

Putri/Evaluasi Kinerja

Evaluasi Kinerja Kolam Pengendapan Air Asam Tambang Berdasarkan SNI 6774:2008 (Studi Kasus: Ambrosia Pond, PT Kaltim Prima Coal)

Tiara Meylani Putri¹⁾ dan Dina Asrifah²⁾

^{1,2)} Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta/Jurusan Teknik Lingkungan

^{a)}Corresponding author: dina.asrifah@upnyk.ac.id

^{b)}114210021@student.upnyk.ac.id

ABSTRAK

Air Asam Tambang (AAT) merupakan salah satu permasalahan lingkungan utama pada kegiatan pertambangan batubara karena memiliki pH rendah dan kandungan logam terlarut yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja kolam pengendapan Ambrosia di PT Kaltim Prima Coal dalam pengolahan AAT serta menilai kesesuaiannya dengan standar desain menurut SNI 6774:2008. Pengumpulan data dilakukan melalui survei lapangan, pengukuran dimensi kolam, pengambilan sampel air, serta pengujian kualitas air pada bagian inlet dan outlet selama 7 hari berturut-turut. Parameter yang diuji meliputi pH, TSS, Fe, dan Mn. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kolam pengendapan Ambrosia mampu meningkatkan nilai pH dari rata-rata 3,09 menjadi 7,83. Konsentrasi Fe mengalami penurunan dari rata-rata 19,28 mg/L menjadi 1,18 mg/L, sedangkan Mn menurun dari 8,57 mg/L menjadi 3,19 mg/L, sehingga keduanya memenuhi baku mutu masing-masing 7 mg/L untuk Fe dan 4 mg/L untuk Mn. Parameter TSS juga menurun dari rata-rata 52,9 mg/L menjadi 4,1 mg/L masih jauh di bawah baku mutu 300 mg/L. Analisis hidraulik menunjukkan bahwa aliran dalam kolam bersifat laminar dan subkritis, namun kedalaman kolam eksisting sebesar 2 meter belum sesuai dengan rekomendasi SNI 6778:2008 yang mensyaratkan minimum kedalaman kolam pengendapan adalah 3 meter. Secara keseluruhan, sistem pengolahan aktif yang diterapkan telah efektif dalam mengurangi dampak AAT, namun diperlukan optimalisasi desain untuk mencapai kinerja yang lebih berkelanjutan.

Kata Kunci: Air Asam Tambang; Kolam Pengendapan; SNI 6778:2008

ABSTRACT

Acid Mine Drainage (AMD) is one of the major environmental problems in coal mining activities due to its low pH and high concentration of dissolved metals. This study aims to evaluate the performance of the Ambrosia settling pond at PT Kaltim Prima Coal in treating AMD and to assess its compliance with the design standards according to SNI 6774:2008. Data collection was carried out through field surveys, pond dimension measurements, water sampling, and water quality testing at the inlet and outlet for seven consecutive days. The parameters analyzed included pH, TSS, Fe, and Mn. The results showed that the Ambrosia settling pond was able to increase the pH value from an average of 3.09 to 7.83. The Fe concentration decreased from an average of 19.28 mg/L to 1.18 mg/L, while Mn decreased from 8.57 mg/L to 3.19 mg/L, both meeting the respective quality standards of 7 mg/L for Fe and 4 mg/L for Mn. The TSS parameter also decreased from an average of 52.9 mg/L to 4.1 mg/L, which is far below the quality standard of 300 mg/L. Hydraulic analysis indicates that the flow within the pond is laminar and subcritical; however, the existing pond depth of 2 meters does not comply with the recommendation of SNI 6778:2008, which requires a minimum settling pond depth of 3 meters. Overall, the active treatment system implemented has been effective in reducing the impacts of AMD, although design optimization is still required to achieve more sustainable performance.

