



Efektivitas Kapur Tohor Terhadap Peningkatan Ph Dan Penurunan Kadar Logam Fe Dan Mn Di *Settling Pond* 11 PT. Alam Jaya Pratama Site Bara Kumala Sakti Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

Jovanda Ego Prisitama¹, Henny Magdalena², Shalaho Dina Devy³, Agus Winarno⁴, Harjuni Hasan⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Korespondensi: jovandaego7@gmail.com, henny_magdalena@ft.unmul.ac.id, shalaho.d2@ft.unmul.ac.id

ABSTRAK

Kolam pengendapan merupakan lokasi terakhir yang dituju oleh air yang berasal dari Pit, Sump, Disposal, dan air limpasan disekitar lokasi penambangan pada PT. Alam Jaya Pratama *site* Bara Kumala Sakti. Kualitas air dalam kolam pengendapan yang belum memenuhi Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan dapat dikelola menggunakan bahan kimia yaitu salah satunya dengan kapur tohor (CaO). Kapur tohor berfungsi untuk menetralkan pH dan menurunkan kadar logam didalam kolam pengendapan. Kebutuhan kapur tohor dapat diketahui setelah mengetahui dosis paling efektif pada kolam pengendapan tersebut. Berdasarkan fakta dilapangan bahwa buruknya kualitas air terhadap lingkungan disekitarnya adalah dikarenakan waktu pengelolaan yang lama dan efisiensi penggunaan kapur tohor yang tidak tepat. Agar kualitas air yang dikeluarkan dapat memenuhi standar, diperlukan pemantauan secara berkala dan pengujian kualitas air di kolam pengendapan dengan tujuan akhir keluaran air sesuai dengan standar serta banyaknya kebutuhan kapur tohor di *Settling Pond 11* juga dapat diketahui. Dari hasil pengukuran awal pada sampel air di *Inlet Settling Pond 11* diperoleh rata-rata pH 3,25; kadar Fe 1,61 mg/L; kadar Mn 2,81 mg/L berada dibawah standar. Dengan uji menggunakan metode titrasi, didapatkan rata-rata dosis optimum untuk meningkatkan pH dan menurunkan kadar logam yaitu 1 mg/L. Setelah tiap sampel melalui uji titrasi didapat rata-rata yaitu: pH 7,32; kadar Fe 0,46 mg/L; dan kadar Mn 1,63 mg/L. Dari rata-rata dosis tersebut, didapat kebutuhan kapur tohor sebesar 223,32 kg/bulan. Perbandingan penggunaan kapur tohor per bulan antara aktual dan perhitungan adalah 500 kg : 223,32 kg. Adapun rekomendasi dari perbandingan tersebut adalah hasil tersebut dapat dijadikan pertimbangan untuk mengoptimalkan penggunaan kapur tohor di *Settling Pond 11*.

Kata Kunci: Kolam Pengendapan, Kualitas Air, Kapur Tohor (CaO), Uji Titrasi

ABSTRACT

The settling pond is the final location where water comes from the Pit, Sump, Disposal and run-off water around the mining location at PT. Alam Jaya Pratama site Bara Kumala Sakti. Water quality in settling pond that does not meet the Mining Activity Waste Water Quality Standards can be managed using chemicals, one of which is Calcium Oxide (CaO). The need for Calcium Oxide can be determined after knowing the most effective dose in the settling pond. Calcium Oxide functions to neutralize pH and reduce metal levels (Fe and Mn) in settling ponds. Based on facts in the field, the poor water quality for the surrounding environment is due to the management period being too long and the efficiency of using Calcium Oxide incorrectly. So that the quality of the water released can meet the standards, regular monitoring and testing of the water quality in the settling pond is required with the final aim of the water output being in accordance with the standards and the amount of Calcium Oxide needed in Settling Pond 11 can also be known. From the results of initial measurements on water samples at Inlet Settling Pond 11 was obtained an average pH of 3,25; levels of Fe 1,61 mg/L; levels of Mn 2,81 mg/L are below standard. By testing using the titration method, the average optimum dose for increasing pH and reducing metal levels was 1 mg/L. After each sample went through a titration test, the average was obtained, namely: pH 7,32; levels of Fe 0,46 mg/L; and levels of Mn 1,63 mg/L. From this average dose, the need for Calcium Oxide is 223,32 kg/month. The comparison of Calcium Oxide usage per month between actual and calculated is 500 kg : 223,32 kg. The recommendation from this comparison is that these results can be taken into consideration to optimize the use of Calcium Oxide in Settling Pond 11.

Keywords: *Settling Pond, Water Quality, Calcium Oxide (CaO), Titration Test*

PENDAHULUAN

Kolam pengendapan berfungsi sebagai pemisah material yang ikut terbawa oleh air, yang nantinya setelah air memenuhi syarat akan dialirkan lagi menjauh dari area penambangan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mengelola suatu kolam pengendapan, di antaranya: dimensi kolam pengendapan, kecepatan debit aliran air yang masuk, waktu dan kecepatan yang dibutuhkan material untuk mengendap, dan periode waktu pengerukan kolam pengendapan [9].

