

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF SETTLING POND IN REDUCTION OF Pb, Cd, AND As IN MINING WASTEWATER PT. JEMBAYAN MUARABARA

ANALISIS EFEKTIVITAS SETTLING POND DALAM REDUKSI Pb, Cd, DAN As PADA AIR LIMBAH TAMBANG DI PT. JEMBAYAN MUARABARA

Atthiyah Hanifah Nabilah Syadza¹, Blego Sedionoto², Dwi Ermawati Rahayu³

¹⁻²Program Studi S1 Kesmas, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Mulawarman

³Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Korespondensi (e-mail): nabila.syadza06@gmail.com¹;

blego.sedionoto@gmail.com²

ABSTRACT

Background & Objective: Coal mining PT. Jembayan Muarabara in Kutai Kartanegara produces mine wastewater which needs to be treated before being discharged into water bodies so as not to harm the aquatic ecosystem and prevent negative impacts on the surrounding community. Mining wastewater has the potential to contain non-essential heavy metals such as Pb, Cd, and As which can have toxic effects on living things and have high concentrations of TSS. This study analyzes the quality of mine wastewater at the settling pond (inlet and outlet) to see the effectiveness of the settling pond in the reduction of heavy metals Pb, Cd, and As also TSS in PT. Jembayan Muarabara. **Method:** This type of research is descriptive-analytic with a quantitative approach. Heavy metals were analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). **Results:** This study showed that heavy metal levels at all points and repeat samples were found below the tool detection limit, namely Pb <0.0295, Cd <0.0023, and As <0.0002. The pH test results were obtained in the range of 6.97-8.05 at the inlet & outlet and 3.87. The highest TSS reduction value was obtained with a reduction effectiveness level of 98.45%. **Conclusion:** Based on the results of the study, it was concluded that all parameters of heavy metals, pH, and TSS at the outlet had met the quality standards for discharge into water bodies.

Keywords: Coal Mine Waste, Effectiveness of Settling Pond, Heavy Metal Reduction

ABSTRAK

Latar Belakang & Tujuan: Penambangan batu bara PT. Jembayan Muarabara di Kabupaten Kutai Kartanegara menghasilkan air limbah tambang atau air asam tambang dimana perlu dilakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke badan air agar tidak membahayakan ekosistem perairan maupun mencegah dampak negatif terhadap masyarakat sekitar. Air limbah tambang berpotensi mengandung logam berat non-esensial seperti Pb, Cd, dan As yang dapat menimbulkan efek beracun bagi makhluk hidup serta memiliki konsentrasi TSS yang tinggi. Penelitian ini menganalisis kualitas air limbah tambang pada settling pond di inlet dan outlet untuk melihat efektivitas settling pond dalam reduksi logam berat Pb, Cd, dan As serta TSS di Perusahaan Batu Bara PT. Jembayan Muarabara. **Metode:** Jenis penelitian adalah deskriptif analitik dengan pendekatan kuantitatif. Logam berat dianalisis menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kadar logam berat pada seluruh titik dan sampel pengulangan didapatkan di bawah batas deteksi alat yaitu Pb <0,0295, Cd <0,0023, dan As <0,0002. Hasil uji pH didapatkan berkisar pada 6,97-8,05 pada *inlet* & *outlet*. Nilai reduksi TSS tertinggi didapatkan dengan tingkat efektivitas reduksi sebesar 98,45%. **Kesimpulan:** Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa seluruh parameter logam berat, pH, dan TSS pada outlet telah memenuhi standar baku mutu untuk dibuang ke badan air.

Kata Kunci: Efektivitas Settling Pond, Limbah Tambang Batubara, Reduksi Logam Berat

1. PENDAHULUAN

Logam berat menjadi polutan yang mendapatkan perhatian khusus karena sifat toksik dan karsinogeniknya, bersama dengan efek berbahaya bagi kesehatan manusia (Mehrandish et al., 2019). Logam berat dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan keracunan. Menurut Järup (2003) dalam Adhani & Husaini, (2017) toksisitas logam berat dapat menyerang kesehatan seperti merusak fungsi otak, paru-paru, ginjal, komposisi darah, dan organ penting lainnya. Kontaminasi logam berat pada perairan secara intensif berhubungan dengan pelepasan logam berat oleh limbah industri dan aktivitas manusia (Budiastuti et al., 2016). Salah satu sumber potensi pencemaran logam berat dapat terjadi pada kegiatan pertambangan seperti pertambangan batu bara.

Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak kekayaan alam berupa endapan batu bara. Kabupaten Kutai Kartanegara merupakan wilayah di Kalimantan Timur (Kaltim) yang paling tinggi dalam memproduksi batu bara yakni mencapai 65,11 juta ton dari total produksi perusahaan pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) Kaltim pada 2017 yang mencapai 86.793.656 ton (BPS Kaltim, 2022; Dinas Pertambangan dan Energi Prov. Kaltim, 2018). Tingginya jumlah produksi batu bara akan selaras dengan limbah yang dihasilkan yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dan berdampak pada kesehatan masyarakat baik secara langsung maupun tidak langsung.