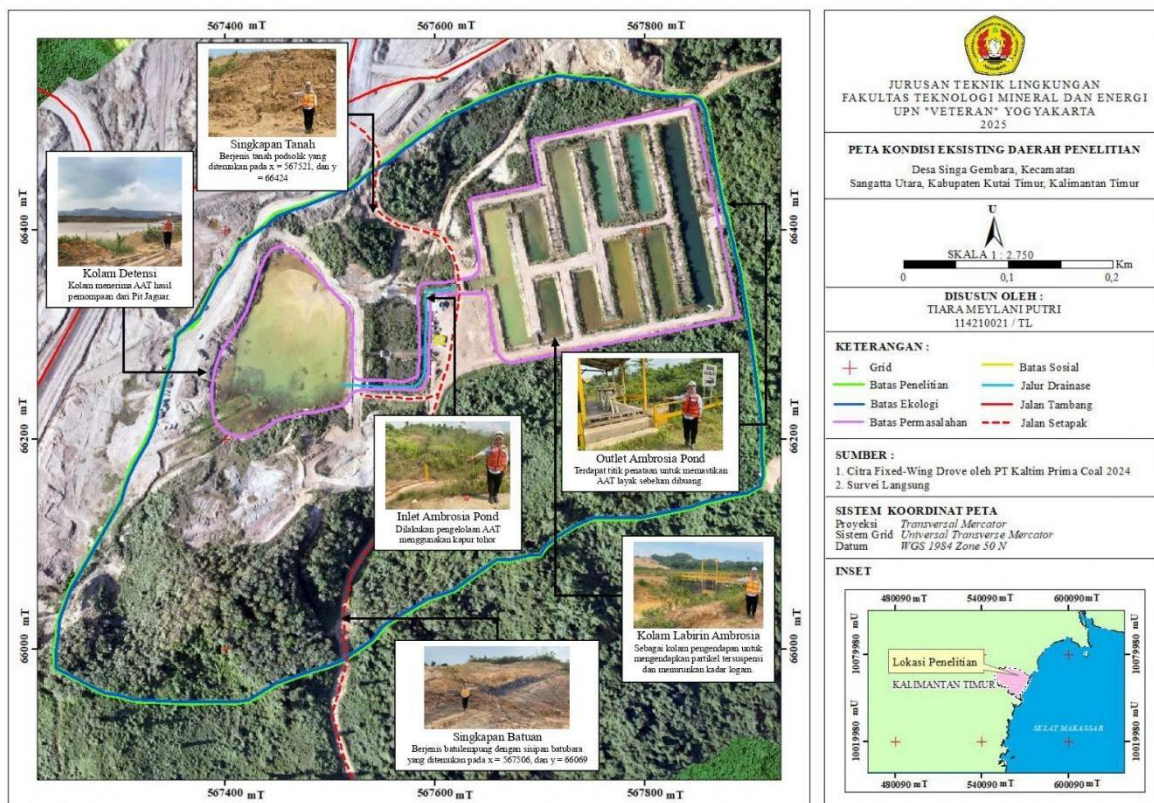
Keywords: Acid Mine Drainage; Settling Pond; SNI 6778:2008.

Putri/Evaluasi Kinerja

PENDAHULUAN

Industri pertambangan batubara menjadi salah satu komoditas utama dalam sektor ekspor nasional. Namun, kegiatan penambangan yang tidak dikelola sesuai ketentuan dapat menimbulkan dampak terhadap kualitas air, tanah, serta perubahan morfologi dan topografi lahan. Salah satu contoh dampaknya adalah terbentuknya air asam tambang (AAT) yang mengandung logam terlarut (Wibowo, dkk., 2022). Air asam tambang terbentuk ketika mineral sulfida di lapisan batuan teroksidasi dan menjadi asam. Air asam ini biasanya mengandung besi dan mangan yang merupakan contoh dari logam berat yang sering ditemukan pada AAT serta padatan tersuspensi dalam konsentrasi tinggi (Andrawina dkk., 2020). Pengendalian terhadap AAT merupakan hal yang perlu dilakukan selama kegiatan penambangan berlangsung dan setelah kegiatan penambangan berakhir. Air asam tambang (*Acid Mine Drainage*) dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air, air permukaan dan air tanah. Selain itu jika dialirkan ke sungai akan berdampak terhadap masyarakat yang tinggal di sepanjang aliran sungai serta akan mengganggu biota yang hidup di darat juga biota perairan (Hidayat, 2017).