Pengelolaan kolam pengendapan menjadi salah satu kegiatan yang sangat penting dan tidak boleh diabaikan oleh tiap perusahaan. Pengelolaan itu sendiri ada 2 jenis, yaitu: pengelolaan kualitas dan pengelolaan kuantitas. Dalam pengelolaan kualitas air, banyak cara dan bahan yang dapat digunakan untuk menetralkan pH dan mengendapkan material pada kolam pengendapan. Kapur tohor merupakan beberapa bahan kimia yang paling sering digunakan oleh banyak perusahaan untuk pengelolaan kualitas air. Fungsi dari kapur tohor adalah untuk menetralkan pH pada air kolam pengendapan. Maka perlu perhitungan terhadap dosis dan jumlah kebutuhan penggunaan kapur tohor.

Oleh karena itu, dilakukan penelitian terhadap kebutuhan kapur tohor yang digunakan pada kegiatan pengelolaan kualitas air. Pengelolaan teknis yang akan dilakukan menggunakan standar baku mutu lingkungan dan baku mutu limbah sebagai acuan ukuran dari kualitas air dan material yang akan dikeluarkan. Tujuan dari penelitian ini agar menjadi rekomendasi bagi perusahaan untuk memaksimalkan kegiatan pengelolaan kolam pengendapan, sesuai dengan kondisi dan situasi perusahaan.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis pH awal dan pH akhir air limbah di *Settling Pond 11*.
2. Menganalisis kadar logam awal dan kadar logam akhir (Fe dan Mn) air limbah di *Settling Pond 11*.
3. Menentukan komposisi kapur tohor yang efisien di *Settling Pond 11*.
4. Mengevaluasi kebutuhan kapur tohor aktual dan perhitungan.

Lokasi dan Kesempaan Daerah Penelitian

PT. Alam Jaya Pratama merupakan Perusahaan Kontraktor Swasta Nasional yang selanjutnya disingkat dengan PT. AJP, yang bergerak dalam bidang usaha pertambangan batubara di Kalimantan Timur. Dalam usahanya, PT. AJP adalah kontraktor penambangan batubara yang berada dibawah PT. Bara Kumala Sakti yang merupakan pemilik Izin Usaha Pertambangan (*Owner*), menerapkan sistem penambangan terbuka dengan metode *Open Pit Mining*. Daerah konsesi penambangan di PT. Alam Jaya Pratama seluas 18831,90 hektare.

Penelitian dilaksanakan di *Settling Pond 11* PT. Alam Jaya Pratama site Bara Kumala Sakti, Desa Jembayan, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Penelitian dilaksanakan mulai tanggal 11 November – 11 Desember 2022. Secara UTM (*Universal Transverse Mercator*) terletak pada koordinat 494435.9991 m - 494748.0011 m dan 9918944.9994 m - 9918950.9991 m. Lokasi dapat ditempuh dengan rute perjalanan dari Samarinda menuju PT. Alam Jaya Pratama menggunakan perjalanan darat selama ± 1 jam 10 menit dengan jarak sekitar 45 Km.

Kolam Pengendapan

Kolam pengendapan untuk daerah penambangan adalah kolam yang dibuat untuk menampung dan mengendapkan partikel air limpasan yang berasal dari daerah penambangan maupun daerah sekitar penambangan. Kemudian, nantinya air tersebut akan dibuang menuju tempat pembuangan seperti sungai, rawa, danau, dan yang lainnya. Bentuk kolam pengendapan dapat digambarkan dengan sederhana dan terdiri dari bentuk yang bermacam-macam yaitu berupa kolam berbentuk persegi panjang, zig zag, persegi, dapat disesuaikan dengan keperluan dan keadaan lapangan yang tersedia [2].

Settling Pond mempunyai 3 zona penting, yaitu [10]:

1. Zona Masukan (*inlet zone*)
Zona ini berfungsi sebagai tempat masuknya air yang bercampur dengan padatan dalam bentuk lumpur ke dalam kolam pengendapan.
2. Zona Endapan Lumpur (*sediment zone*)
Zona ini merupakan tempat material padatan yang bercampur bersama air akan mengalami sedimentasi.
3. Zona Keluaran (*outlet zone*)
Zona ini merupakan tempat keluaran air yang diharapkan hampir jernih.

Kualitas Air

Kualitas air yang dapat diterima untuk badan air alami umumnya tergantung pada penggunaan yang paling menguntungkan saat ini dan masa depan. Kriteria kualitas air umumnya mempertimbangkan kesehatan manusia dan dampak kehidupan perairan. Kriteria kualitas air berbasis kesehatan manusia diturunkan dari asumsi yang berhubungan dengan manusia, jumlah air yang ditelan oleh manusia, dan jumlah organisme air (misalnya, ikan) yang dikonsumsi berasal dari badan air. Kriteria kualitas air berbasis dampak kehidupan perairan diturunkan dari mortalitas studi tentang organisme terpilih yang terpapar pada berbagai tingkatan pencemaran di dalam air, serta faktor lainnya yang mempengaruhi kesehatan ekosistem perairan [3].

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara [7 dan 8].

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum (PERMEN LHK No. 5 Tahun 2022)	Kadar Maksimum (PERDA Kaltim No. 2 Tahun 2011)	Metode Uji
pH		6-9	6-9	SNI 06-6989.11-2004
Besi (Fe) Total	mg/L	7	7	SNI 6989.5-2009
Mangan (Mn) Total	mg/L	4	4	SNI 6989.4-2009

Parameter Kualitas Air

Parameter yang digunakan pada penelitian ini ada 3 yaitu: derajat keasamaan (pH), kadar besi (Fe), dan kadar mangan (Mn) [6].

