dalam bentuk CaO, $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$ atau penambahan bahan kimia lainnya seperti soda kaustik (NaOH) dan amoniak (NH_3) sehingga terjadi suatu reaksi aktif penetralan sifat keasaman.

Reaksi penetralan asam dengan bahan yang mengandung kapur tohor (CaO) adalah sebagai berikut :



Untuk melakukan pemilihan sistem pengolahan aktif, beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain adalah debit aliran air baku, pH, total padatan tersuspensi (TSS), keasaman atau alkalinitas dalam mg/l sebagai CaO, konsentrasi Fe dan Mn, badan air penerima dan penggunaannya, ketersediaan listrik, jarak antara penambahan bahan kimia dan tempat air masuk ke kolam pengendapan lumpur, volume serta bentuk kolam pengendapan lumpur. Setelah mengevaluasi variabel- variabel tersebut selama periode waktu tertentu, operator dapat mempertimbangkan secara ekonomi terhadap

bahan kimia berbeda dan alternatif sistem pengolahan aktif. Pada umumnya desain sistem pengolahan aktif secara kimia terdiri dari:

1. Pipa aliran masuk (*inlet*)
2. Parit atau saluran terbuka
3. Kolam penampungan
4. Tangki (bin) untuk melakukan pengolahan kimia
5. Peralatan kontrol penggunaan bahan kimia
6. Kolam pengendapan lumpur
7. Titik pengeluaran atau pembuangan (*outlet*).

Dititik pembuangan inilah dilakukan pemantauan nilai kepatuhan baku mutu sesuai dengan peraturan yang berlaku (Said, 2014).

Kolam pengendap lumpur berfungsi sebagai tempat mengendapkan lumpur-lumpur, atau material padatan yang bercampur dari limpasan yang disebabkan adanya aktifitas penambangan maupun karena erosi (Sepniko et al., 2018). Dengan adanya kolam pengendap lumpur diharapkan semua air yang ada keluar dari daerah penambangan benar - benar air yang sudah memenuhi ambang batas yang diizinkan sesuai dengan baku mutu lingkungan. Pemerintah telah menetapkan baku mutu air dan baku mutu limbah cair sebagai rambu - rambu dalam pengendalian kualitas air. Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 16 Tahun 2005 tentang peruntukan air dan baku mutu air sungai mendefinisikan baku mutu air sebagai batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain yang ada atau harus ada unsur pencemar yang dapat ditenggang dalam sumber air tertentu, sesuai dengan peruntukannya.

Pengaruh Penggunaan Kapur Tohor Terhadap Air Asam Tambang

Proses penetralan air asam tambang umumnya menggunakan kapur tohor. Kapur merupakan salah satu jenis batuan yang dapat digunakan untuk meningkatkan pH secara praktis, murah dan aman sekaligus dapat mengurangi kandungan-kandungan logam berat yang terkandung didalam air asam tambang (Herlina et al., 2014). Ada beberapa macam kapur yang dapat digunakan yaitu kapur pertanian (CaCO_3), kapur tohor (CaO), kapur tembok (Ca(OH)_2), Dolomite ($\text{CaMg(CO}_3)_2$) dan kapur silika (CaSiO_3). Setiap jenis tersebut memiliki tingkat penetrasi yang berbeda-beda. Makin tinggi nilai penetrasi suatu kapur, makin tinggi daya peningkatan pH dan berarti makin sedikit jumlah kapur yang digunakan untuk meningkatkan pH dalam satu satuan. Karbonat adalah suatu jenis kapur, yang apabila dibakar pada suhu 1100°C akan menghasilkan:



CaO memiliki stabilitas tinggi yang cepat bereaksi dengan air dan langsung dapat menetralkan larutan yang bersifat asam.