Limbah dari pertambangan batu bara yang banyak dihasilkan salah satunya ialah limbah cair dari hasil proses produksi batu bara dimana disebut air limbah tambang atau air asam tambang. Air limbah pertambangan batu bara bersumber dari mata air disekitaran area tambang dan air limpasan hujan yang bercampur dengan lapisan *overburden* (OB) saat adanya kegiatan penambangan batu bara (Harahap, 2017).

Air limbah tambang berpotensi mengandung logam berat yang dapat mengalir ke sungai, danau atau rawa dan dapat merusak kondisi ekosistem yang ada di sungai atau lingkungan sekitar seperti biota perairan dan tanah dimana menyebabkan penurunan kualitas lingkungan khususnya air untuk keperluan manusia dan makhluk hidup lainnya. Air asam tambang dicirikan dengan rendahnya pH dan tingginya senyawa logam berat tertentu seperti kadmium (Cd) (Hidayat, 2017). Pada beberapa penelitian terdahulu, ditemukan kandungan kadmium dan timbal pada air limbah kolam bekas tambang maupun air limbah cuci batu bara. Logam berat lain yang berpotensi ditemui pada air limbah tambang ialah arsen alami di alam yang ditemukan pada beberapa tipe batu yakni batuan beku, batuan sedimen, dan batu bara. Menurut Darmono (2006), danau bekas galian tambang batu bara mengandung logam berat seperti arsen, merkuri, kadmium, dan timbal.

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang beracun bagi manusia. Timbal dapat masuk ke tubuh manusia melalui air yang terkontaminasi dengan timbal. Keracunan timbal biasanya diakibatkan oleh terjadinya akumulasi logam berat tersebut di dalam tubuh manusia yang akan menyebabkan penyakit anemia, kerusakan susunan saraf pusat dan ginjal (Ridhowati, 2013). Kadmium ialah logam yang bersifat kronis dan pada manusia biasanya terakumulasi dalam ginjal. Keracunan kadmium akan menimbulkan muntah, mual, diare, dan kejang perut (Noor et al., 2020). Sedangkan keracunan arsen dapat menunjukkan gejala tanda-tanda radang lambung dan usus yang parah dan sakit perut diikuti rasa mual, muntah, hingga diare (Nurhayati, 2009).

Berdasarkan penelitian oleh Kurniawan et al. (2015) menunjukkan bahwa perusahaan batu bara PT. TBS pada *inlet* dan *outlet* ditemukan kandungan logam berat Pb masing-masing 3,93 mg/L dan 2,88 mg/L dimana telah melebihi nilai baku mutu yang ditetapkan. Penelitian tersebut menunjukkan pengolahan limbah yang diterapkan oleh PT. TBS tergolong kurang efisien dalam mengurangi logam Pb sebelum dibuang ke lingkungan dengan persentase <50%. Penelitian lainnya oleh Rukmana et al. (2012) pada PT. TBS bahwa ditemukan kandungan Cd dari kolam penampungan limbah cair hasil pencucian batu bara pada *inlet* sebesar 1,980 mg/L dan *outlet* 0,120 mg/L dimana telah melebihi nilai

baku mutu yang ditetapkan. Berdasarkan penelitian tersebut, pengolahan limbah pada PT. TBS dengan metoda menggunakan dolomit sebagai adsorben efisien untuk mengurangi kadar Cd dengan nilai persentase pengurangan 93,939%.

PT. Jembayan Muarabara menjadi lokasi dalam penelitian ini. PT. Jembayan Muarabara salah satu perusahaan yang bergerak dibidang industri pertambangan batu bara yang terletak di Kalimantan Timur tepatnya di Kutai Kartanegara dengan luas wilayah kuasa penambangan 6.907 ha. Perusahaan ini telah beraktivitas sejak sekitar tahun 2002. Sepanjang tahun 2017, PT. Jembayan Muarabara memproduksi 4,18 juta ton batu bara. Selain produk utama berupa batu bara, PT. Jembayan Muarabara juga menghasilkan air limbah tambang yang dapat menimbulkan dampak negatif sebagaimana dipaparkan di atas apabila tidak dilakukan pengolahan secara efektif sebelum dibuang ke badan air.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan observasi, wawancara, dan mengambil sampel pada *settling pond* pengolahan air limbah tambang pada *inlet* dan *outlet* di Perusahaan Batu Bara PT. Jembayan Muarabara di Kutai Kartanegara. Serta dilakukan uji terhadap parameter Pb, Cd, As, TSS, dan pH di Laboratorium Baristand Kota Samarinda.

2.2 Objek dan Sampel

Adapun yang menjadi objek penelitian pada penelitian ini adalah sistem pengolahan air limbah tambang yaitu kolam pengendapan atau *settling pond* di PT. Jembayan Muarabara. Serta adapun sampel penelitian yaitu air limbah tambang sebelum pengolahan (*inlet*) dan sesudah pengolahan (*outlet*) serta petugas penanggung jawab menangani terkait *settling pond* pada Perusahaan Batu Bara PT. Jembayan Muarabara sebagai subjek penelitian.

