



Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal

e-ISSN: 2621-5586

Volume 6, Nomor 1, Maret 2024

Doi: <https://doi.org/10.36441/seoi.v6i1.2285>

PENGELOLAAN AIR TAMBANG PADA PROSES PERTAMBANGAN BATUBARA

MINE WATER MANAGEMENT IN THE COAL MINING PROCESS

Andrian Pranata¹, Novi Kartika Sari^{1*}, Tarmizi Tahir¹, Achmad Gus Fahmi², Hanifullah Habibie³, Dodik Choiron³, Didik Triwibowo³

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, 35365 Indonesia

² Program Studi Rekayasa Kosmetik, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, 35365 Indonesia

³ Divisi *Health Safety & Environment*, PT Adaro Indonesia, Kalimantan Selatan, 71513 Indonesia

* E-mail Korespondensi: novi.sari@tl.itera.ac.id

Diterima: 14 Januari 2024

Disetujui: 30 Maret 2024

ABSTRACT

The open mining method has the potential for the formation of mine water. Mine water is characterized by a high degree of acidity which affects the life of organisms and the quality of the environment indirectly or directly, therefore it needs to be managed. This study examines mine water management at PT Adaro Indonesia. The methods used in the research were field studies and laboratory experiments. Grab sampling is used to take water samples, with the test parameters being pH, Fe and Mn metals and total suspended solid (TSS). Data analysis was carried out quantitatively and descriptively. The mine water management used is in the form of a settling pond. The settling pond consists of several compartments, namely sedimentation pond, safety pond, treatment pond and mud pond. The quality of mine water management through a series of settling ponds obtained changes in pH to 6.07, Fe metal 0.0465 mg/l, Mn metal 1.3513, and TSS 35 mg/l with an efficiency of more than 50%. The quality of mine water produced after going through management has met the established regulations, namely Decree of the Minister of Environment and Forestry No. 1347/MENLHK/SETJEN/PLA.4/12/2022.

Keywords: *Settling pond, pH, TSS, Heavy metal, Mine water management, Coal*

How to cite this article:

Pranata,A. Sari, Novi .K, Tahir, T. Fahmi,AG. , Habibie, Hanifullah.Choiron, Dodik. Triwibowo, Didik.(2024). *Pengelolaan Air Tambang Pada Proses Pertambangan Batubara*. Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal. 6 (1), 1-12. Doi: <https://doi.org/10.36441/seoi.v6i1.2285>

ABSTRAK

Metode penambangan dengan metode terbuka memiliki potensi terbentuknya air tambang. Air tambang dicirikan dengan derajat keasaman yang tinggi mempengaruhi kehidupan organisme dan kualitas lingkungan secara tidak langsung maupun langsung sehingga perlu dilakukan pengelolaan. Studi ini mengkaji pengelolaan air tambang di PT Adaro Indonesia. Metode yang digunakan pada penelitian adalah studi lapangan dan percobaan laboratorium. *Grab sampling* digunakan untuk mengambil sampel air, dengan parameter uji adalah pH, logam Fe dan Mn serta *total suspended solid* (TSS). Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan deskriptif. Pengelolaan air tambang yang digunakan berupa *settling pond*. *Settling pond* terdiri dari beberapa kompartemen yaitu *sedimentation pond*, *safety pond*, *treatment pond*, dan *mud pond*. Kualitas pengelolaan air tambang melalui serangkaian *settling pond* tersebut didapatkan perubahan pH menjadi 6,07, logam Fe 0,0465 mg/l, logam Mn 1,3513, dan TSS 35 mg/l dengan efisiensi lebih dari 50%. Kualitas air tambang yang dihasilkan setelah melalui pengelolaan telah memenuhi peraturan yang ditetapkan yaitu *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 1347/MENLHK/SETJEN/PLA.4/12/2022*.