Alkalinitas merupakan kebalikan (penetral) proses pengasaman. Alkalinitas sebagian besar terjadi karena adanya mineral karbonat, yaitu kalsit dan dolomit. Mineral-mineral silikat (seperti kuarsa, kaolinite, illite, smectite, muscovite) juga dapat menetralkan pengasaman, meskipun kecepatan reaksinya jauh lebih lambat dibandingkan dengan mineral karbonat (Said, 2014). Batu kapur merupakan batuan yang memiliki sifat alkalinitas yang baik sehingga sering digunakan dalam proses penetralan air asam tambang untuk meningkatkan pH air asam tambang. Kapur tohor baik untuk penetralan derajat keasaman (pH) air asam tambang (Womal, 2019).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di KPL Pit 1 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Kecamatan Lawang Kidul, Kab. Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan (Gambar 1). Jenis penelitian adalah penelitian terapan dimana dilakukan dengan tujuan menerapkan, menguji, dan mengevaluasi kemampuan suatu teori yang diterapkan dalam memecahkan masalah-masalah kebutuhan dosis kapur tohor pada KPL Pit 1 (Sugiyono, 2017). Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer meliputi: kecepatan aliran, pH di saluran inlet dan saluran *outlet*, dimensi (panjang, lebar, tinggi) mud trap, KPL, dan saluran *outlet*, dan hasil uji dari pengujian sampel di laboratorium dengan variasi dosis kapur tohor (2,0280 gr/l; 1,5120 gr/l; 1,0240 gr/l; 0,7511 gr/l; 0,5060 gr/l; 0,4678 gr/l; dan 0,2503). Data sekunder meliputi: peta lokasi penelitian, sertifikat hasil uji (SHU) air asam tambang, debit air.



Gambar 1. KPL Pit 1 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam

Data yang sudah dikumpulkan selanjtnya diolah untuk menghitung dosis dalam skala laboratorium dan lapangan. Analisis regresi digunakan untuk mengestimasi berapa kebutuhan dosis kapur tohor yang efektif digunakan dalam menetralkan pH air menjadi 7 dengan bantuan *software microsoft excel*. Dosis kapur tohor yang digunakan untuk skala lapangan dihitung dengan menggunakan persamaan

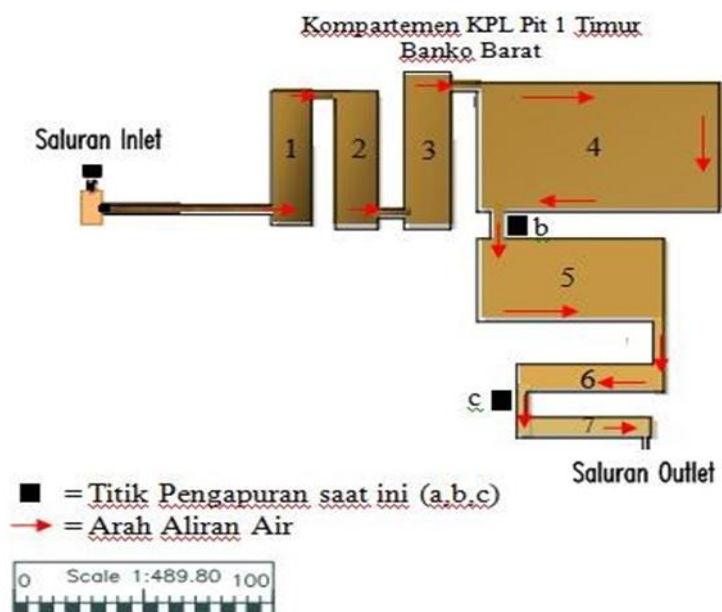
$$V = \text{dosis skala laboratorium} \left(\frac{\text{gr}}{\text{liter}} \right) \times \text{debit total pompa} \left(\frac{\text{liter}}{\text{hari}} \right) \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Penetralan pH Air Asam Tambang Pada KPL Pit 1 Timur Banko Barat

Hasil pemantauan di lapangan, sistem penetralan pH air asam tambang pada KPL Pit 1 Timur Banko Barat terletak di sisi timur pada IUP Banko Barat terdiri dari 7 kompartemen untuk mengolah air asam tambang yang masuk ke KPL Pit 1 Timur. Air asam tambang yang masuk ke KPL Pit 1 Timur berasal dari galian Pit 1 Utara. KPL Pit 1 Timur memiliki luasan area 4 hektar dengan luasan *catchment* area seluas 16 hektar, untuk pengolahan air asam tambang yang ada pada KPL Pit 1 Timur dilakukan dengan

metode aktif yaitu menggunakan kapur tohor (CaO) untuk meningkatkan nilai pH air asam tambang, dalam waktu total satu hari pemakaian kapur tohor (CaO) sebanyak 35 karung/hari dan terdapat 3 titik lokasi yang digunakan untuk menebar kapur yang dapat dilihat pada (Gambar 2).