2.3 Desain Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang menggunakan metode deskriptif untuk mengetahui gambaran tentang kolam pengendapan atau *settling pond* dan mengetahui efektivitas *settling pond* menggunakan rumus efektivitas Metcalf dan Eddy tahun 2003.

Adapun gambaran terkait *settling pond* dan efektivitas ditinjau dalam mengolah air limbah tambang dengan mengukur kualitas air limbah tambang sebelum (*inlet*) dan sesudah (*outlet*) pengolahan air limbah serta membandingkan hasil sesudah pengolahan air limbah (*outlet*) dengan Perda Provinsi Kaltim No. 02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air bagian Baku Mutu Air Limbah untuk Kegiatan Pertambangan Batu Bara sebagai standar untuk parameter pH dan TSS.

2.4 Langkah Prosedur Penelitian

Observasi atau pengamatan dilakukan secara langsung untuk mengetahui kondisi sistem pengolahan air limbah tambang berupa *settling pond* di PT. Jembayan Muarabara menggunakan lembar observasi. Selanjutnya wawancara dilakukan dengan memberikan pertanyaan kepada petugas penanggung jawab menangani terkait *settling pond* dan mencatat jawaban yang diberikan menggunakan daftar pertanyaan dari lembar wawancara.

Pengambilan sampel air limbah mengacu pada standar yaitu SNI 6989.59:2008 mengenai Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Adapun metode yang digunakan dalam pengambilan sampel air ialah contoh sesaat (*grab sample*). *Grab sample* merupakan air limbah yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu. Alat pengambil sampel menggunakan alat pengambil sampel sederhana yaitu botol secara

langsung. Jumlah sampel yang diambil sebanyak 1 liter untuk masing-masing titik dalam satu kali pemeriksaan. Jumlah sampel dalam penelitian ini yaitu berjumlah 6 sampel, sampel dari kedua titik dilakukan pengambilan sampel sebanyak 3 kali (replikasi sampel).

Setelah sampel air limbah didapatkan, sampel dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengukuran terhadap parameter yang diukur.

2.5 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan untuk penentuan kualitas dari inlet dan outlet akan dilakukan uji laboratorium dan hasil dari outlet akan dibandingkan dengan Perda Provinsi Kaltim No. 02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air bagian Baku Mutu Air Limbah untuk Kegiatan Pertambangan Batu Bara sebagai standar untuk parameter pH dan TSS. Perhitungan efektivitas settling pond di PT. Jembayan Muarabara dihitung setelah didapat jumlah atau kadar dari masing-masing parameter pemeriksaan pada inlet dan outlet kemudian dihitung menggunakan rumus efektivitas menurut Metcalf & Eddy (2003):

$$Ef = \frac{X_{inlet} - X_{outlet}}{X_{inlet}} \times 100\%$$

Keterangan:

Ef : Efektivitas

X_{inlet} : Nilai parameter awal yang diperoleh dari *inlet*

X_{outlet} : Nilai parameter akhir yang diperoleh dari *outlet*

Kriteria Pengukuran Efektivitas (Waang et al., 2016):

Sangat Efektif : 100%

Efektif : 90-99%

Cukup Efektif : 80-89%

Kurang Efektif : 60-80%

Tidak Efektif : <60%

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Hasil Analisis Logam Berat pada Inlet & Outlet

Pengukuran kualitas air pada air limbah tambang di PT. Jembayan Muarabara dilakukan dengan cara mengambil sampel pada 3 titik yaitu titik *inlet*, kolam proses (pemberian tawas), dan *outlet*. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan atau replikasi pada hari yang berbeda. Sampel pertama diambil pada titik *inlet* & *outlet*, sampel kedua dan ketiga diambil pada 3 titik yaitu titik *inlet*, kolam proses, dan *outlet*.

Setelah pengambilan sampel dilakukan, sampel dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis. Analisis kualitas air dilakukan dengan melakukan uji pada sampel air limbah terhadap beberapa parameter yaitu logam berat Pb, Cd, dan As serta parameter pendukung yaitu pH, suhu, dan TSS. Adapun hasil pengukuran dan pengujian terhadap sampel-sampel yang didapat sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Timbal (Pb)

Sampel	Hasil Uji (mg/L)	
	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>
Pengulangan 1	<0,0295	<0,0295
Pengulangan 2	<0,0295	<0,0295
Pengulangan 3	<0,0295	<0,0295

Tabel di atas menunjukkan hasil pengukuran Pb pada *inlet* & *outlet* dari ketiga sampel pengulangan didapatkan hasil <0,0295 mg/L atau di bawah batas deteksi alat atau metode.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kadmium (Cd)

Sampel	Hasil Uji (mg/L)	
	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>
Pengulangan 1	<0,0023	<0,0023
Pengulangan 2	<0,0023	<0,0023
Pengulangan 3	<0,0023	<0,0023

Tabel di atas menunjukkan hasil pengukuran Cd pada *inlet* & *outlet* dari ketiga sampel pengulangan didapatkan hasil <0,0023 mg/L atau di bawah batas deteksi alat atau metode.