Kabupaten Kutai Timur di Provinsi Kalimantan Timur adalah lokasi administrasi untuk kegiatan industri yang dikelola oleh PT Kaltim Prima Coal (PT KPC), yaitu perusahaan tambang batubara yang menggunakan sistem tambang terbuka (*open pit*). Pengolahan AAT pada lokasi penelitian yaitu Kolam Ambrosia menggunakan sistem pengolahan aktif. Kapur tohor ditambahkan pada area inlet untuk meningkatkan nilai pH dan mengendapkan sedimen hasil reaksi kimia antara AAT dan kapur sebelum air dialirkan ke badan penerima. Selanjutnya AAT dialirkan melalui kolam pengendapan berbentuk labirin yang berfungsi memperlambat aliran, mengendapkan partikel padat, serta mendukung proses netralisasi secara kimia. Namun variasi debit air dan intensitas hujan yang dapat berubah-ubah setiap saat dapat memengaruhi kinerja dan efisiensi pengolahan. Pengelolaan kolam pengendapan oleh pihak perusahaan belum disertai dengan sistem *monitoring* yang terjadwal dan berkelanjutan. sehingga diperlukan evaluasi dan pengawasan secara berkala pada daerah penelitian untuk mengetahui kinerja kolam agar hasil pengolahan memenuhi peraturan lingkungan yang berlaku dan menganalisis kesesuaiannya dengan standar desain yang tercantum pada SNI 6774:2008. Kondisi eksisting daerah penelitian yang meliputi sistem pengolahan AAT di Ambrosia Pond, termasuk area inlet, kolam detensi, kolam labirin, dan area outlet, ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Kondisi Eksisting Ambrosia Pond

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif digunakan untuk menentukan volume AAT yang masuk ke area penelitian serta menilai efektivitas kolam pengendapan dalam proses pengelolaan AAT. Sementara itu, metode kualitatif digunakan untuk menganalisis dan mendeskripsikan hasil yang diperoleh dari pengolahan data kuantitatif. Data primer dikumpulkan melalui survei dan pemetaan langsung di lapangan, serta pengambilan sampel air dengan teknik *purposive sampling* yang disesuaikan dengan tujuan penelitian. Kegiatan lapangan meliputi pengukuran dimensi fisik kolam eksisting, pengambilan sampel air pada *inlet* dan *outlet* selama tujuh hari berturut-turut, dan pengukuran debit air aktual pada setiap kompartemen kolam labirin selama tujuh hari berturut-turut. Evaluasi desain kolam dilakukan berdasarkan parameter-parameter dalam SNI 6774:2008 untuk menilai kesesuaian kondisi eksisting terhadap standar teknis. Dimensi dan debit air pada Ambrosia Pond dapat dilihat pada **Tabel 1**. Berdasarkan baku mutu yang digunakan yaitu Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 Lampiran 1.27, pengujian sampel air dilakukan terhadap parameter pH, TSS, Fe, dan Mn. Hasil uji kualitas air pada area inlet dan outlet Ambrosia Pond ditunjukkan pada **Tabel 2**. Analisis masing-masing parameter mengacu pada metode SNI 6989.11-2004 untuk pH, SNI 6989.27-2005 untuk TSS, SNI 6989.4-2009 untuk Fe, dan SNI 6989.5-2009 untuk Mn.

Tabel 1. Data Dimensi dan Debit Air Ambrosia Pond

No	Nama	Lebar (m)	Panjang (m)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Debit air (m ³ /s)
1	Labirin Pertama	27,3	140,5	3830,3	2	7660,61	0,43
2	Labirin Kiri 1	24,0	65,1	1560,0	2	3119,94	0,35
3	Labirin Kiri 2	27,0	110,8	2994,9	2	5989,85	0,29
4	Labirin Kiri 3	25,3	88,1	2227,7	2	4455,35	0,31
5	Labirin Kiri 4	26,9	87,7	2362,8	2	4725,68	0,37
6	Labirin Kanan 1	25,5	65,4	1665,2	2	3330,39	0,34
7	Labirin Kanan 2	26,7	64,7	1645,6	2	3291,19	0,46
8	Labirin Kanan 3	25,7	87,5	2334,9	2	4669,83	0,51
9	Labirin Kanan 4	24,8	87,9	2181,8	2	4363,62	0,40
10	Labirin Terakhir	26,6	184,4	4907,7	2	9815,36	0,57
Jumlah		259,8	982,1	25710,9	20	51421,81	