Gambar 2. Sistem Penetrulan Air Asam Tambang di KPL Pit 1 Timur Banko Barat

Saluran terbuka di Pit 1 Timur Banko Barat dimulai dari pipa inlet sampai dengan *Mud Trap* dengan dimensi saluran terbuka pada bagian lebar atas 4m, lebar dasar saluran 2m, dan tinggi 1m. Aktual upaya tersebut untuk menaikkan pH air asam tambang belum dapat dikatakan berhasil dikarenakan pada saat dilakukan pemantauan kualitas air asam tambang pada titik penataan nilai pH air asam tambang masih di bawah baku mutu lingkungan.

Pengolahan air asam tambang di Pit 1 Timur Banko Barat menerapkan sistem gabungan antara sistem penetrulan pasif yaitu saluran terbuka batu kapur (*Open Limestone Channels*) dan sistem penetrulan aktif yaitu pembubuhan kapur tohor (CaO). Pemeriksaan pH air asam tambang Pit 1 Timur dilakukan setiap hari di titik penataan (*outlet*) untuk dapat mengontrol nilai pH yang keluar sudah memenuhi standar baku mutu lingkungan. Berdasarkan pengukuran di lapangan, diketahui bahwa pH air asam tambang di titik penataan (*outlet*) sebesar 4,31. Hal tersebut berkaitan dengan dosis penggunaan kapur berdasarkan laporan pengapuran bulanan Pit 1 Timur yang memiliki rata-rata pengapuran sebesar 35 karung/hari.

Kebutuhan Dosis Kapur Tohor (CaO)

Analisis terhadap kebutuhan kapur tohor dilakukan terlebih dahulu dalam skala laboratorium untuk selanjutnya dapat dihitung kebutuhan dalam skala lapangan.

1. Skala Laboratorium

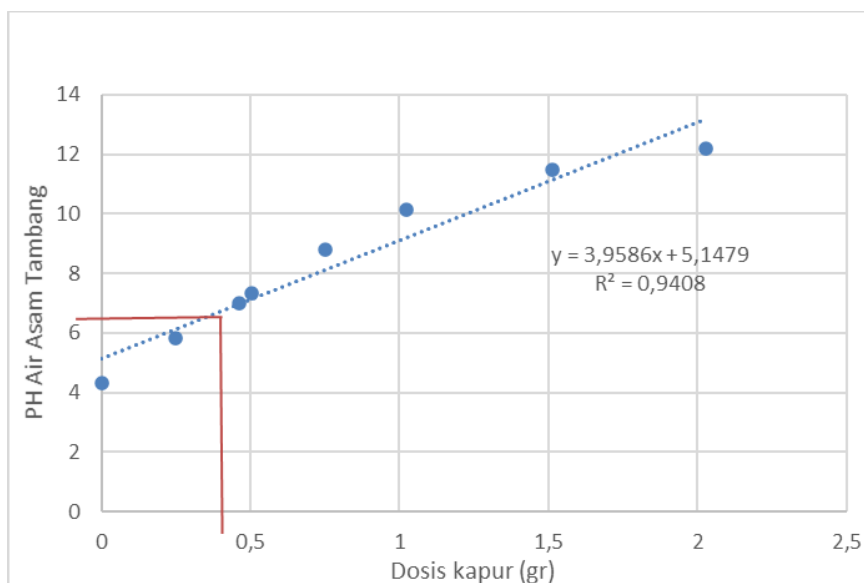
Pengaruh penggunaan kapur tohor terhadap kenaikan air asam tambang dapat diamati melalui serangkaian pengujian. Kapur yang digunakan adalah kapur tohor (CaO). Oleh karena sampel kapur yang diambil dari lapangan dalam kondisi basah dan lengket serta ukuran butir yang kasar, maka perlu dilakukan preparasi terlebih dahulu. Preparasi batu kapur dilakukan yaitu dengan memasukan sampel kapur tohor ke dalam

oven dengan suhu 100°C selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan air. Kemudian kapur yang telah dioven dihaluskan dan diayak dengan *shieving* berukuran 200 mesh. Kapur tohor yang telah dipreparasi kemudian dilarutkan kedalam sampel air asam tambang dalam percobaan laboratorium menggunakan *Jar Test*. Percobaan laboratorium mengenai perubahan pH 1 liter air asam tambang terhadap dosis kapur tohor setelah diaduk menggunakan *jar test* dengan waktu kontak selama 15 menit diperoleh hasil pengujian di laboratorium yang tercantum pada (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Uji Laboratorium pH dengan Berbagai Variasi Dosis Kapur Tohor

No.	Dosis kapur tohor (gr)	pH
1	0	4,3
2	0,2503	5,84
3	0,4678	7,0
4	0,5060	7,34
5	0,7511	8,78
6	1,0240	10,12
7	1,5120	11,46
8	2,0280	12,21