Kata Kunci: *Settling pond*, pH, TSS, Logam berat, *Pengelolaan air tambang*, *Batu bara*

PENDAHULUAN

Indonesia khususnya Pulau Kalimantan merupakan salah satu daerah yang memiliki komoditas hasil alam melimpah diantaranya adalah batubara. Komoditas tersebut dapat diperoleh dengan cara penambangan. Penambangan yang umumnya digunakan adalah penambangan terbuka (*open pit*). Penggunaan penambangan terbuka memungkinkan terbentuknya air tambang [1]. Air tambang adalah air yang bersumber dari penyaliran tambang (*mine drainage*) dengan potensi mencemari badan perairan jika tidak melalui pengelolaan yang benar [2]. Air tambang tercipta dari proses oksidasi bahan mineral pirit (FeS_2) dan bahan mineral sulfida yang muncul ke permukaan tanah saat proses pertambangan. Air Tambang mempunyai ciri logam terlarut yang tinggi seperti aluminium, besi, mangan, tembaga, seng, timah, merkuri, arsenik, dan kadmium. Pada tambang batubara logam terlarut umumnya adalah Mangan (Mn) dan Besi (Fe). Proses oksidasi mineral tersebut menghasilkan sulfat dengan keasaman tinggi. Baik secara tidak langsung maupun langsung keasaman yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas lingkungan sehingga perlu dilakukan pengelolaan untuk mengatasi masalah tersebut [3].

Usaha dalam menurunkan dampak negatif dari terbentuknya air tambang dapat dilakukan dua cara, yaitu secara pengolahan pasif dan pengolahan aktif. Pengolahan pasif dilakukan dengan lahan basah buatan dengan kelebihan ramah lingkungan dan biaya murah. Namun, kekurangannya adalah waktu yang digunakan lebih lama. Sementara itu, pengolahan aktif dilakukan dengan menambahkan bahan kimia. Pengolahan aktif lebih efektif dikarenakan dapat meningkatkan kualitas air tambang dalam waktu yang singkat namun memerlukan peralatan operasional dan pemeliharaan secara terus-menerus [4].

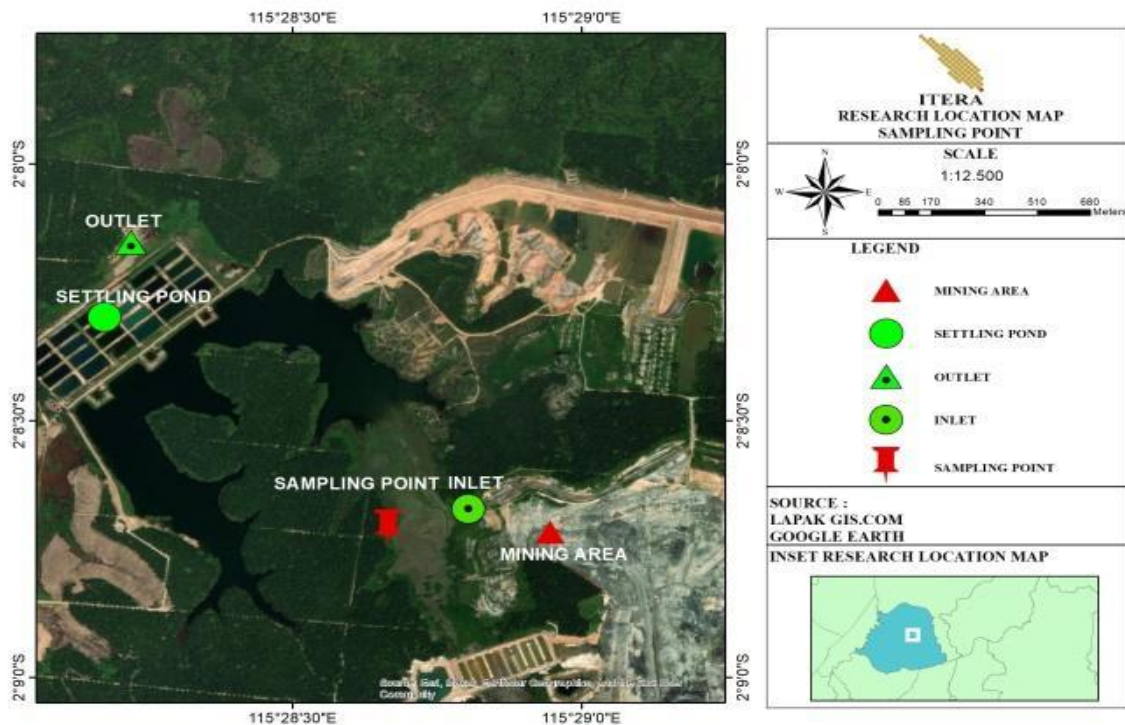
Metode pengelolaan air tambang yang ada saat ini adalah dengan menggunakan serangkaian kolam pengendapan (*settling Pond*). Dengan menggunakan *settling pond* ini,