Tabel 2. Hasil Uji Sampel Air pada Ambrosia Pond Area Inlet dan Outlet

Parameter	Hasil Pengujian Area Inlet (Hari Ke-)							Hasil Pengujian Area Outlet (Hari Ke-)							Baku mutu
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
pH	3,12	2,98	2,81	3,29	3,17	2,94	3,31	7,90	7,82	7,86	7,68	7,89	7,75	7,89	6-9
TSS	49	37	42	50	62	75	55	3	9	6	8	3	5	4	300 mg/L
Besi (Fe)	18,91	19,07	19,56	18,65	18,97	19,75	20,04	1,31	1,29	1,21	1,18	1,14	1,05	1,09	7 mg/L
Mangan (Mn)	8,75	8,67	8,58	8,43	8,33	8,56	8,65	3,16	3,15	3,20	3,19	3,22	3,21	3,18	4 mg/L

Putri/Evaluasi Kinerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian AAT pada Kolam Ambrosia nilai pH pada area inlet berkisar antara 2,81–3,31. Nilai pH yang rendah menyebabkan konsentrasi logam terlarut juga rendah yaitu masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan. Nilai TSS pada area inlet pun telah memenuhi baku mutu. Untuk menyesuaikan air dengan pH rendah dan kadar logam terlarut tersebut, dilakukan pengelolaan AAT melalui proses kontak dengan larutan susu kapur pada saluran drainase inlet. Hasil pengujian terhadap tujuh sampel air pada area outlet menunjukkan bahwa seluruh parameter yang diuji telah memenuhi baku mutu, sehingga air layak untuk dibuang ke perairan umum. Secara umum, pengelolaan kualitas AAT di area penelitian telah berjalan dengan baik. Namun, untuk mempertahankan kinerja kolam, diperlukan sistem *monitoring* yang terjadwal serta evaluasi dan pengawasan berkala selama kolam beroperasi. Pengawasan ini bertujuan memastikan kinerja kolam pengendapan tetap sesuai dengan regulasi dan standar yang berlaku, yakni SNI 6778:2008.

Detention Time (Waktu Pengendapan)

Hendinie dkk., (2023) menekankan pentingnya waktu detensi dalam proses pengendapan material di kolam pengendapan bahwa desain kolam pengendapan harus mempertimbangkan waktu detensi yang cukup agar partikel-partikel tersuspensi memiliki waktu yang memadai untuk mengendap sebelum air dialirkan keluar. Waktu yang dibutuhkan untuk mengendap didalam kolam diperoleh berdasarkan volume air dan debit aliran yang masuk ke dalam kolam pada setiap kompartemen. Rancangan kolam pengendap didasarkan pada kondisi pengendapan yang ideal dimana waktu detensi (T_d dalam satuan jam), yang dinyatakan dalam Persamaan (1).

$$T_d = V/Q \dots\dots\dots(1)$$

Dimana T_d adalah waktu detensi atau waktu pengendapan yang dinyatakan dalam jam, V merupakan volume air pada kolam pengendapan (m^3), Q adalah debit aliran pada kolam pengendapan (m^3) (Gautama, 2014). Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh hasil bahwa waktu pengendapan pada setiap kompartemen menunjukkan variasi yang cukup signifikan, sebagaimana disajikan pada **Tabel 3**. Total volume kolam tercatat sebesar 51.422 m^3 dengan waktu tinggal (*detention time*) total yang dibutuhkan untuk mengendapkan partikel secara keseluruhan mencapai 35 jam 46 menit. Kompartemen yang belum memenuhi standar perencanaan menunjukkan nilai waktu detensi yang relatif lebih besar dibandingkan dengan kompartemen lainnya. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proses pengendapan partikel berlangsung lebih lama dari yang seharusnya sehingga berpotensi menurunkan efisiensi kolam. Waktu detensi yang terlalu panjang dapat menyebabkan terjadinya *resuspension* atau partikel yang telah mengendap menjadi terlarut kembali ke dalam kolam sehingga memengaruhi efektivitas sistem pengendapan secara keseluruhan.