A. Derajat Keasamaan (pH)

Nilai pH atau derajat keasamaan menunjukkan kadar asam atau basa di dalam suatu larutan. pH adalah istilah untuk menyatakan intensitas keadaan basa atau asam sesuatu melalui kadar ion hidrogen atau (H⁺). Nilai pH yang normal adalah sekitar netral antara pH 6-8.

B. Kadar Besi (Fe)

Besi adalah logam yang mungkin terdapat di perairan dan sedimen dengan konsentrasi yang tinggi. Besimerupakan unsur terbesar keempat yang terdapat pada kerak bumi dan termasuk unsur yang esensial bagi makhlukhidup.

C. Kadar Mangan (Mn)

Mangan merupakan nutrien renik yang esensial bagi tumbuhan dan hewan. Logam ini berperan dalam pertumbuhan dan merupakan salah satu komponen penting pada sistem enzim.

Kapur Tohor (CaO)

Kapur tohor merupakan material berwarna putih berbentuk amorfos dengan rumus kimia CaO. Kapur tohor merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam pengolahan air asam tambang dengan metode aktif. Hal ini dikarenakan kapur tohor merupakan salah satu bahan kimia yang dapat meningkatkan pH secara praktis, murah dan aman sekaligus dapat mengurangi kandungan logam berat yang terkandung dalam air asam tambang [1].

Perhitungan jumlah kebutuhan (dosis) lapangan menggunakan persamaan 2.1. Dengan membandingkan antara dosis optimal dan volume yang digunakan pada laboratorium dengan volume air limpasan yang akan masuk ke *settling pond*. Perhitungan jumlah kebutuhan (dosis) lapangan memiliki rumus sebagai berikut:

$$D_{lap} = \frac{D_{lab} \times V_{sp}}{V_{lab}} \dots\dots\dots [2.1]$$

Keterangan:

- D_{lap} : Dosis lapangan (kg/L)
- D_{lab} : Dosis laboratorium (g/L)
- V_{sp} : Volume air limpasan (m³)
- V_{lab} : Volume air laboratorium (L)

Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi adalah suatu metode statistik yang mengamati hubungan antara variabel terikat Y dan serangkaian variabel bebas X₁...X_p. Tujuan dari metode ini adalah untuk memprediksi nilai Y untuk nilai X yang diberikan. Model regresi linier sederhana adalah model regresi yang paling sederhana yang hanya memiliki satu variabel bebas X. Analisis regresi memiliki beberapa kegunaan, salah satunya untuk melakukan prediksi terhadap variabel terikat Y. Persamaan untuk model regresi linier sederhana adalah sebagai berikut [5]:

$$Y = a + bx \dots\dots\dots [2.2]$$

Nilai kekuatan hubungan (R) dapat dikelompokkan sebagai berikut [4]:

- 0,00-0,20 = sangat lemah
- 0,21-0,40 = lemah
- 0,41-0,70 = kuat
- 0,71-0,90 = sangat kuat
- 0,91-0,99 = sangat kuat sekali
- 1 = hubungan ke-eratan sempurna

METODE

Metodologi penelitian terbagi menjadi 3 tahapan, yaitu: tahap pra-lapangan, tahap lapangan, dan tahap pasca-lapangan.

Tahap Pra-Lapangan

Pada tahap pra-lapangan, pokok-pokok pekerjaan yang dilakukan antara lain: studi literatur, observasi lapangan, persiapan alat dan bahan penelitian.

Tahap Lapangan

Pada tahap lapangan, terdapat dua data yang diambil yaitu data primer dan sekunder.

- A. Data primer (data debit aliran aktual dan data sampel air)
Data debit aliran aktual diambil secara langsung di lapangan, dengan menggunakan alat Flow meter yang tersedia di perusahaan. Lokasi pengambilan sampel air disesuaikan dengan tujuan pengambilan sampelnya, paling tidak diambil di lokasi berikut: tempat masuknya air (*inlet zone*), lokasi pengendapan (*sediment zone*), dan tempat keluarnya air (*outlet zone*). Jangka waktu pengambilan sampel tersebut berkisar antara 5 menit sampai 1 jam atau lebih. Umumnya periode pengambilan sampel selama 24 jam.
- B. Data sekunder (data curah hujan dan data kebutuhan kapur tohor)
Data curah hujan ini diperoleh dari perusahaan. Data yang diambil adalah data curah hujan bulanan. Data ini akan peneliti gunakan sebagai pertimbangan dalam penentuan waktu pengambilan sampel. Data kebutuhan penggunaan kapur tohor ini diperoleh dari perusahaan. Data ini akan peneliti gunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan perbandingan kapur tohor perhitungan dan aktual perusahaan.