ditargetkan kualitas air tambang yang keluar sesuai standar peraturan yang telah ditetapkan. Penangaair asam tambang dengan *settling pond* cukup lama dilakukan dan terdapat beberapa tahap yang menggunakan lahan luas. Penggunaan *settling pond* cukup berpengaruh signifikan jika air asam tambang dialirkan ke sungai sehingga tidak mencemari sungai [5].

PT Adaro Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang berfokus pada bisnis pertambangan batubara yang berlokasi diantaranya Kalimantan Selatan. Sebagai salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan memiliki potensi dampak dari hasil penambangan yaitu adanya air tambang [6]. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi sistem pengelolaan air tambang serta analisis efektivitas proses pengelolaan melalui kualitas air tambang di *settling pond*.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan tanggal 5 Juli 2022 - 31 Agustus 2022. Lokasi Studi terletak di PT. Adaro Indonesia Kab. Tabalong, Prov. Kalimantan Selatan. Dimana *settling pond* yang diteliti berada di SP-4 Wara, titik pengambilan sampel berada di jalur drainase jalur primer SP 4 Wara di koordinat S $02^{\circ}08'42.6''$ E $115^{\circ}28'39.9''$. Analisis karakteristik air tambang dilakukan di Laboratorium Geokimia PT. Adaro Indonesia.



Gambar 1. Titik Sampling

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah hasil kuantitatif melalui kegiatan sampling dan analisa laboratorium. Analisa laboratorium dilakukan dengan mengukur parameter pH, *Total Suspended Solids* (TSS), Besi (Fe), dan Mangan (Mn) bertempat di

laboratorium Geokimia PT Adaro Indonesia. Alasan pemilihan parameter di atas, didasari oleh aktivitas pertambangan yang dapat menimbulkan terbentuknya TSS dan juga kandungan batubara itu sendiri yang dapat menimbulkan pH rendah dan kandungan Fe dan Mn yang tinggi [3].

Pengambilan Sampel

Sampel didapatkan dari saluran drainase primer *settling pond* empat Wara, dengan menggunakan metode *grab sampling* sesuai standar SNI 6989.59:2008 tentang metode pengambilan contoh air limbah. Pengambilan sampel menggunakan botol sampling ukuran 500 ml [7]. Sampel air yang diambil tidak dilakukan pengawetan apapun dikarenakan air langsung dilakukan pengujian.

Analisis Data

Metode kuantitatif dan deskriptif digunakan sebagai analisis data. Metode ini menjelaskan secara komparatif deskriptif dimana analisis dilakukan dengan membandingkan variabel yang sama untuk sampel yang [5]. Analisis kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini dibuktikan dengan kombinasi beberapa data, termasuk data lapangan dan kajian pustaka. Semua data dikaji dan dianalisis dengan menyeluruh, sehingga nilai kualitas dan efisiensi pengelolaan air tambang dapat dibandingkan dengan peraturan yang digunakan.

Pengelolaan data dilakukan dengan menggunakan perhitungan efisiensi penyisihan untuk mengetahui besarnya logam yang terserap dan peningkatan pH yang terjadi didalam air setelah dan sebelum pengelolaan. Efisiensi penyisihan dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Agyemang et al., 2013).

$$\text{Efisiensi Penyisihan (\%)}: \frac{(A-B)}{A} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

A: Konsentrasi Awal (mg/l)

B: Konsentrasi Akhir (mg/l)

PT. Adaro Indonesia adalah industri yang bergerak pada tambang batubara dimana menjadikan *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 1347/MENLHK/SETJEN/PLA.4/12/2022* sebagai dasar dalam ketaatan pemantauan lingkungan.