Tabel 3. Waktu Detensi pada Ambrosia Pond

No	Lokasi	Hasil		SNI 6774:2008
		Td (detik)	Td (jam)	
1	Labirin Pertama	17815	4,95	1,5-3 jam
2	Labirin Kiri 1	8914	2,48	
3	Labirin Kiri 2	20655	5,74	
4	Labirin Kiri 3	14372	3,99	
5	Labirin Kiri 4	12772	3,55	
6	Labirin Kanan 1	9795	2,72	
7	Labirin Kanan 2	7155	1,99	
8	Labirin Kanan 3	9157	2,54	
9	Labirin Kanan 4	10909	3,03	
10	Labirin Terakhir	17220	4,78	

Bilangan Reynold

Proses pengendapan merupakan tahapan pemisahan antara partikel kasar dan partikel tersuspensi dalam air dengan cara mengalirkan air melalui kolam pengendapan selama waktu tinggal tertentu. Efisiensi proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain debit dan kecepatan aliran, nilai bilangan Reynolds, serta

Putri/Evaluasi Kinerja

karakteristik aliran secara keseluruhan. Karakteristik aliran tersebut dapat ditentukan melalui analisis nilai bilangan Reynolds dan Froude. Bilangan Reynold yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$R = (v.R)/U \dots\dots\dots(2)$$

Dimana v adalah kecepatan aliran (m/detik), g adalah percepatan gravitasi (m²/detik), U merupakan viskositas kinematic air (m²/detik) dan R adalah jari-jari hidrolis (m) merupakan rasio luas penampang melintang saluran dengan keliling basah, dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3).

$$R = (B \times H)/(B + 2H) \dots\dots\dots(3)$$

Dimana B merupakan lebar kolam pengendapan (m) dan H adalah kedalaman aliran pada kolam pengendapan (m). Menurut Hidayah & Karnaningroem (2011), dalam kondisi aliran laminar (NRe < 2000), gaya dorong lebih rendah, sehingga tegangan geser dan energi kinetik berkurang, dan kecepatan aliran (u) lebih rendah. Partikel padat lebih mudah mengendap di dasar ruang karena gaya dorong air berkurang. Pada hasil pengolahan data yang disajikan pada **Tabel 4**, nilai Bilangan Reynold pada semua kompartemen menunjukkan nilai < 2000 sehingga dapat dikategorikan sebagai kondisi aliran laminar.

Tabel 4. Nilai Bilangan Reynolds pada Ambrosia Pond

No	Lokasi	Hasil		SNI 6774:2008
		R	NRe	
1	Labirin Pertama	1,744	1371,45	Re < 2000
2	Labirin Kiri 1	1,714	1247,60	
3	Labirin Kiri 2	1,742	931,78	
4	Labirin Kiri 3	1,727	1055,58	
5	Labirin Kiri 4	1,741	1192,67	
6	Labirin Kanan 1	1,728	1151,05	
7	Labirin Kanan 2	1,739	1493,89	
8	Labirin Kanan 3	1,731	1712,61	
9	Labirin Kanan 4	1,723	1383,29	
10	Labirin Terakhir	1,739	1856,57	

Bilangan Froude

Bilangan Froude (Fr) berfungsi sebagai parameter untuk mengukur karakteristik aliran permukaan untuk mengklasifikasikannya dalam aliran subkritis, kritis, atau superkritis. Menurut Milovanović dkk., (2020) menjelaskan pentingnya mempertahankan aliran subkritis (Fr < 1) untuk meningkatkan efisiensi pengendapan sedimen di kolam pengendapan. Sehingga berdasarkan nilai Fr-nya seluruh kompartemen telah memiliki aliran yang cukup tenang untuk membantu proses pengendapan partikel.

$$F = v/\sqrt{(g.d)} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana v adalah kecepatan aliran (m/detik), g merupakan percepatan gravitasi (m²/detik), dan d merupakan kedalaman aliran (m). Setelah dilakukan perhitungan menggunakan persamaan Bilangan Froude, dengan kecepatan aliran, debit aliran dan panjang aliran yang berbeda pada setiap kompartemen. Pada hasil pengolahan data yang disajikan pada **Tabel 5**, bilangan Froude pada semua kompartemen menghasilkan angka Fr < 1 dan lebih dari 10⁻⁵, dengan rata-rata bilangan Froude 0,0241 dan jenis alirannya rata-rata aliran subkritis.