Tahap Pasca-Lapangan

Pada tahap pasca-lapangan, pekerjaan yang dilakukan yaitu:

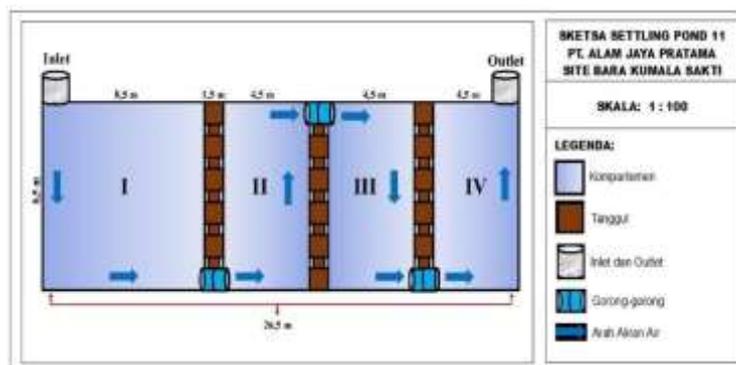
- A. Pengujian titrasi pada tiap sampel air dengan kapur tohor
Pengujian titrasi untuk menentukan dosis optimum dengan menggunakan data pengukuran awal yang didapatkan dari lapangan. Dosis yang digunakan mulai dari 0,1 gr/L sampai pH netral sesuai Baku Mutu Lingkungan. Penentuan dosis dilakukan di Laboratorium Rekayasa Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman.
- B. Pengolahan dan analisis data
Analisis data yang pertama kali dilakukan yaitu, melakukan analisis terhadap data curah hujan. Dari hasil pengukuran debit aliran aktual yang dilakukan pada inlet kolam pengendapan dan pengukuran pH pada tiap kompartemen, dilakukan proses penentuan jumlah dosis kapur tohor yang efisien untuk pengelolaan kualitas air pada kolam pengendapan. Dari penentuan dosis dan debit aktual, maka dapat dilakukan penentuan komposisi yang efisien. Penentuan tersebut diolah menggunakan Microsoft Excel 2021. Dilakukan perhitungan kebutuhan kapur tohor pada kolam pengendapan. Perhitungan yang dimaksud adalah mengalikan dosis laboratorium dengan volume kolam pengendapan dan volume air laboratorium. Setelah itu, dikalikan dengan waktu digunakannya (hari/bulan/tahun). Dilakukan perbandingan antara kebutuhan kapur tohor perusahaan dengan perhitungan aktual.
- C. Penyusunan skripsi
Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian yang berupa pelaporan hasil penelitian.

HASIL DAN DISKUSI

Pada hasil dan diskusi terdapat hasil penelitian dan pembahasan, serta diskusi terkait hasil penelitian tersebut dengan dosen pembimbing penelitian.

Kolam Pengendapan

Kolam pengendapan (Settling Pond 11) merupakan salah satu areal kerja pada PT. Alam Jaya Pratama Site Bara Kumala Sakti yang terdapat di Desa Jembayan, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Settling Pond 11 merupakan salah dua dari kolam pengendapan yang digunakan untuk menampung air limpasan dari areal Pit C, D, E, dan F. Terdapat 2 Kolam Pengendapan pada PT. Alam Jaya Pratama, yaitu Settling Pond 11 dan Settling Pond 20. Dalam penelitian ini hanya membahas Settling Pond 11. Settling Pond 11 memiliki 4 kompartemen dengan panjang dan lebar yang berbeda. Berikut sketsa dari Settling Pond 11 PT. Alam Jaya Pratama:



Gambar 1. Sketsa *Settling Pond 11* PT. Alam Jaya Pratama.

Perhitungan dimensi kolam pengendapan berdasarkan dari hasil pengukuran di lapangan. Dimensi kolam pengendapan berbentuk persegi panjang secara keseluruhan. Pada kompartemen 1 berbentuk persegi dengan panjang 8,5 meter, lebar 8,5 meter, dan kedalaman 4 meter. Sedangkan kompartemen 2,3, dan 4 berbentuk persegi panjang memiliki panjang, lebar, dan kedalaman yaitu 4,5 meter, 8,5 meter, dan 4 meter. Perhitungan untuk volume kolam pengendapan dengan rumus volume persegi, yaitu:

$$\begin{aligned}
 V \text{ (Kompartemen 1)} &= p \times l \times t \\
 &= 8,5 \text{ m} \times 8,5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\
 &= 289 \text{ m}^3 \\
 V \text{ (Kompartemen 2,3,4)} &= 4,5 \text{ m} \times 8,5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\
 &= 153 \text{ m}^3 \\
 V \text{ (Keseluruhan)} &= 289 \text{ m}^3 + 153 \text{ m}^3 + 153 \text{ m}^3 + 153 \text{ m}^3 \\
 &= 748 \text{ m}^3.
 \end{aligned}$$

Debit Aliran Air Aktual

Pengukuran debit berpengaruh pada cepat lambatnya pengendapan yang terjadi didalam *Settling Pond 11*. Pengukuran debit dilakukan di *inlet* pada *Settling Pond 11*. Semakin cepat laju aliran air pada penampang tersebut, maka semakin cepat laju pengendapan yang terjadi. Pengukuran debit air ini dilakukan untuk mendukung proses penghitungan jumlah dosis kapur tohor yang akan digunakan untuk menetralkan air asam tambang. Hasil pengukuran debit aktual sebagai berikut:

Tabel 2. Debit Aliran Air Aktual pada *Settling Pond 11*.