Tabel 3. Hasil Pengujian Arsen (As)

Sampel	Hasil Uji (mg/L)	
	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>
Pengulangan 1	<0,0002	<0,0002
Pengulangan 2	<0,0002	<0,0002
Pengulangan 3	<0,0002	<0,0002

Tabel di atas menunjukkan hasil pengukuran As pada *inlet* & *outlet* dari ketiga sampel pengulangan didapatkan hasil <0,0002 mg/L atau di bawah batas deteksi alat atau metode.

3.2 Hasil Pengukuran Parameter Fisik-Kimia Lainnya pada Inlet & Outlet

Pengukuran terhadap parameter kualitas perairan seperti pada parameter kimia yaitu pH dan parameter fisik yaitu suhu & TSS.

Tabel 4. Hasil Pengujian pada *Inlet*

Parameter	Pengulangan			Baku Mutu
	1	2	3	
Kimia				
pH	7,47	7,76	8,05	6-9
Fisika				
Suhu (°C)	32	29	29	-
TSS (mg/L)	2800	1328	1880	300

Tabel 5. Hasil Pengujian pada *Outlet*

Parameter	Pengulangan			Baku Mutu
	1	2	3	
Kimia				
pH	7,44	7,05	6,97	6-9
Fisika				
Suhu (°C)	30	31	31	-
TSS (mg/L)	68	61	29	300

Berdasarkan data hasil pengujian pH di laboratorium pada *inlet* & *outlet* dari 3 sampel masih tergolong dalam pH netral dan pH di *outlet* dalam kategori aman sesuai standar baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 6-9 berdasarkan Perda Kaltim No. 2 Tahun 2011. Nilai pH terendah yaitu sebesar 6,97 dari sampel pengulangan 3 di titik *outlet*, nilai pH tertinggi juga berada pada sampel pengulangan 3 di titik *inlet* dengan nilai pH sebesar 8,05.

Berdasarkan hasil pengukuran suhu pada *inlet* & *outlet* dari 3 sampel pengulangan menunjukkan tidak terjadi perbedaan yang besar atau relatif stabil yaitu berkisar antara 29°C – 32°C.

Berdasarkan data hasil pengujian TSS terlihat bahwa hasil TSS di inlet & outlet sangat berbeda. Hasil TSS tertinggi terdapat pada inlet sampel pengulangan 1 sebesar 2800 mg/L sedangkan TSS terendah berada pada outlet dari sampel pengulangan 3 yaitu sebesar 29 mg/L. Seluruh sampel di inlet masih tergolong cukup tinggi sedangkan seluruh sampel di outlet telah sesuai dengan standar baku mutu menurut Perda Kaltim No. 02 Tahun 2011 sebelum dibuang ke badan air.

3.3 Hasil Analisis Efektivitas

Berdasarkan hasil uji dari parameter logam berat Pb, Cd, dan As didapatkan bahwa seluruh hasil sampel memiliki nilai di bawah batas deteksi alat atau metode sehingga tidak memiliki angka yang pasti untuk dapat dilakukan perhitungan efektivitas dari ketiga logam berat tersebut. Maka dilakukan perhitungan efektivitas terhadap parameter fisika yaitu TSS karena hasil pengukuran parameter TSS menunjukkan hasil yang tinggi dan perlu dilakukan perhitungan terhadap efektivitas *settling pond* dalam reduksi TSS pada air limbah tambang PT. Jembayan Muarabara.

Adapun hasil uji TSS pada ketiga sampel beserta nilai efektivitas dalam penurunan TSS dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Efektivitas *Settling Pond* dalam Reduksi TSS

Replikasi	Nilai TSS (mg/L)		Efektivitas (%)	Baku Mutu (mg/L)
	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>		
1	2800	68	97,57	300
2	1328	61	95,40	
3	1880	29	98,45	
Rata-rata	2002,66	52,66	97,37	

Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas reduksi TSS didapatkan hasil bahwa *settling pond* dilihat dari hasil ketiga pengulangan sampel tergolong pada kriteria efektif dalam reduksi TSS yaitu dengan rata-rata sebesar 97,37%. *Settling pond* tergolong efektif dalam mereduksi TSS dan hasil TSS di *outlet* telah sesuai dengan standar baku mutu sesuai dengan Perda Kaltim No. 02 Tahun 2011.

4. PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Logam Berat pada Inlet & Outlet

Hasil uji kandungan logam berat Pb pada sampel air limbah dari titik inlet dan kolam proses pada sampel pengulangan 1, 2, dan 3 didapatkan hasil sebesar <0,0295 mg/L, hasil yang sama juga didapatkan pada titik outlet pada sampel pengulangan 1, 2, dan 3 yaitu <0,0295 mg/L. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Kurniawan et al. (2015) yang menunjukkan bahwa adanya kandungan logam berat Pb pada air limbah batu bara di inlet, kolam penampungan, dan outlet ialah 3,93 mg/L; 3,25 mg/L; dan 2,88 mg/L. Perbedaan hasil dapat disebabkan oleh bedanya sumber air limbah tambang yang dijadikan sampel pada kedua penelitian dimana penelitian tersebut sumber air limbah tambang berasal dari air limbah pencucian batu bara sedangkan pada penelitian ini meneliti air limbah tambang pada SP 306 JMB yang bersumber dari area penambangan atau pit.