Berdasarkan tabel di atas pengujian dosis kapur tersebut, didapatkan grafik hubungan antara dosis kapur terhadap kenaikan pH air asam tambang yang tertera pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Hubungan Dosis Kapur Terhadap Kenaikan pH Air Asam Tambang

Berdasarkan grafik hasil uji tersebut diketahui bahwa hubungan antara tingkat kenaikan pH dengan dosis kapur didapatkan sebuah persamaan linier yaitu $y = 3,9586x + 5,1479$. Variabel y merupakan nilai pH dan variabel x merupakan dosis kapur yang dibutuhkan. Berdasarkan persamaan linier yang diperoleh diketahui bahwa hubungannya berbanding lurus, dimana semakin meningkat dosis yang digunakan semakin meningkat juga nilai pH hasil penetralan.

Kemudian untuk mengetahui kualitas persamaan regresi linier tersebut dapat dilihat dari nilai kekuatan hubungan (R) dari regresi linier tersebut. Nilai hubungan

kekuatan (R), diketahui nilai R^2 adalah 0,9408 berarti hubungan keeratannya sangat kuat sekali antara pH air asam tambang dengan penambahan berbagai variasi dosis kapur tohor (CaO).

Dosis kapur tohor yang dibutuhkan untuk menaikkan pH dengan nilai 6 – 9 berdasarkan persamaan regresi linier di atas yaitu:

- pH = 6 maka, $x = \frac{6-5,1479}{3,9587} = 0,2152$
- pH = 7 (netral) maka, $x = \frac{7-5,1479}{3,9587} = 0,4678$
- pH = 9 maka, $x = \frac{9-5,1479}{3,9587} = 0,9730$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka terlihat bahwa kebutuhan dosis kapur yang dibutuhkan agar pH air asam memenuhi baku mutu lingkungan sesuai Kepmen 113 tahun 2003 dengan nilai pH 6-9 berkisar antara 0,2152 – 0,9730 gr/liter. Minimal pemberian dosis kapur tohor agar memenuhi baku mutu lingkungan adalah 0,2 gr/liter sesuai dengan penelitian terdahulu (Pranata, 2018; Sari, 2018).

2. Skala Lapangan

Penentuan banyaknya penggunaan kapur tohor per hari di lapangan didapatkan dengan mengkalikan dosis kapur skala laboratorium yaitu 0,2152 – 0,9730 gr/liter dengan debit total pompa Multiflo 420EX-HV yaitu 8.332.026 L/hari, dapat dihitung dengan persamaan berikut :

- pH = 6 maka, $V = 0,2152 \frac{gr}{L} \times 8.332.026 \frac{L}{hari} = 1.793.051 \frac{gr}{hari} = 1.793,051 \frac{kg}{hari}$
- pH = 7 (netral) maka, $V = 0,4678 \frac{gr}{L} \times 8.332.026 \frac{L}{hari} = 3.897.722 \frac{gr}{hari} = 3.897,722 \frac{kg}{hari}$
- pH = 9 maka, $V = 0,9730 \frac{gr}{L} \times 8.332.026 \frac{L}{hari} = 8.107.061 \frac{gr}{hari} = 8.107,061 \frac{kg}{hari}$

Berdasarkan perhitungan diperoleh bahwa 1.793,051 kg/hari – 8.107,061 kg/hari kapur tohor (CaO) yang dibutuhkan untuk menetralkan air asam tambang dalam skala lapangan. Jika dikonversikan dalam jumlah karung, maka kebutuhan kapur tohor sejumlah 72 - 325 karung dengan asumsi bahwa 1 karung berisi kapur tohor seberat 25 kg. dosis kapur tohor berdasarkan perhitungan yang idealnya perlu penambahan 3 – 10 kali lipat dari yang biasanya digunakan (35 karung/hari). Supaya mendekati pH netral air senilai 7, perusahaan dapat menambahkan sekitar 155 karung/hari. Hal ini perlu menjadi pertimbangan bagi perusahaan dalam menambah dosis kapur tohor yang digunakan agar pH setelah penetralan berada pada range 6 – 9 dikarenakan akan terkait dengan biaya yang akan dikeluarkan.