Putri/Evaluasi Kinerja

Tabel 5. Bilangan Froude pada Ambrosia Pond

No	Lokasi	Hasil	SNI 6774:2008
		Fr	
1	Labirin Pertama	178×10^{-5}	$> 1 \times 10^{-5}$
2	Labirin Kiri 1	165×10^{-5}	
3	Labirin Kiri 2	121×10^{-5}	
4	Labirin Kiri 3	138×10^{-5}	
5	Labirin Kiri 4	155×10^{-5}	
6	Labirin Kanan 1	151×10^{-5}	
7	Labirin Kanan 2	195×10^{-5}	
8	Labirin Kanan 3	224×10^{-5}	
9	Labirin Kanan 4	182×10^{-5}	
10	Labirin Terakhir	242×10^{-5}	

Kriteria umum unit sedimentasi berdasarkan SNI 6774:2008 bak persegi (aliran horizontal), kedalaman kolam pengendap yang menjadi acuan yaitu 3 – 6 meter. Berdasarkan **Tabel 6.** menunjukkan bahwa kedalaman kolam pada seluruh kompartemen sebesar 2 meter sehingga belum memenuhi acuan SNI 6774:2008. Kedalaman kolam menentukan besar kecilnya volume kolam yang dapat masuk serta besar kecilnya ruang untuk endapan partikel. Seluruh kompartemen memiliki kedalaman kolam yang cenderung rendah sehingga membuat volume kolam serta ruang untuk endapan yang dapat tertampung semakin sedikit. Berdasarkan Tauhid dkk., (2018), menjelaskan bahwa dengan variasi kedalaman kolam, ditemukan bahwa kedalaman yang lebih besar memberikan waktu yang cukup bagi partikel untuk mengendap, sehingga berpengaruh dalam meningkatkan efisiensi pengendapan. Berdasarkan perhitungan dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian diatas mengenai waktu pengendapan, karakteristik aliran berdasarkan perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Froude dapat dilihat hasil keseluruhannya dan disesuaikan dengan ketentuan dari SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air yang mengatur tentang ketentuan bak sedimentasi kolam pengendap pada **Tabel 6.**

Tabel 6. Kesesuaian Kolam Ambrosia Dengan Kriteria SNI 6774:2008

Lokasi	Kedalaman (m)		Waktu Detensi (jam)		Bilangan Reynold		Bilangan Froude	
	Hasil Perhitungan	SNI 6774:2008	Hasil Perhitungan	SNI 6774:2008	Hasil Perhitungan	SNI 6774:2008	Hasil Perhitungan	SNI 6774:2008
Labirin Pertama	2	3-6	4,95	1,5-3	1371,45	Re < 2000	178×10^{-5}	$> 1 \times 10^{-5}$
Labirin Kiri 1	2		2,48		1247,60		165×10^{-5}	
Labirin Kiri 2	2		5,74		931,78		121×10^{-5}	
Labirin Kiri 3	2		3,99		1055,58		138×10^{-5}	
Labirin Kiri 4	2		3,55		1192,67		155×10^{-5}	
Labirin Kanan 1	2		2,72		1151,05		151×10^{-5}	
Labirin Kanan 2	2		1,99		1493,89		195×10^{-5}	
Labirin Kanan 3	2		2,54		1712,61		224×10^{-5}	
Labirin Kanan 4	2		3,03		1383,29		182×10^{-5}	
Labirin Terakhir	2		4,78		1856,57		242×10^{-5}	

Kolam pengendapan Ambrosia berbentuk labirin dan terbagi menjadi dua sisi dengan 10 kompartemen. Tabel di atas menunjukkan kesesuaian kolam pengendapan Ambrosia terhadap acuan yang digunakan yaitu SNI 6774:2008 yang didasarkan pada 4 parameter. Berdasarkan parameter kedalaman kolam, didapatkan bahwa kolam tersebut memiliki besar kedalaman yang lebih kecil dari standar yang digunakan, hal ini dapat mempengaruhi