Hasil uji seluruh sampel penelitian di PT. Jembayan Muarabara Kutai Kartanegara menunjukkan konsentrasi Pb pada air limbah tambang di bawah deteksi metode atau alat sebesar <0,0295 mg/L, hal ini diduga berkaitan dengan daya larut dari logam Pb. Menurut Effendi (2003), kelarutan logam berat Pb cukup rendah di air yaitu bekisar <1 µg/L sehingga kadar timbal dalam air relatif sedikit dibandingkan logam lainnya seperti Cu. Selain itu ada indikasi bahwa secara alami, keberadaan Pb memang cukup rendah. Logam berat Pb yang sebelumnya berpotensi ditemukan pada air limbah tambang dapat mengalami pengendapan yang dikenal dengan istilah sedimen (Budhiastuti et al., 2016). Sehingga, selain pada air limbah tambang, perlu dilakukan penelitian di masa mendatang terhadap

sedimen di kolam-kolam pengendapan air limbah tambang batu bara.

Timbal yang terkandung pada air limbah seperti air limbah tambang yang akan dibuang ke badan air akan berpotensi memberikan dampak buruk bagi makhluk hidup terutama manusia dan dapat memberikan efek racun terhadap tubuh (Herman, 2017). Pb yang tercemar ke dalam perairan dapat mengumpul di dalam tubuh organisme, dan tetap tinggal dalam jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Palar, 2008).

Timbal adalah logam yang bersifat toksik terhadap manusia, yang dapat terpapar melalui konsumsi makanan dan minuman, melalui inhalasi dari udara, kontak langsung lewat kulit, dan kontak lewat mata dimana keracunan timbal dapat menyebabkan efek akut dan kronis. Gejala keracunan kronis ditandai oleh rasa mual, anemia, sakit pada bagian perut, dan dapat menyebabkan kelumpuhan. Keracunan timbal juga dapat mempengaruhi seperti sistem peredaran darah, sistem saraf, sistem urinaria, sistem reproduksi, sistem endokrin, dan jantung (Palar, 2012).

Hasil uji Cd seluruh sampel menunjukkan di bawah deteksi metode atau alat sebesar $<0,0023$ mg/L. Hal ini dapat disebabkan oleh karakteristik dari kelarutan kadmium yang cenderung mudah mengendap di sedimen (Afriansyah, 2009). Rendahnya konsentrasi Cd juga diduga disebabkan kadar Cd di dalam sampel air tidak mencapai limit deteksi alat. Menurut Effendi (2003) Cd di dalam air terdapat dalam jumlah yang sedikit dan bersifat tidak larut dalam air.

Kandungan kadmium yang terdapat dalam air limbah dapat mencemari lingkungan sekitar dan berdampak negatif terhadap makhluk hidup. Menurut Atdjas (2008) mengatakan kadmium merupakan bahan pencemaran organik/ mineral yang dapat terakumulasi dalam perairan maupun dalam makanan. Secara umum masuk ke dalam perairan akan menjadi Cd^{+2} yang menyebabkan toksisitas pada perairan. Apabila kandungan Cd telah terkontaminasi dengan ekosistem perairan, maka melalui rantai makanan akan mengganggu kehidupan manusia (Mamoribo et al., 2015).

Kadmium sangat toksik terhadap ginjal. Logam ini terakumulasi di sel tubulus proksimal pada konsentrasi lebih tinggi. Penghirupan kadmium pada kadar tinggi dapat menyebabkan kerusakan parah pada paru-paru. Jika kadmium termakan pada kadar tinggi, hal ini dapat menyebabkan iritasi lambung kemudian terjadi muntah dan diare (Irianti et al., 2017).

Hasil pemeriksaan kadar Arsen (As) pada 3 titik pengambilan sampel menunjukkan bahwa kadar As sebesar $<0,0002$ mg/L atau di bawah *limit* deteksi metode atau alat. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi cuaca saat pengambilan sampel. Cuaca saat pengambilan sampel pada 3 titik dan 3 pengulangan diambil saat cuaca sedang terik matahari. Namun, beberapa hari maupun sehari sebelum pengambilan sampel sering terjadi hujan deras di daerah penelitian sehingga masih mempengaruhi sampel air yang diambil. Konsentrasi logam berat di perairan cenderung lebih rendah pada musim penghujan, hal ini dikarenakan logam berat di perairan dapat diencerkan oleh air hujan. Arsen tidak rusak oleh lingkungan, hanya berpindah menuju air atau tanah yang dibawa oleh debu, hujan, atau alam. Beberapa senyawa Arsen tidak bisa larut dalam air dan akhirnya akan mengendap di sedimen (Widowati et al., 2008).