Karakteristik Air Tambang

Pengujian nilai logam Fe

Prosedur ini dipakai mengikuti SNI 6989.4:2009 dengan pengukuran Fe total dan terlarut pada air tambang secara SSA (spektrofotometer serapan atom). Langkah yang dilakukan adalah: mempersiapkan sampel uji besi, pembuatan larutan induk dan larutan baku besi 100 mg Fe/L dan 10 mg Fe/L, pembuatan larutan kerja besi, pembuatan kurva kalibrasi, melakukan pengukuran dan terakhir perhitungan[9].

Pengujian nilai logam Mn

Prosedur ini dipakai dalam pengukuran logam mangan (Mn) terlarut pada air tambang dengan spektrofotometri serapan atom (SSA) dengan mengikuti SNI 6989.5:2009. Langkah yang dilakukan adalah: mempersiapkan sampel uji besi, kemudian dilakukan pembuatan larutan induk dan larutan baku besi 100 mg Mn/L dan 10 mg Mn/L, pembuatan larutan kerja besi, pembuatan kurva kalibrasi, melakukan pengukuran [9].

Pengujian nilai TSS

Hasil pengukuran *suspended solid* dengan metode spektrofotometer. Spektrometer yang digunakan adalah 810 nm untuk mengukur TSS. Adapun pengukuran TSS dilakukan dengan mengambil sampel air dan memasukkannya ke dalam kuvet, kemudian kuvet dikeringkan dengan tisu selanjutnya dimasukkan ke dalam spektrofotometer, alat akan membaca kandungan TSS yang terkandung didalam air [10].

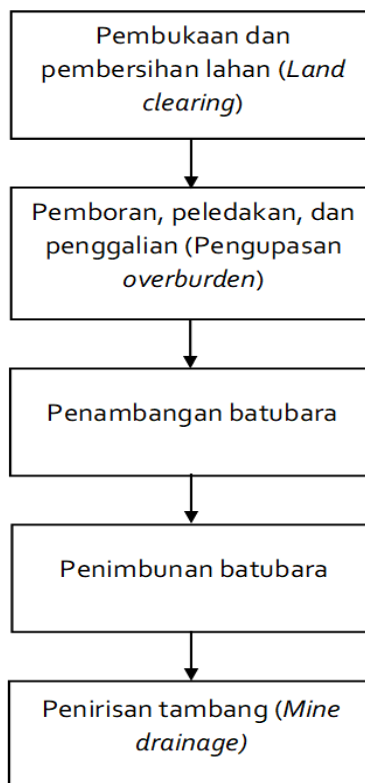
Pengujian nilai pH dan suhu

Penentuan parameter pendukung seperti pH dan temperatur dianalisa menggunakan pH meter. Alat yang digunakan adalah alat YSI dilengkapi dengan elektroda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas Penambangan

Dalam aktivitas penambangan batubara di PT. Adaro Indonesia, air tambang bersumber dari aktivitas operasi produksi batubara. Skema produksi batu bara produksi batu bara [11] dapat dilihat pada Gambar 2.