KESIMPULAN

1. Penetralan air asam tambang secara aktual membutuhkan 35 karung/hari atau setara 875 kg pada KPL Pit 1 dengan 7 kolam kompartemen dan 3 titik pengapuran. Nilai pH hasil penetralan dengan menggunakan dosis ini menghasilkan rata-rata pH 4,31 dimana belum memenuhi baku mutu lingkungan berdasarkan Kepmen 113 tahun 2003.
2. Dosis kapur tohor yang dibutuhkan untuk menetralkan pH air asam tambang berkisar antara 0,2152 – 0,9730 gr/liter dalam skala laboratorium dan 1.793,051 kg/hari – 8.107,061 kg/hari atau 72 - 325 karung dalam skala lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, C. W., Muhammad, R., & Thamrin, M. (2017). Analisis Efektivitas Kapur Tohor dan Zeolit Untuk Peningkatan pH dan Penurunan Kandungan Logam Fe dan Cu Pada Pengolahan Air Asam Tambang. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV, November*, 43–51.
- Amsya, R. M., Zakri, R. S., & Fiqri, M. R. (2021). Analisis Pengaruh Penggunaan Fly Ash Dan Kapur Tohor Pada Penetralkan Ph Air Asam Tambang Di Pt. Mandiangin Bara Prima. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 21(1), 109. <https://doi.org/10.36275/stsp.v21i1.368>
- Faisal, A., & Syarifudin, A. (2014). DOSIS OPTIMUM LARUTAN KAPUR UNTUK NETRALISASI pH AIR. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 11(1), 184–189.
- Handayani, R. E., Ibrahim, E., Ridho, M. R., & Yazid, M. (2016). The Effects of Acid Mine Drainage (AMD) On the Internal and the External Environment In the Open Coal Mining Activities. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*, 7(1).
- Hasyim, I., & Rakhman, A. (2015). Kajian Penggunaan Kebutuhan Kapur Dalam Pengolahan Air Asam Tambang Pada Settling Pond 02 Di Pt. Bara Kumala Sakti Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Geologi Pertambangan*, 2(891), 40–49.
- Herlina, A., Handayani, H., & Iskandar, H. (2014). Pengaruh Fly Ash Dan Kapur Tohor Pada Netralisasi Air Asam Tambang Terhadap Kualitas Air Asam Tambang (pH, Fe & Mn) Di IUP Tambang Air Laya PT Bukit Asam (Persero), Tbk. *Jurnal Ilmu Teknik Sriwijaya*, 2(2), 102629.
- Pranata, L. A. (2018). Analisis penetralan air asam tambang batubara dengan menggunakan kapur tohor di kolam pengendapan lumpur the analysis of coal acid mine drainage using calcium oxide in settling pond. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 9(1), 4–14.
- Rahmi, H., Juniah, R., & Affandi, A. K. (2017). Study of Chemical Characteristics of the Lambidaro River For Sustainable Environment. *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability*, 1(1), 23–26. <https://doi.org/10.26554/ijems.2017.1.1.23-26>
- Rahmi, H., Susetyo, D., & Juniah, R. (2019). Utilization Study of Void Mine For Sustainable Environment of The Limestone Mining Sector at PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability*, 3(2), 54–59. <https://doi.org/10.26554/ijems.2019.3.2.54-59>
- Said, N. I. (2014). TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR ASAM TAMBANG BATUBARA “Alternatif Pemilihan Teknologi.” *Jurnal Air Indonesia*, 7(2), 119–138. <https://doi.org/10.29122/jai.v7i2.2411>
- Sani, F. K. (2015). *Alat Pengolahan Air Asam Tambang Batu Bara Menggunakan Metode Elektroforesis Berbasis Atmega328*. Universitas Sumatera Utara.
- Sari, E. I. (2018). *Studi Penggunaan Kapur Tohor Dalam Proses Penetralkan Air Asam Tambang Di KPL Pit 3 Barat IUP Tambang Banko Barat PT Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan (Study of the Use of Quicklime in the Mine Acid Water Neutral Process at Pit KPL 3 West Banko*. Universitas Bangka Belitung.
- Sepniko, R., Murad, M., & Anaperta, Y. M. (2018). Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka pada Penambangan Batubara Blok B PT Minemex Indonesia Desa Talang Serdang Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi

- Jambi. *Bina Tambang*, 3(4), 1456–1470.
- Sugiyono. (2017). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Womal, A. M. (2019). Studi Penanganan Air Asam Tambang Dengan Metode Aktif (Active Treatment) Pada PT. Bukit Asam Tbk (Studi Kasus KPL Saluran ALP IUP Tambang Air Laya). *ReTII*, 2019(November), 70–77.