Putri/Evaluasi Kinerja

volume kolam serta ruang untuk endapan yang dapat tertampung menjadi lebih sedikit. Dilakukan pula perhitungan waktu detensi yang didapatkan bahwa pada beberapa kompartemen yang tidak sesuai dengan standar seperti yang tertera pada tabel memiliki nilai waktu detensi yang lebih besar, sehingga air tinggal terlalu lama dan material yang terendapkan lebih banyak di beberapa kompartemen menyebabkan proses pendangkalan kolam menjadi cepat. Berdasarkan nilai bilangan Reynolds dan nilai Froude sudah sesuai dengan SNI 6774:2008. Seluruh kompartemen pada kolam pengendapan Ambrosia memiliki jenis aliran laminar dan subkritis yang menandakan kecepatan alirannya lambat sehingga membuat partikel dapat mengendap dengan baik, serta nilai beban pelimpah yang lebih kecil menunjukkan seluruh kolam mampu menerima beban air yang masuk dengan baik sehingga mendukung arus air menjadi tetap tenang dan laminar sehingga proses pengendapan berjalan lebih stabil.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengelolaan AAT di Kolam Ambrosia PT Kaltim Prima Coal telah berfungsi dengan baik dalam menurunkan kadar logam dan meningkatkan kualitas air hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Nilai pH pada area outlet berkisar antara 7,68–7,90, sedangkan konsentrasi Fe dan Mn telah berada di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh Perda Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011. Berdasarkan evaluasi desain, seluruh kompartemen kolam memiliki karakteristik aliran laminar dan subkritis ($Re < 2000$; $Fr < 1$) yang mendukung proses pengendapan partikel. Namun, kedalaman kolam eksisting sebesar 2 meter belum memenuhi ketentuan SNI 6774:2008 yang merekomendasikan kedalaman 3–6 meter. Kondisi ini berpotensi mengurangi volume penampungan dan efisiensi pengendapan. Dengan demikian, sistem pengolahan aktif pada Kolam Ambrosia dinilai efektif, tetapi masih memerlukan optimalisasi terutama pada kedalaman kolam dan pengaturan waktu detensi agar efisiensi pengendapan dapat meningkat dan kinerja pengolahan AAT tetap berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada PT Kaltim Prima Coal (KPC) yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian. Terima kasih kepada dosen Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama menyusun penelitian ini, kepada kedua orangtua dan keluarga yang selalu memberikan doa dan semangat, dan kepada seluruh pihak yang telah membantu selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrawina, Ernawati, R., Cahyadi, T. A., Sb, W., & Amri, N. A. (2020). Penerapan Metode Constructed Wetland dalam Upaya Pengelolaan Limbah Air Asam Tambang pada Penambangan Batubara, Berdasarkan Literatur Review. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XIII Tahun 2020 (ReTII)*, 2020, 1–7.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air (SNI 6774:2008)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Gautama, R., S. (2014). *Pembentukan, Pengendalian dan Pengolahan Air Asam Tambang*. ITB: Bandung.
- Hendinie, S. U., Nurhakim, N., & Novianti, Y. S. (2023). Evaluasi Pengolahan Air Pada Settling Pond: Studi Kasus PT Hasnur Riung Sinergi. *Jurnal Himasapta*, 8(2), 133. <https://doi.org/10.20527/jhs.v8i2.9953>
- Hidayah, E. N., & Karnaningroem, N. (2011). Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Pengendapan Flok Pada Proses Sedimentasi. *Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia*, 2088, 587–595.
- Hidayat, L. (2017). Pengolahan 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.
- Milovanović, I., Bareš, V., Hedström, A., Herrmann, I., Picek, T., Marsalek, J., & Viklander, M. (2020). Enhancing Stormwater Sediment Settling At Detention Pond Inlets By A Bottom Grid Structure (BGS). *Water Science and Technology*, 81(2), 274–282.
- Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur. (2011). *Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun*

Putri/Evaluasi Kinerja

2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lampiran 1.27). \

- Tauhid, A. I., Oktiawan, W., & Samudro, G. (2018). Penentuan *Surface Loading Rate* (Vo) dan Waktu Detensi (td) Air Baku Air Minum Sungai Kreo dalam Perencanaan Prasedimentasi dan Sedimentasi HR-WTP Jatibarang. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 10(2), 77–87.
- Wibowo, Y. G., Wijaya, C., Halomoan, P., Yudhoyono, A., & Safri, M. (2022). Constructed wetlands for treatment of acid mine drainage: A review. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 19(2), 436-450.