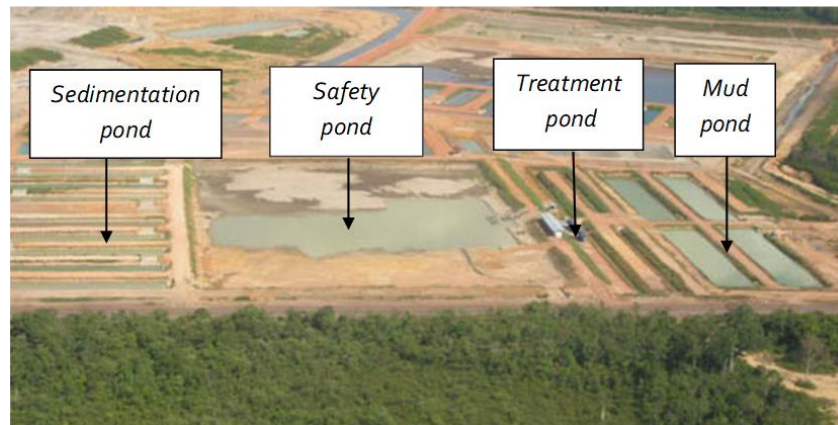


Gambar 2. Skema produksi batubara

Sistem Pengolahan Air Tambang

Sistem pengelolaan air tambang di PT Adaro Indonesia dirancang dengan tujuan mengumpulkan dan mengolah air tambang yang bersumber dari aktivitas *sump-pit*, *Finecoal* dan *stock ROM (Run of Mine)*, erosi akibat limpasan air. Alur pengelolaan air tambang PT Adaro Indonesia didesain dengan memperhatikan situasi pada keadaan sesungguhnya yaitu penambangan terbuka. Penambangan terbuka memiliki potensi erosi yang tinggi, dimana ketika curah hujan tinggi di area penambangan, maka terbentuk air buangan dalam jumlah besar akibat penambangan. proses pengelolaan air tambang yang diimplementasikan PT. Adaro Indonesia sesuai dengan pedoman teknis air tambang batubara terbuka, yang terdiri dari 4 kolam dimana terjadi proses kimia, fisika, dan biologi yang termuat dalam pedoman Kementerian Lingkungan Hidup.

Masing-masing bagian per kolam harus didirikan *overflow* sebagai jalan air tambang keluar mengarah ke kolam selanjutnya. *Overflow* didirikan permanen menggunakan beton dengan tujuan menghindari terjadinya erosi gerusan aliran air tambang. Pada pintu air *outlet* kolam pengaman (*safety pond*) dan pintu air *outlet* kolam lumpur (*mud pond*) biasanya dipasang alat pengukur tinggi muka air yang berfungsi untuk membantu perhitungan pengukuran debit aliran air, atau bisa juga diukur dengan menggunakan alat *flowmeter*. Berikut ini akan dijelaskan mengenai *flow process* pada sistem pengelolaan limbah cair beserta profil unit pengelolaan air tambang yang digunakan di PT. Adaro Indonesia:



Gambar 3. Diagram Alir Sistem Pengelolaan Air Tambang PT. Adaro Indonesia

Sumber: PT Adaro Indonesia, 2022

Saluran Drainase

Sistem Drainase berfungsi untuk mengalirkan air tambang dan run off catchment area yang diarahkan menuju *settling pond*. Sistem Drainase dilengkapi dengan *sediment trap*, dimana diharapkan material-material berat air tambang sebagian mengendap pada sistem ini sebanyak 40% sehingga TSS yang masuk ke dalam *settling pond* jauh berkurang [12].



Gambar 4. Saluran Drainase
Sumber: PT Adaro Indonesia, 2022

Sedimentation Pond

Kolam pengendapan adalah kolam yang berfungsi sebagai tempat pengolahan secara fisik pertama, yaitu dengan proses pengendapan. Limpasan yang masuk akan mengalami proses pengendapan di kolam ini, sehingga nilai TSS dapat berkurang drastis jika masuk ke kolam selanjutnya. Kolam ini dibangun dengan kemiringan tertentu berkisar antara 3,58- 14,18 derajat [13] agar dapat membuat aliran air akan cukup tenang sehingga pengendapan berlangsung dengan efektif. Kolam pengendapan dalam satu rangkaian *settling pond* terdiri atas 2 seri. Kolam pengendapan dibangun sebanyak 2 seri dengan maksud untuk keperluan operasional dan perawatan. Jika salah satu kolam mengalami pendangkalan, maka kolam yang lainnya akan dioperasikan. Sementara itu, kolam yang mengalami pendangkalan dilakukan perawatan. Perawatan disini ialah dengan melakukan penggalian pada kolam yang mengalami pendangkalan agar proses pengolahan air tambang tetap berjalan baik.



Gambar 5. Sedimentation Pond
Sumber: PT Adaro Indonesia, 2022

Safety Pond

Safety pond pada satu rangkaian *settling pond* berada setelah kolam pengendapan. *Safety pond* berfungsi untuk menampung sementara air limpasan yang dihasilkan dari curah hujan maksimum dalam jangka waktu yang pendek. Selain itu kolam pengaman juga berfungsi sebagai tempat pengendapan sekunder. Dalam kolam *safety pond* terdapat *Floating Inlet* yang berfungsi Untuk mengalirkan dan menghentikan aliran air tambang, perlu disiapkan *floating inlet*

yang bisa ditutup dan dibuka besar atau kecil sesuai dengan kapasitas airnya. Kolam pengaman (*Safety pond*) harus diupayakan selalu dalam keadaan kosong atau tinggi air mendekati bagian dasar dari *outlet* pintu air, sehingga kapasitas tampung selalu besar pada saat curah hujan maksimum (*the critical storm*). Waktu paling lama air tambang dapat ditampung dalam Saf-P adalah 24 jam.