Sampel	Debit Aliran Air (m ³ /hari)
1	55,21
2	56,02
3	57,35
4	56,49
5	56,41
6	55,88
7	54,32
8	54,97
Rata-rata	55,83

Dari tabel 2 hasil pengukuran debit aliran air aktual di atas dapat diketahui bahwa setiap kali dilakukan pengukuran relatif sama. Debit terendah hasil pengukuran adalah 54,32 m³/hari, sedangkan debit tertinggi adalah 57,35 m³/hari. Rata-rata dari pengukuran debit tersebut adalah 55,83 m³/hari. Hal tersebut dikarenakan pengaruh cuaca panas pada saat pengukuran. Jika ada hujan sebelum dilakukan pengukuran, besar kemungkinan debit air semakin besar. Debit sendiri berpengaruh pada cepat atau tidaknya kapur tohor untuk larut di *settling pond 11*.

Pengujian Titrasi

Uji titrasi merupakan uji yang dilakukan untuk menetralkan pH dan menurunkan kadar logam, dengan menambahkan kapur tohor sampai didapat dosis yang sesuai. Pengujian dosis kapur tohor dimulai dengan dosis 0,1 g/L sampai seterusnya hingga didapat hasil sesuai dengan PERMEN LHK No.5 tahun 2022 dan PERDA Kaltim No. 2 Tahun 2011. Pengujian dilakukan di Laboratorium Rekayasa Kimia, Fakultas Teknik. Dosis yang digunakan bervariasi menyesuaikan dengan kadar awal yang sudah didapatkan di lapangan sebelumnya. Didapatkan dosis yang digunakan sampai menetralkan pH dari sampel air awal adalah 0,1 gr/L., 0,5 gr/L., dan 1 gr/L. Dosis optimum yang didapatkan dari hasil pengujian titrasi adalah 1 gr/L. Dengan pH awal rata-rata 3,25 digunakan sebagai perbandingan

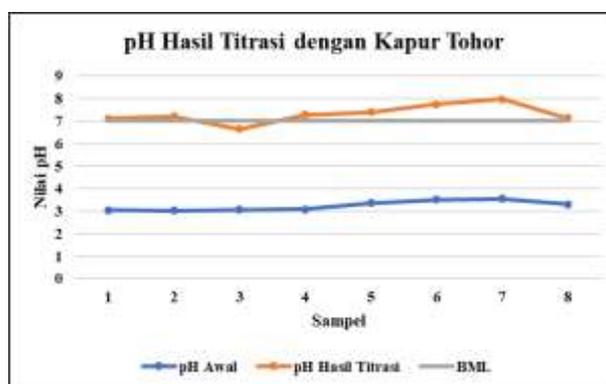
untuk menentukan dosis mana yang paling mendekati antara pH rata-rata dengan pH awal tiap sampel. Maka diambil pH 3,31 dengan dosis 1 gr/L sebagai dosis paling optimum.

Pengujian Hasil Titration

Setelah melakukan uji titration, kemudian didapat perbandingan kadar awal dan akhir. Berikut tabel dan grafik hasil pengujian kadar pH, kadar besi (Fe), dan kadar mangan (Mn).

Tabel 3. pH Hasil Uji Titration dengan Kapur Tohor.

Sampel	pH Awal	Konsentrasi Kapur Tohor (gr)	Konsentrasi Sampel Air (ml)	pH Hasil Titration
1	3,05	0,1	100	3,57
		0,5		4,51
		1		7,12
2	3,02	0,1	100	3,61
		0,5		5,10
		1		7,20
3	3,07	0,1	100	3,49
		0,5		4,82
		1		6,65
4	3,08	0,1	100	3,50
		0,5		4,70
		1		7,29
5	3,37	0,1	100	4,22
		0,5		6,31
		1		7,40
6	3,51	0,1	100	4,59
		0,5		6,80
		1		7,74
7	3,54	0,1	100	4,18
		0,5		6,90
		1		7,98
8	3,31	0,1	100	4,47
		0,5		5,87
		1		7,13
Rata-Rata	3,25	1	100	7,32

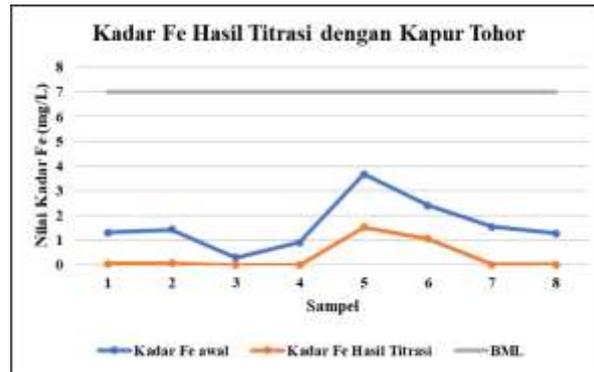


Gambar 2. Grafik pH Hasil Uji Titration dengan Kapur Tohor.

Dapat dilihat dari tabel 3 dan grafik 2, kondisi pH mengalami perubahan dengan dosis rata-rata 1 g/L, didapatkannya pH dari 3,25 menjadi 7,32. Kondisi ini sudah mencukupi untuk dikatakan netral sesuai dengan peraturan.

Tabel 4. Kadar Fe Hasil Uji Titration dengan Kapur Tohor.