Hasil pemeriksaan kadar Arsen (As) pada 3 titik pengambilan sampel menunjukkan bahwa kadar As sebesar $<0,0002$ mg/L atau di bawah *limit* deteksi metode atau alat. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi cuaca saat pengambilan sampel. Cuaca saat pengambilan sampel pada 3 titik dan 3 pengulangan diambil saat cuaca sedang terik matahari. Namun, beberapa hari maupun sehari sebelum pengambilan sampel sering terjadi hujan deras di daerah penelitian sehingga masih mempengaruhi sampel air yang diambil. Konsentrasi logam berat di perairan cenderung lebih rendah pada musim penghujan, hal ini dikarenakan logam berat di perairan dapat diencerkan oleh air hujan. Arsen tidak rusak oleh lingkungan, hanya berpindah menuju air atau tanah yang dibawa oleh debu, hujan, atau alam. Beberapa senyawa Arsen tidak bisa larut dalam air dan akhirnya akan mengendap di sedimen (Widowati et al., 2008).

Bahaya dari paparan logam berat timbal, kadmium, dan arsen dapat dicegah agar tidak berdampak negatif pada kesehatan manusia. Adapun upaya yang dapat dilakukan yaitu menghindari penggunaan

bahan pangan dengan risiko cemaran logam berat dan mencuci bahan pangan dengan baik. Pencegahan akumulasi logam berat juga dapat dilakukan dengan banyak mengonsumsi serat (Irianti et al., 2017). Selain itu, menurut Hasan (2012) pencegahan keracunan kronis timbal pada orang dewasa dapat dicegah dengan pemberian suplemen kalsium.

4.2 Hasil Pengukuran Parameter Fisik-Kimia Lainnya pada Inlet & Outlet

Nilai pH pada air limbah tambang yang bersumber dari *sump-pit* berdasarkan hasil uji pada titik *inlet & outlet* masih berada pada kisaran nilai pH normal yaitu pada *inlet* nilai pH terendah ialah 6 dan nilai pH tertinggi yaitu 8,05 sedangkan pada *outlet* nilai pH terendah ialah 6 dan tertinggi ialah 7,44. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Anshariah et al. (2015) dimana hasil pengamatan dilapangan air yang berasal dari *sump-pit* penambangan diperoleh pH air dalam keadaan normal yakni pada *inlet* nilai pH terendah adalah 6,21 dan yang tertinggi adalah 7,74 sedangkan pada *outlet* pH terendah adalah 6,31 dan tertinggi adalah 8,17.

Nilai pH pada titik *outlet* dari seluruh sampel pengulangan didapatkan telah sesuai dengan standar baku mutu yang berlaku dan aman untuk dibuang ke badan air. Hal ini dapat berkaitan dengan konsentrasi logam berat. Konsentrasi logam berat di perairan dapat dipengaruhi oleh pH dimana kelarutan logam berat akan lebih tinggi pada pH rendah yang menyebabkan toksisitas logam berat semakin tinggi. Nilai pH pada titik *inlet & outlet* tergolong normal yang berarti kenaikan senyawa-senyawa logam cenderung kecil (Eshmat et al., 2014).

Berdasarkan hasil pengukuran suhu didapatkan hasil suhu pada *inlet* cenderung lebih rendah dibandingkan dengan *outlet* ditunjukkan dengan hasil pada pengukuran suhu dari sampel pengulangan 2 dan 3 yaitu suhu pada *inlet* sebesar 29°C dan suhu pada *outlet* sebesar 31°C. Suhu lebih rendah di *inlet* terjadi disebabkan adanya turbulensi yang lebih tinggi pada aliran *inlet*. Penelitian oleh Kurniawan et al. (2015) menunjukkan pengukuran suhu pada limbah cair batu bara di *inlet* lebih rendah yaitu sebesar 30,5°C dibanding suhu di *outlet* yaitu sebesar 31°C. Hal ini diduga disebabkan oleh tingginya suhu udara yang ikut mempengaruhi suhu air.

Suhu pada perairan dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi konsentrasi logam berat dimana suhu yang tinggi dapat meningkatkan toksisitas logam berat di perairan (Sarjono, 2009). Suhu mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan dan sedimen, suhu air yang lebih rendah akan memudahkan logam berat mengendap ke sedimen sedangkan senyawa logam berat akan larut di air jika berada pada suhu yang tinggi (Sukoasih et al., 2016).

Hasil uji TSS seluruh sampel pada *inlet* masih sangat tinggi. Menurut Kiswanto et al. (2018) penyebab tingginya kandungan TSS pada air limbah tambang disebabkan banyaknya sisa-sisa batu bara dan partikel-partikel yang terbawa air hujan. Tingginya TSS pada penelitian ini disebabkan oleh sampel air limbah tambang yang berasal dari lokasi penambangan (*pit*) dimana proses terbentuknya air limbah tambang dipengaruhi oleh adanya kandungan material lumpur pada lokasi penambangan.

Hasil *inlet & outlet* dari 3 sampel pengulangan menunjukkan adanya penurunan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan oleh adanya penambahan koagulan berupa tawas pada titik *inlet* serta dari proses pengendapan di kolam-kolam pengendapan. Pemberian tawas dapat menurunkan TSS sejalan dengan penelitian Ningsih (2011), hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya penurunan TSS dari rata-rata 292,3 mg/L menjadi rata-rata 51 mg/L setelah pembubuhan tawas pada air limbah rumah sakit. Pemberian koagulan menyebabkan adanya proses koagulasi. Proses koagulasi yang dilakukan untuk menurunkan nilai TSS akan menghasilkan endapan yang terbentuk dari proses sedimentasi setelah air limbah mengalami proses koagulasi (Gozan et al., 2009).