Gambar 6. Unit *Safety Pond*
Sumber: PT Adaro Indonesia, 2022



Gambar 7. Unit *Floating inlet*
Sumber: PT Adaro Indonesia, 2022

Treatment Pond

Kolam pengelolaan merupakan tempat terjadinya pencampuran antara air tambang dengan bahan kimia. Gumpalan (flok-flok) kecil akan terbentuk setelah pencampuran tersebut. Pengadukan dibutuhkan untuk membantu proses stabilisasi flok melalui penggabungan flok-flok tersebut menjadi lebih besar. Semakin besar ukuran flok memiliki implikasi pada proses pengendapan yang lebih cepat [14]. Jumlah dosis bahan kimia ditentukan menggunakan metode dan alat jar test berdasarkan karakteristik air tambang yang akan diolah [15]. Untuk menginjeksikan bahan kimia koagulan-flokulan dengan dosis yang tepat secara kontinyu maka digunakan pompa khusus yang disebut *dosing pump* [12]. Bahan Kimia yang digunakan untuk mengolah air tambang PT. Adaro Indonesia adalah sebagai berikut:

- Kuriflock PC-702, sebagai bahan kimia utama pengelolaan parameter *Total Suspended Solid*
- pH Adjuster, sebagai bahan kimia pengelolaan parameter pH
- Aluminium Sulfat (Tawas), sebagai bahan kimia pendukung pengelolaan parameter *Total Suspended Solid*.

Penggunaan kuriflock PC-702 adalah polimer yang bertindak sebagai koagulan dan flokulan sehingga dapat mengikat partikel-partikel yang menyebabkan kekeruhan air. Penentuan dosis yang optimum dapat menghasilkan efisiensi penyisihan yang optimum [15],[16]).



Gambar 8. *Treatmend Pond*
Sumber: PT Adaro Indonesia, 2022

Mud Pond

Kolam ini merupakan kolam terakhir dalam satu rangkaian *settling pond* sebelum disalurkan ke badan air. Sesudah pengolahan kimia, air tambang dikirimkan ke kolam lumpur (*mud pond*) sebagai penampung *flock*. *Flock* akan terkumpul ke dasar kolam dan air yang bersih mengalir pada bagian atas kolam. Sistem pintu *outlet* dipersiapkan dengan sistem *overflow* ([12]).



Gambar 9. *Mud Pon*
Sumber: PT Adaro Indonesia, 2022

Karakteristik Air di *Settling Pond*

Proses pengontrolan kualitas air tambang pada *settling pond* dikerjakan dengan menguji air tambang. Selanjutnya, nilai uji sampel dari laboratorium memperlihatkan nilai parameter air

tambang sudah memenuhi baku mutu. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 1 terkait karakteristik limbah di outlet.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Sebelum dan Sesudah Pengelolaan

Parameter	Outlet		% Efektivitas	Baku Mutu
	Inlet			
pH	3,91	6,07	55,24%	6-9
Fe Total (mg/l)	0,1629	0,0465	11,42%	7 mg/L
Mn Total (mg/l)	2,2459	1,3513	250,32%	4 mg/L
Residu Tersuspensi (TSS)	39	35	66,20%	200 mg/L

*Baku Mutu yaitu Kepmen LHK No. 1347/MENLHK/SETJEN/PLA.4/12/2022

Efektifitas Pengolahan Air Tambang

Nilai pH pada saluran *inlet* mencapai 3,91 yang menunjukkan bahwa angka ini tidak memenuhi baku mutu (Lihat Tabel 1). Nilai pH yang rendah dihasilkan dari proses produksi dimana menyebabkan batu bara yang mengandung pirit (*pyrite*) dan markasit (*marcasite*) tersingkap ke permukaan tanah dan ketika bersentuhan dengan oksigen dan air mengakibatkan reaksi oksidasi dan terbentuk air asam tambang. Air asam tambang juga mengandung logam dengan nilai tinggi. Kondisi tersebut selaras bahwa nilai di inlet lebih besar dibanding outlet. Hal ini menjadi konsen terhadap manusia dan lingkungan [17].