Sampel	Kadar Fe awal (mg/L)	Kadar Fe Hasil Titration (mg/L)
1	1,31	0,05
2	1,42	0,06
3	0,31	<0,003
4	0,91	<0,007
5	3,67	1,52
6	2,41	1,06
7	1,55	0,02
8	1,28	0,02
Rata-Rata	1,61	0,46

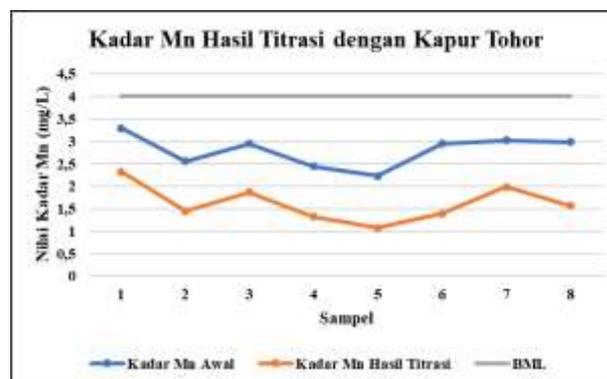


Gambar 3. Grafik Kadar Fe Hasil Uji Titrasi dengan Kapur Tohor.

Dapat dilihat dari tabel 4 dan gambar 3, kondisi kadar besi awal dengan dosis rata-rata 1 gr/L, didapatkan perubahan dari 1,61 mg/L menjadi 0,46 mg/L. Kondisi diatas menandakan bahwa kadar besi di lapangan sangat rendah.

Tabel 5. Kadar Mn Hasil Uji Titrasi dengan Kapur Tohor.

Sampel	Kadar Mn Awal (mg/L)	Kadar Mn Hasil Titrasi (mg/L)
1	3,29	2,32
2	2,56	1,45
3	2,95	1,87
4	2,45	1,33
5	2,23	1,08
6	2,95	1,39
7	3,02	1,99
8	2,99	1,57
Rata-Rata	2,81	1,63



Gambar 4. Grafik Kadar Mn Hasil Uji Titrasi dengan Kapur Tohor.

Dapat dilihat dari tabel 5 dan gambar 4, kondisi kadar mangan awal mengalami perubahan dengan dosis rata-rata 1 gr/L, didapatkan penurunan kadar mangan dari 2,81 mg/L menjadi 1,63 mg/L. Kondisi ini mengalami sedikit penurunan dari kadar awal dan menandakan bahwa kadar mangan setelah titrasi dapat dikatakan rendah.

Analisis Regresi Linier

Hasil uji diketahui persamaan linier yang didapatkan yaitu: $y = 3,9226x + 2,9935$ dengan kekuatan hubungan (R) sebesar 0,9718. Konstanta sebesar 2,9935 menyatakan bahwa jika tidak dilakukan penambahan dosis konsentrasi kapur tohor 1 gr, maka pH air limbah adalah 2,9935. Sedangkan koefisien regresi sebesar 3,9226 menyatakan bahwa setiap penambahan 1 gr konsentrasi kapur tohor pada 1 liter air limbah akan menaikkan pH air limbah sebesar 3,9226. Nilai kekuatan hubungan (R), diketahui nilai R Square (R) adalah 0,9718. Dengan melihat nilai kekuatan hubungan (R), berarti hubungan keeratannya sangat kuat sekali antara rata-rata pH air limbah penambahan batubara dengan berbagai penambahan variasi dosis konsentrasi kapur tohor. Regresi linier yang dianalisis hanya menggunakan 1 sampel, karena semua sampel memiliki kemiripan yang hampir sama. Untuk melihat perubahan rata-rata pH air limbah pada berbagai penambahan variasi dosis konsentrasi kapur tohor lebih jelas dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Hubungan Konsentrasi Kapur Tohor dengan pH.

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa semakin banyak dosis konsentrasi kapur yang ditambahkan ke dalam air limbah, maka pH air limbah tersebut akan semakin meningkat. Selain itu, juga diketahui dosis optimum konsentrasi kapur tohor untuk menjadikan pH air limbah memenuhi Baku Mutu Lingkungan (6-9), yaitu dengan menggunakan persamaan linier yang didapat $y = 3,9226x + 2,9935$. Dosis konsentrasi kapur tohor yang diperlukan untuk menetralkan pH menjadi 6-9 dalam 1 liter air limbah adalah 0,1 gr sampai dengan 1 gr. Karena dengan dosis 0,1 gr, 0,5 gr pH belum mencapai kondisi netral, maka digunakan dosis 1 gr untuk penetralan pH pada air limbah tersebut. Dosis optimum yang diperlukan untuk menetralkan pH adalah 1 gr konsentrasi kapur tohor dalam 1 liter air limbah penambahan batubara.

Perubahan dan Efisiensi

Dari pengujian tiap parameter, maka didapatkan hasil perhitungan perubahan dan efisiensi pada pH serta kadar logam dengan perhitungan menggunakan *Microsoft Excel* sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil Perubahan pH dan Efisiensi Kenaikan Kadar pH.

