JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI
KEILMUAN DAN APLIKASI TEKNOLOGI INDUSTRI
E-ISSN : 2615-2827 P-ISSN : 1412-5455
Volume 25, Nomor 1 Tahun 2025
https://ejurnalsttind.id/index.php/SainsdanTeknologi

Evaluasi Dampak Lingkungan dalam Pengelolaan Limbah Pertambangan

Hedsing Cressendo[1)*], Suci Fitria Rahmadhani Z[2)], Nofrohu Retongga[3)], Annisa Intan Yustisia Rahmalina[4)], Afni Nelvi[5)], Nelsy Mariza Syahyuda[6)], Suci Handayani[7)]

[1,2,3,4,5,6,7,] Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang, Padang, Indonesia.

hedsing.cressendo@gmail.com* ; sucifitria1228@gmail.com; nofrohuretongga@sttind.ac.id; Intan020893@gmail.com; afninelvi@gmail.com; nelsymariza@gmail.com; sucihandy@gmail.com

ABSTRAK

Pengelolaan limbah pertambangan batubara merupakan aspek kritis untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan, terutama pencemaran air. Tujuan penelitian ini adalah untuk Mengevaluasi kualitas air limbah berdasarkan parameter pH, TSS, Mn, dan Fe, Menganalisis kapasitas *Settling Pond* dalam mengurangi potensi pencemaran, dan Memberikan rekomendasi untuk optimalisasi pengelolaan limbah pada PT. X. Metode penelitian menggabungkan studi literatur, survei lapangan, dan analisis kuantitatif terhadap parameter pH, TSS, Mn, dan Fe. Hasil menunjukkan bahwa pengelolaan limbah oleh Perusahaan X telah memenuhi standar Perda Kalimantan Timur No. 2 Tahun 2011, dengan nilai pH 8,02, TSS 3 mg/L, serta konsentrasi Fe dan Mn di bawah 0,02 mg/L. Namun, pemantauan rutin dan peningkatan kapasitas Settling Pond direkomendasikan untuk memastikan keberlanjutan. Temuan ini menegaskan pentingnya pengolahan limbah terstruktur dalam mitigasi dampak lingkungan pertambangan.

Kata kunci: Pencemaran Air, Air Asam Tambang, Limbah Pertambangan

ABSTRACT

Coal mining waste management is a critical aspect to prevent negative impacts on the environment, especially water pollution. The objectives of this study were to Evaluate wastewater quality based on pH, TSS, Mn, and Fe parameters, Analyze the capacity of Settling Pond in reducing potential pollution, and Provide recommendations for optimizing waste management at PT. X. The research method combines literature studies, field surveys, and quantitative analysis of pH, TSS, Mn, and Fe parameters. The results show that waste management by Company X has met the standards of East Kalimantan Regional Regulation No. 2 of 2011, with a pH value of 8.02, TSS 3 mg/L, and Fe and Mn concentrations below 0.02 mg/L. However, regular monitoring and increasing the capacity of Settling Pond are recommended to ensure sustainability. These findings emphasize the importance of structured waste management in mitigating the environmental impacts of mining.

Keywords: *Water Pollution, Acid Mine Drainage, Mining Waste*

Copyright (c) 2025 Hedsing Cressendo, Suci Fitria Rahmadhani Z, Nofrohu Retongga, Annisa Intan Yustisia Rahmalina, Afni Nelvi, Nelsy Mariza Syahyuda, Suci Handayani
DOI: https://doi.org/10.36275/6b9xvs41

PENDAHULUAN

Limbah pertambangan adalah hasil buangan dari industri pertambangan (Napitupulu, L. S.,& Purwanti, I. F., 2022). Kegiatan pertambangan terkenal akan dampaknya terhadap lingkungan, dengan air asam tambang menjadi salah satu masalah yang paling signifikan. Secara khusus, air asam tambang baru-baru ini menjadi isu topikal yang menjadi perhatian utama, terutama karena besarnya dampak lingkungan, ekotoksikologi, dan sosial ekonominya. Salah satu aktivitas pertambangan yang menghasilkan limbah adalah pertambangan batubara. Lebih dari 70% aktivitas industri di Kalimantan merupakan industri pertambangan batubara (Suryani, M. Y et al., 2022). Berdasarkan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, aktivitas pertambangan akan

menimbulkan dampak lingkungan pada beberapa parameter, salah satunya adalah limbah cair atau air asam tambang yang memengaruhi penurunan kualitas air permukaan. Evaluasi dampak lingkungan dalam pengelolaan limbah pertambangan batubara adalah proses penting untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengelola dampak yang mungkin ditimbulkan oleh aktivitas pertambangan terhadap lingkungan. Evaluasi ini mencakup efek limbah pertambangan batubara terhadap kualitas air permukaan, termasuk pencemaran air oleh senyawa berbahaya seperti logam berat dan air asam tambang.