Nilai Fe dan Mn mencapai 0,0465 mg/l dan 1,3513 mg/l. Nilai tersebut menunjukkan nilai Fe sudah memenuhi namun Mn belum memenuhi baku mutu yang digunakan. Tinggi rendahnya nilai logam Fe dan Mn dipengaruhi oleh cuaca serta kandungan yang terdapat didalam batu bara. Jika dalam kondisi hujan proses oksidasi akan terjadi semakin cepat sehingga nilai logam Fe dan Mn juga akan meningkat. Tinggi rendahnya nilai Fe dan Mn pada batu bara juga menjadi faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai logam, dikarenakan Fe dan Mn merupakan komposisi batubara itu sendiri, semakin tinggi komposisi Fe dan Mn pada batubara akan meningkatkan kandungan Fe dan Mn pada air tambang [17].

Kandungan TSS pada penelitian ini mencapai 39 mg/l, angka tersebut menunjukkan sudah memenuhi baku mutu. TSS adalah padatan yang membawa dampak kekeruhan air, tidak larut, dan tidak mengendap. Suspensi padatan berisikan partikel-partikel yang ukuran dan beratnya lebih kecil dibandingkan sedimen seperti tanah liat (Maulana et al., 2015). Partikel yang mengapung di air dan mereduksi cahaya biasanya berisikan *fitoplankton*, *zooplankton*, kotoran hewan, sisa tanaman dan hewan, kotoran manusia dan limbah industri [18]. TSS adalah padatan tersuspensi yang umumnya terdapat dalam senyawa organik dan anorganik [19]. TSS merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan, tidak terlarut dan tidak mengendap langsung. Tinggi rendahnya kandungan TSS air dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu logam oksida, tanah liat, sulfide, jamur, bakteri, ganggang, dan partikel dengan ukuran lebih kecil dari 2 µm. Nilai TSS pada air tambang diakibatkan dari kandungan mineral dan tanah batuan penutup yang terbawa aliran air permukaan. Pada tambang batu bara fenomena ini dapat dilihat

pada pekerjaan penggalian tanah lapisan atas (*overburden*). Selain mineral pada tanah lapisan atas, terdapat juga mineral lempung dimana mineral lempung kaya akan kandungan alumina dan silika dimana juga berpotensi meningkatkan kandungan TSS pada air tambang.

Berlandaskan efektivitas *settling pond* pada pengolahan air tambang pada daerah penelitian dapat diketahui bahwa unit serangkaian unit pengolahan air tambang memiliki efektif yang baik mengacu pada pemenuhan baku mutu yang ditetapkan serta persentase penurunan dan kenaikan yang cukup signifikan (>50%).