Sampel	pH Awal	pH Akhir	Perubahan pH	Efisiensi Kenaikan (%)
1	3,05	7,12	4,07	57,16
2	3,02	7,20	4,18	58,06
3	3,07	6,65	3,58	53,83
4	3,08	7,29	4,21	57,75
5	3,37	7,40	4,03	54,46
6	3,51	7,74	4,23	54,65
7	3,54	7,98	4,44	55,64
8	3,31	7,13	3,82	53,58
Rata-rata	3,25	7,32	4,07	55,64

Dari tabel 6 di atas dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan dosis optimum konsentrasi kapur tohor yaitu 1 gr, mampu menaikkan kadar pH dengan rata-rata sebesar 4,07. Berdasarkan nilai tersebut, maka nilai persentase efisiensi kenaikan pH rata-rata sebesar 55,64%. Dengan hasil perhitungan tersebut, maka proses penetralan pH dengan dosis tersebut cukup efisien untuk menaikkan rata-rata pH awal dari 3,25 menjadi rata-rata pH akhir 7,32.

Tabel 7. Hasil Perubahan Konsentrasi Fe dan Efisiensi Reduksi Kadar Fe.

Sampel	Fe Awal (mg/L)	Fe Akhir (mg/L)	Perubahan Konsentrasi Fe (mg/L)	Efisiensi Reduksi (%)
1	1,31	0,05	1,26	96,18
2	1,42	0,06	1,36	95,77
3	0,31	<0,003	0,30	96,77
4	0,91	<0,007	0,90	98,90
5	3,67	1,52	2,15	58,58
6	2,41	1,06	1,35	56,02
7	1,55	0,02	1,53	98,71
8	1,28	0,02	1,26	98,44
Rata-rata	1,61	0,46	1,27	87,42

Dari tabel 7 di atas dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan dosis optimum konsentrasi kapur tohor yaitu 1 gr, mampu mereduksi kadar logam Fe dengan rata-rata sebesar 1,27 mg/L. Berdasarkan nilai tersebut, maka nilai persentase efisiensi reduksi kadar logam Fe rata-rata sebesar 87,42%. Dengan hasil ini, maka proses penurunan kadar logam Fe dengan dosis tersebut cukup efisien untuk menurunkan rata-rata kadar logam Fe awal dari 1,61 mg/L menjadi rata-rata kadar logam Fe akhir 0,46 mg/L.

Tabel 8. Hasil Perubahan Konsentrasi Mn dan Efisiensi Reduksi Kadar Mn.

Sampel	Mn Awal (mg/L)	Mn Akhir (mg/L)	Perubahan Konsentrasi Mn (mg/L)	Efisiensi Reduksi (%)
1	3,29	2,32	0,97	29,48
2	2,56	1,45	1,11	43,36
3	2,95	1,87	1,08	36,61
4	2,45	1,33	1,12	45,71
5	2,23	1,08	1,15	51,57
6	2,95	1,39	1,56	52,88
7	3,02	1,99	1,03	34,11
8	2,99	1,57	1,42	47,49
Rata-rata	2,81	1,63	1,18	42,65

Dari tabel 8 di atas dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan dosis optimum konsentrasi kapur tohor yaitu 1 gr, mampu mereduksi kadar logam Mn dengan rata-rata sebesar 1,18 mg/L. Berdasarkan nilai tersebut, maka nilai persentase efisiensi reduksi kadar logam Mn rata-rata sebesar 42,65%. Dengan hasil ini, maka proses penurunan kadar logam Mn dengan dosis tersebut cukup efisien untuk menurunkan rata-rata kadar logam Mn awal dari 2,81 mg/L menjadi rata-rata kadar logam Mn akhir 1,63 mg/L.

Estimasi Kebutuhan Kapur Tohor

Perhitungan untuk kebutuhan kapur tohor dapat ditentukan dengan mengalikan dosis yang sudah diuji di laboratorium dengan kapasitas *Settling Pond 11* dan dibagi volume air sampel di laboratorium. Hasil yang didapatkan adalah kebutuhan kapur tohor dengan satuan kg/m³, yang kemudian akan dikalikan per hari, per bulan, dan per tahun. Dari rumus tersebut, didapatkan hasil yang bisa dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 9. Kebutuhan Kapur Tohor di *Settling Pond 11*.

Sampel	Konsentrasi Kapur Tohor (g/l)	Debit Aliran Air Aktual (m3/hari)	Kebutuhan Kapur Tohor (Kg/hari)
1	1	55,21	55,21
2	1	56,02	56,02
3	1	57,35	57,35
4	1	56,49	56,49
5	1	56,41	56,41
6	1	55,88	55,88
7	1	54,32	54,32
8	1	54,92	54,92
Rata-rata	1	55,83	55,83

Dengan melihat tabel 9 di atas, dapat diketahui bahwa kebutuhan kapur tohor dapat dihitung dengan mengalikan konsentrasi kapur tohor optimum dengan besarnya debit aliran air aktual yang masuk ke kolam pengendapan. Kebutuhan kapur tohor dapat diketahui dari rata-rata yang didapatkan yaitu sebesar 55,83 kg/hari dengan konsentrasi kapur tohor 1 gr/L. Dari nilai pada tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaruh dari semakin besarnya konsentrasi kapur tohor dan debit aliran air, maka berbanding lurus dengan semakin banyak kebutuhan kapur tohor yang akan digunakan.