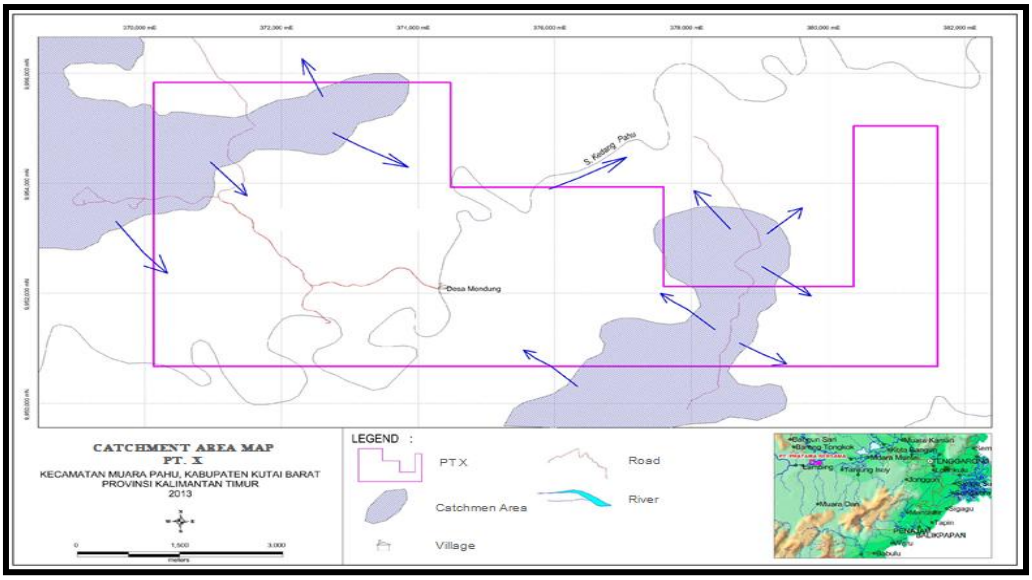
Air asam tambang adalah air limpasan yang terbentuk dari oksidasi mineral sulfida yang terpapar udara atmosfer dan bercampur dengan air. Air asam tambang dapat berasal dari proses penambangan terbuka, pengelolaan batuan limbah, pembuangan batuan, dan pengelolaan limbah tailing (Efendi, N. et al, 2022). Jika pengolahan air asam tambang tidak dilakukan dengan prosedur yang tepat, hal ini akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu contoh dampak lingkungan akibat pencemaran air asam tambang yang disebabkan oleh aktivitas industri pertambangan batubara terjadi di badan air Sungai Palakan dan Sungai Santan, Desa Santan, Kabupaten Kutai Kartanegara. Tujuan penelitian ini adalah untuk Mengevaluasi kualitas air limbah berdasarkan parameter pH, TSS, Mn, dan Fe; Menganalisis kapasitas *Settling Pond* dalam mengurangi potensi pencemaran; dan Memberikan rekomendasi untuk optimalisasi pengelolaan limbah pada PT. X.

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa tingkat keasaman air atau pH sangat asam, yaitu 2,73 (badan sungai) dan 2,69 (muara sungai). Tingkat keasaman netral adalah 7 dengan nilai standar kualitas 6 hingga 9. Keasaman di Sungai Palakan dikatakan sangat tinggi dibandingkan dengan standar kualitas yang diatur dalam Peraturan Daerah Kalimantan Timur Nomor 2 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Bagi masyarakat di sepanjang ekosistem Sungai Palakan dan Santan, sungai tidak hanya menjadi sumber penghidupan tetapi juga mendukung perekonomian lokal dengan mengembangkan perikanan dan irigasi pertanian bagi masyarakat setempat. Sungai yang menjadi badan air penerima air keluaran dari tambang Perusahaan X adalah Sungai Kedang Pahu. Arah air keluaran dari lokasi Settling Pond 01 (SP-01) menuju Sungai Kedang Pahu. Debit air permukaan umumnya dipengaruhi oleh musim hujan dan musim kemarau, di mana pada musim hujan debit air biasanya lebih besar dibandingkan musim kemarau.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dengan mengumpulkan informasi terkait pengelolaan limbah yang diterapkan oleh perusahaan. Data yang diperoleh dari Observasi lapangan dianalisis secara kuantitatif untuk menentukan efektivitas pengelolaan limbah yang dihasilkan dari aktivitas pertambangan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa penerapan mitigasi terhadap pengelolaan limbah yang dihasilkan dari aktivitas pertambangan oleh Perusahaan X dapat berjalan sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan. Lokasi penelitian berada di Perusahaan X, Desa Mendung, Provinsi Kalimantan Timur.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara pengambilan sampel air di titik *outlet Settling Pond* 01 dan Sungai Kedang Pahu (titik pencampuran) secara grab sampling. Instrumen yang digunakan yaitu pH meter, TSS analyzer. Analisis data Parameter diuji di laboratorium terakreditasi, dibandingkan dengan baku mutu Perda Kaltim No.2 Tahun 2011 tentang baku mutu kualitas air.