KESIMPULAN

Berlandaskan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan bahwa pengelolaan yang dilakukan sudah memenuhi baku mutu yang di gunakan dimana nilai pH menjadi 6,07, TSS menjadi 35 mg/l, Logam Fe menjadi 0,0465 mg/l, dan Logam Mn menjadi 1,3513 mg/l. Berdasarkan perhitungan persentase *settling pond*, didapatkan nilai persentase pada pH, logam Fe dan Mn yang diatas 50 %, dimana hal ini menandakan bahwa pengelolaan air tambang dengan metode *settling pond* adalah pengelolaan yang efektif untuk diterapkan sebagai pengelolaan air tambang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada PT. Adaro Indonesia yang sudah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Enggarjati, Tantio. (2016). Analisis Pengelolaan Tanah Penutup Dalam Upaya Pencerahan Pembentukan Air Asam Tambang di Area Paringin PT. Adaro Indonesia Kalimantan Selatan. FTKE – Usakti
- [2] Erwin, R. A., Staf, W., Program, P., Pertambangan, S. T., & Yogyakarta, S. (2010). Sistem Pengolahan Air Asam Tambang pada Water Pond dan Aplikasi Model Encapsulation In-PIT Disposal pada Waste Dump Tambang Batu Bara. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 17(1), 1–10.
- [3] Pranata, L. A. (2018). Analisis Penetrulan Air Asam Tambang Batubara Dengan Menggunakan Kapur Tohor Di Kolam Pengendapan Lumpur. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 9(01), 4–13. <https://doi.org/10.52506/jtpa.v9i01.64>
- [4] Setiawan, W. A. (2023). XYZ sebagai Bahan Pengganti Teknik Aerasi pada Pengolahan Air Asam Tambang. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 3(2), 87–94.
- [5] Wahyudin, I., Widodo, S., & Nurwaskito, A. (2018). Analisis Penanganan Air Asam Tambang Batubara. *Jurnal Geomine*, 6(2).
- [6] PT. Adaro Energy. (2022). *PT ADARO ENERGY Annual Report 2022*.
- [7] Badan Standar Nasional. (2008). *SNI 6989-59-2008 tentang Pengambilan Sampel Air Limbah*.
- [8] Agyemang, E. O., Awuah, E., Darkwah, L., Arthur, R., & Osei, G. (2013). Water quality assessment of a wastewater treatment plant in a Ghanaian Beverage Industry.

- International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 5(5), 272–279. <http://www.academicjournals.org/IJWREE>
- [9] Badan Standarisasi Nasional. (2009). *Air dan Air Limbah (SNI 6989.5:2009)*.
- [10] Widayanti, G., Widodo, D. S., & Haris, A. (2012). Elektrodekolorisasi Perairan Tercemar Limbah Cair Industri Batik dan Tekstil di Daerah Batang dan Pekalongan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 15(2), 69. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa>
- [11] Saputra Setiawan, D., Langoy, J., & Tri Wibowo, D. (2019). Adaro Zero Accident Mindset (a-ZAM), Strategi Menuju Peningkatan Budaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja PT. ADARO INDONESIA. *PROSIDING XXVII DAN KONGRES X PERHAPI 2018*.
- [12] Harun dkk. (2008). *Pedoman Teknis Pengolahan Air Limbah Tambang Batubara Terbuka. Kementerian Lingkungan Hidup*.
- [13] Sianturi, P. R., Yusuf, M., Iskandar, D. H., & Pertambangan, J. T. (2019). Kajian Teknis Sistem Pengelolaan Air pada Kolam Pengendapan di Settling Pond North 3 Untuk Memenuhi Standar Peraturan Gubernur Kalsel Nomor 36 Tahun 2008. *Jurnal Pertambangan*, 3(1).
- [14] Angraini, S., Pinem, J. A., & Saputra, E. (2016). Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Tekanan Pemompaan pada Kombinasi Proses Koagulasi dan Membran Ultrafiltrasi dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Karet. *Jom FTEKNIK*, 3(1).
- [15] Arisepta, M. S., Handayani, H. E., & Iskandar H. (2014). Kajian Efektifitas Penentuan Dosis Kuriflock PC-702 Untuk Mengurangi TSS (Total Suspended Solid) pada Air Tambang di KPL Stockpile 1 PT Bukti Asam (PERSERO), Tbk. *Jurnal Ilmu Teknik Sriwijaya*, 2(6).
- [16] Sumiyati, S., & Ganjar Samudro, dan. (2010). Pengolahan Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara Menggunakan Biokoagulan : Studi Penurunan Kadar TSS, Total Fe Dan Total Mn Menggunakan Biji Kelor (Moringa Oleifera). *Jurnal Presipitasi*, 57–61.
- [17] Laila Rahayu, N. (2020). Analisis Logam Berat (Mn, Fe, Cd), Sianida dan Nitrit Pada Air Asam Tambang Batu Bara. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 18(1), 21–26.
- [18] Maulana, L., Suprayogi, A., & Putra Wijaya, A. (2015). Analisis Pengaruh Total Suspended Solid Dalam Penentuan Kedalaman Laut Dangkal Dengan Metode Algoritma Van Hengel Dan Spitzer. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(2).
- [19] Fitriyanti, R. (2014). Karakteristik Limbah Cair Stockpile Batubara. *Jurnal Media Teknik*, 1(1), 12–17.