4.3 Hasil Analisis Efektivitas

Hasil perhitungan efektivitas settling pond dalam reduksi TSS menunjukkan bahwa ketiga sampel tergolong pada kriteria efektif dengan nilai efektivitas terendah yaitu 95,40% dan tertinggi yaitu

98,45%. Nilai efektivitas reduksi TSS rata-rata dari ketiga sampel sebesar 97,37%, nilai tersebut sebanding dengan penelitian oleh Maharani et al. (2019) yang meneliti efektivitas TSS pada air limbah tambang di settling pond PT. KPC yaitu didapatkan nilai efektivitas sebesar 99,6%, dimana pada penelitian tersebut treatment pada air limbah tambang menggunakan penambahan material yang sama untuk menurunkan TSS yaitu tawas atau aluminium sulfat. Kedua nilai tersebut tidak jauh berbeda dan masih dalam kategori yang sama yaitu tergolong efektif. Nilai reduksi pada penelitian Kurniawan et al. (2015) menunjukkan hasil pengurangan yang berbeda yaitu dengan nilai efektivitas sebesar 85,52% pada air limbah tambang PT. Tri Bakti Sarimas.

Efektivitas TSS yang tergolong efektif menunjukkan bahwa sistem pengolahan air limbah tambang PT. Jembayan Muarabara berupa *settling pond* efektif dalam menurunkan TSS dengan mengendapkan partikel atau padatan tersuspensi. Namun penggunaan tawas untuk menurunkan TSS perlu diberikan dengan dosis yang efektif yakni tidak hanya untuk menurunkan TSS namun juga agar pH tidak terjadi penurunan secara drastis yang dapat menyebabkan nilai pH tidak masuk dalam ambang batas standar baku mutu yang berlaku.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa konsentrasi logam berat logam berat Pb, Cd, dan As pada titik *inlet* dan *outlet* pada ketiga sampel pengulangan menunjukkan hasil di bawah batas deteksi alat atau metode yaitu <0,0295 untuk Pb, <0,0023 untuk Cd, dan <0,0002 untuk As. Hasil pH di titik *inlet* masih dalam kategori netral. Hasil pengukuran suhu pada 3 titik dan ketiga sampel pengulangan didapatkan berkisar 29°C – 32°C. Hasil TSS pada titik *inlet* dan kolam proses menunjukkan hasil masih sangat tinggi. Hasil pH di titik *outlet* telah sesuai dengan standar baku mutu. Hasil pengukuran suhu pada 3 titik dan ketiga sampel pengulangan didapatkan berkisar 30°C – 31°C. Hasil TSS pada titik *outlet* telah memenuhi standar baku mutu.

Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas reduksi TSS didapatkan hasil bahwa *settling pond* dilihat dari hasil ketiga pengulangan sampel tergolong pada kriteria efektif dalam reduksi TSS yaitu dengan rata-rata sebesar 97,37%.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan, Pemantauan terhadap logam berat pada perusahaan batu bara perlu dikembangkan pada sampel sedimen yang berada pada kawasan penambangan maupun kolam pengendapan air limbah tambang dikarenakan logam berat berpotensi lebih besar untuk mengendap dalam lapisan sedimen. Selain itu perlu pengkajian penggunaan dosis tawas yang efektif untuk menurunkan TSS serta tetap menjaga pH agar tidak turun secara signifikan setelah pembubuhan tawas. Perusahaan batu bara diharapkan dapat menerapkan metode lahan basah buatan sebagai metode untuk pengolahan air limbah tambang sesuai dengan PerMenLHK RI No. 5 Tahun 2022 tentang Pengolahan Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia* (Kholishotunnisa, Ed.). Lambung Mangkurat University Press.
- Afriansyah, A. (2009). *Konsentrasi Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) dalam Air, Seston, Kerang, dan Fraksinasi dalam Sedimen di Perairan Delta Berau, Kalimantan Timur*.
- Anshariah, Widodo, S., & Nuhung, R. (2015). Studi Pengelolaan Air Asam Tambang pada PT. Rimau Energy Mining Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Geomine*, 01, 46–54.
- Atdjas, D. (2008). *Dampak Kadar Cadmium (Cd) dalam Tubuh Kerang Hijau (Perna viridis) di Daerah Tambak Muara Karang Teluk Jakarta terhadap Kesehatan Manusia*.
- Air dan Air Limbah - Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah, Pub. L. No. SNI 6989.59:2008 (2008).
- BPS Kaltim. (2018). *Produksi Batubara (Ton) 2015-2017*. Kaltim.Bps.Go.Id.
<https://kaltim.bps.go.id/indicator/10/361/1/produksi-batubara.html>
- Budiastuti, P., Raharjo, M., & Dewanti, N. A. Y. (2016). Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(5), 2356–3346.
<http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Darmono. (2006). *Lingkungan Hidup dan Pencemarannya*. UI Press.
- Dinas Pertambangan dan Energi (Distamben) Provinsi Kalimantan Timur. (2018). *Jumlah Produksi Batu Bara Kukar*. Antara News.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius.
- Eshmat, M. E., Mahasri, G., & Rahardja, B. S. (2014). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) di Perairan Ngemboh Kabupaten Gresik Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 6(1), 101–108.
<https://doi.org/https://doi.org/10.20473/jipk.v6i1.11387>
- Gozan, M., Wulan, P. P., & Putra, H. (2009). Peningkatan Efisiensi Penggunaan Koagulan pada Unit Pengolahan Air Limbah Batu Bara. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 8(2), 44–49.
- Harahap, J. (2017). Efektivitas Penggunaan Aluminium Sulfat dalam Menurunkan Kadar Tss (Total Suspended Solid) Air Limbah Penambangan Batu Bara Di PT. X. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, 3(2). www.jurnal.ar-raniry.com/index.php/elkawnie
- Hasan, W. (2012). Pencegahan Keracunan Timbal Kronis pada Pekerja Dewasa dengan Suplemen Kalsium. *Makara*, 16(1), 1–8.
- Herman. (2017). Analisis Kadar Timbal (Pb) pada Air yang Melalui Saluran Pipa Penyalir Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Makassar. *Jurnal Media Analisis Kesehatan*, 8(2), 91–99.
- Hidayat, L. (2017). Pengelolaan Lingkungan Areal Tambang Batubara (Studi Kasus Pengelolaan Air Asam Tambang (Acid Mining Drainage) di PT. Bhumi Rantau Energi Kabupaten Tapin Kalimantan Selatan). *Jurnal ADHUM*, VII(1), 44–52.
- Irianti, T. T., Kuswandi, Nuranto, S., & Budiayati, A. (2017). *Logam Berat dan Kesehatan*.
- Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68, 167–182.
<https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Kiswanto, Susanto, H., & Sudarno. (2018, May). Karakteristik Air Asam Batubara Di Kolam Bekas Tambang Batubara PT. Bukit Asam (PTBA). *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC*.
- Kurniawan, F., Hanifah, T. A., & Bali, S. (2015). Analisis Logam (Fe, Pb), Nitrat (NO₃), dan Sulfida (S₂-) pada Limbah Tambang Batubara PT. Tri Bakti Sarimas di Desa Pangkalan Kuansing. *JOM Fmipa*, 2(1), 212–221.
- Maharani, G. R. C., Pramaningsih, V., & Yuliawati, R. (2019). *Efektivitas Pengolahan Air Limbah Tambang Batubara pada Kolam Pengendap Srigunting PT. KPC* [Karya Tulis Ilmiah]. Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.
- Mamoribo, H., Rompas, R. J., & Kalesaran, O. J. (2015). Determinasi Kandungan Kadmium (Cd) di Perairan Pantai Malalayang sekitar Rumah Sakit Prof Kandou Manado. *Jurnal Budidaya Perairan*, 3(1), 114–118.
- Mehrandish, R., Rahimian, A., & Shahriary, A. (2019). Heavy metals detoxification: A review of herbal compounds for chelation therapy in heavy metals toxicity. *Journal of HerbMed Pharmacology*, 8(2), 69–77. <https://doi.org/10.15171/jhp.2019.12>

- Metcalf, & Eddy. (2003). *Wastewater Enggining: Treatment, Disposal, and Reuse*. Mc Graw Hill Inc.
- Ningsih, R. (2011). Pengaruh Pembubuhan Tawas dalam Menurunkan TSS pada Air Limbah Rumah Sakit. *KEMAS*, 6(2), 79–86. <http://journal.unnes.ac.id/index.php/kemas>
- Noor, I., Priatmadi, B., Fatmawati, & Kissinger. (2020). Pemberian Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit terhadap Penyerapan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) pada Air Asam Tambang. *EnviroScienteeae*, 16(2), 216–224.
- Nurhayati. (2009). *Analisis Kadar Arsen (As) pada Kerang Bivalvia yang Berasal dari Laut Belawan*.
- Palar, H. (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rineka Cipta.
- Palar, H. (2012). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta.
- Ridhowati, S. (2013). *Mengenal Pencemaran Logam*. Graha Ilmu.
- Rukmana, T., Itnawita, & Anita, S. (2013). *Analisis Logam (Mn, Cd), Sianida dan Nitrit pada Limbah Cair Tambang Batubara PT. Tri Bakti Sarimas (TBS) di Pangkalan Kuansing*.
- Sarjono, A. (2009). *Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb, dan Hg pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara*. IPB University.
- Sukoasih, A., Widiyanto, T., & Suparmin. (2016). Hubungan Antara Suhu, pH dan berbagai Variasi Jarak dengan Kadar Timbal (Pb) pada Badan Air Sungai Rompang dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016. 360–367.
- Waang, D. G., Fernandez, H., & Ramang, R. (2016). Analisis Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah dan Penilaian Masyarakat terhadap Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Umum W. Z. Yohanes Kupang. *Jurnal Bumi Lestari*, 16(2), 92–99.
- Widowati, Sustiono, & Jusuf. (2008). *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Andi Offset.