Perbandingan Kebutuhan Kapur Tohor Perhitungan dan Aktual Perusahaan

Karena penelitian dilakukan pada rentang waktu bulan November-Desember, perbedaan kebutuhan kapur tohor pada bulan tersebut cukup besar. Pada bulan November dan Desember kapur tohor yang dibeli perusahaan adalah masing-masing 500 kg, sedangkan hasil perhitungan aktual yang dilakukan adalah 223,32 kg/bulan. Dapat disimpulkan bahwa perusahaan harus mengoptimalkan penggunaan jumlah kapur tohor untuk kebutuhan *settling pond 11*.

KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan pengolahan data pada penelitian kali ini, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian pH awal rata-rata sebesar 3,25. Setelah uji titrasi, pH akhir rata-rata sebesar 7,32. Perubahan pH rata-rata sebesar 4,07 dengan efisiensi kenaikan rata-rata sebesar 55,64%.
2. Hasil pengujian kadar logam awal (Fe dan Mn) rata-rata yaitu 1,61 mg/L dan 2,81 mg/L. Setelah uji titrasi, kadar logam akhir rata-rata yaitu 0,46 mg/L dan 1,63 mg/L. Perubahan kadar logam Fe rata-rata sebesar 1,27 mg/L dengan efisiensi reduksi rata-rata sebesar 87,42%. Perubahan kadar logam Mn rata-rata sebesar 1,18 mg/L dengan efisiensi reduksi rata-rata sebesar 42,65%.

3. Hasil pengujian didapatkan dosis kapur tohor yang efisien dan optimum yaitu sebesar 1 gr/L. Untuk komposisi kapur tohor di lapangan dengan debit aliran aktual rata-rata yang digunakan sebesar 55,83 m³/hari, didapatkan hasil yaitu sebesar 55,83 kg/hari.
4. Kebutuhan kapur tohor per bulan hasil perhitungan adalah sebesar 223,32 kg/bulan. Untuk kebutuhan kapur tohor aktual perusahaan pada bulan November dan Desember masing-masing adalah 500 kg/bulan. Perbedaan tersebut disebabkan karena karakteristik dan lokasi pengambilan sampel air serta kondisi cuaca atau musim yang mempengaruhi banyaknya kebutuhan kapur tohor. Hasil tersebut dapat dijadikan pertimbangan untuk mengoptimalkan penggunaan kapur tohor di *Settling Pond 11*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Alam Jaya Pratama yang telah memberi izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian ini serta semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan selama pengerjaan skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adha, Chairul Wahyu., Ramli, Muhammad & Thamrin, Meinarni. 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. Jurusan Teknik Pertambangan. Universitas Hasanuddin. Makassar. ISSN:2598-7410. (Hal 43-50).
- [2] Baramsyah, Haqul., Mutia, Febi & Andani, Puti. 2020. *Perencanaan Kolam Pengendapan pada Sistem Penyaliran Area Disposal Penambangan Batubara (Studi Kasus: PT Mifa Bersaudara, Aceh Barat)*. Seminar Ilmiah Nasional Air Asam Tambang ke-6. Universitas Syiah Kuala. Aceh. (Hal 5).
- [3] Chin, David A. 2013. *Water Quality Engineering in Natural Systems: Fate and Transport Processes in the Water Environment, Second Edition*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. ISBN: 978-1-118-07860-0. (Hal 5-7).
- [4] Faisal, Ahmad., Syarifudin. 2014. *Dosis Optimum Larutan Kapur Untuk Netralisasi pH Air Limbah Penambangan Batubara*. Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol 11 No 1. Poltekkes Kemenkes Banjarmasin. Jurusan Kesehatan Lingkungan. Banjarbaru. ISSN: 2581-0898. (Hal 187).
- [5] Hijriani, Astria., Muludi, Kurnia., Andini, Erlina Ain. 2016. *Implementasi Metode Regresi Linier Sederhana pada Penyajian Hasil Prediksi Pemakaian Air Bersih PDAM Way Rilau Kota Bandar Lampung dengan Sistem Informasi Geografis*. Jurnal Informatika Mulawarman Vol 11 No 2. Jurusan Ilmu Komputer. FMIPA. Universitas Lampung. Bandar Lampung. ISSN: 1858-4853. (Hal 38).
- [6] Kiswanto., Susanto, Heru., Sudarno. 2018. *Karakteristik Air Asam Tambang Batubara Di Kolam Bekas Tambang Batubara PT. Bukit Asam (PTBA)*. Seminar dan Konferensi Nasional IDEC. Surakarta. ISSN: 2579-6429. (Hal 4-5).
- [7] Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 2 Tahun 2011 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. (Hal 178).
- [8] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2022 Tentang Pengolahan Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan. (Hal 41).
- [9] Putri, Fairus Atika Redanto. 2020. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Batubara pada Tambang Terbuka di PT. X*. Jurnal Iptek Media Komunikasi Teknologi. Institut Adhi Tama Surabaya. ISSN: 1411-7010. (Hal 60-61).
- [10] Tandiarrang, Jenita., Devy, Shalaho Dina & Trides, Tommy. 2016. *Studi Perbandingan Penggunaan Tawas Dan Kapur Padam Pada Pengolahan Air Asam Tambang Di PT. Kaltim Diamond Coal Kecamatan Loa Kulu Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur*. Jurnal Teknologi Mineral Vol 4 No. 1. Jurusan Teknik Pertambangan. Fakultas Teknik. Universitas Mulawarman. Samarinda. ISSN: 2252-7605. (Hal 26-30).