Gambar 1. Lokasi IUP PT.X

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Dampak Aktivitas Pertambangan

Secara umum, aktivitas pertambangan selalu menghasilkan air limpasan dari *stockpile*, disposal, dan sump. Air limpasan memiliki karakteristik asam dan mengandung logam berat akibat kontak kimia antara air hujan dan material asam yang terkandung dalam overburden. Sebelum masuk ke badan air umum, air limpasan dikelola di area khusus, yaitu Settling Pond. Dampak yang ditimbulkan ketika terjadi pencemaran air asam tambang menyebabkan kekayaan biota asli sungai menurun. Penurunan populasi biota air disebabkan oleh tingginya keasaman air sungai dan peningkatan kekeruhan, yang menghambat masuknya sinar matahari ke dalam air. Hal ini tentu akan mengganggu proses metabolisme organisme air.

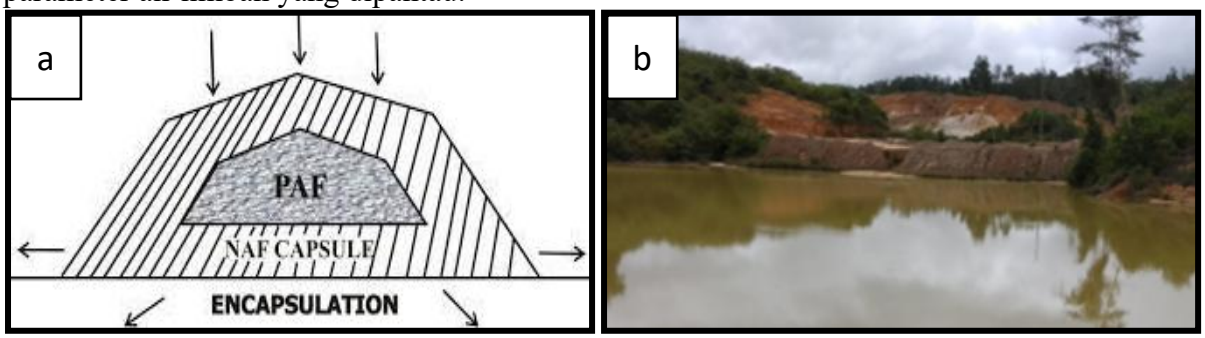


Gambar 2. Limbah Pertambangan, Air Asam Tambang

3.2 Upaya Pengendalian Air Asam Tambang

Usaha pengendalian yang dilakukan meliputi penimbunan dan penataan batuan sesuai karakteristiknya untuk mencegah agar tidak terjadi oksidasi mineral sulfida pada lahan bekas penambangan yang dapat berakibat terjadinya air asam tambang. Sedangkan usaha pengelolaan air asam tambang yang dilakukan antara lain dengan mengalirkan air limpasan

yang berasal dari lokasi tambang untuk dialirkan ke dalam kolam pengendapan. Air limpasan yang terperangkap di *settling pond* akan diolah dengan menerapkan pengelolaan secara aktif, serta dipantau rutin (harian) untuk mengetahui kualitasnya. Selanjutnya untuk meningkatkan kualitas pH air yang awalnya asam akan dilakukan proses netralisasi dengan melakukan pengelolaan (*treatment)* seperti menambahkan kapur (*hydrated lime*). Pengecekan kualitas air dilakukan secara terus-menerus selama proses pengelolaan untuk mengetahui kualitas parameter air limbah yang dipantau.



Gambar 3. (a) Pengelolaan karakteristik batuan (PAF dan NAF); (b) Pengaliran air limpasan ke settling pond

3.3 Debit Air Limpasan

Debit air limpasan yang akan dialirkan ke *Settling Pond* dihitung berdasarkan sumber aliran yang berasal dari lokasi tambang. Sumber aliran ke Settling Pond 01 berasal dari dalam Pit lokasi tambang. Volume air yang masuk ke pit adalah 11.003 m^3. Dengan asumsi waktu pemompaan 20 jam/hari, debit air yang dialirkan ke Settling Pond 01 adalah 5.616 m^3/hari.

Sumber aliran yang menuju *Settling Pond* 01 adalah berasal dari *Pit.* Untuk perhitungan debit rencana yang berasal dari *Pit* sebagai berikut :

$$\mathbf{Q = 0{,}278\ CIA}$$
$$Q = 0{,}278 \times 0{,}9 \times 28{,}78 \times 0{,}1415$$
$$Q = 1{,}02\ m^3/detik$$

Volume Air yang masuk ke dalam *Pit* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\mathbf{V_{air} = Q_{Air} \times Perkiraan\ lamanya\ hujan}$$

Perkiraan lamanya hujan yang dipakai disini berdasarkan hasil dari pencatatan lamanya hujan yang terjadi di lokasi pertambangan PT X adalah 3 jam

$$\mathbf{V_{air}} = Q \times jam$$
$$= 1{,}02 \times (3 \times 3600)$$
$$= 11.003\ m^3$$

Proses selanjutnya adalah dilakukan pemompaan menuju *Settling Pond* 01 yang nantinya akan dilakukan proses pengelolaan air agar dapat dilepas ke sungai. Berikut perhitungan kapasitas pompa yang digunakan di PT X

$$\mathbf{Q_{aktual\ pompa}} = 78\ Liter/detik$$
$$= 0{,}078\ m^3/detik$$
$$= 280\ m^3/jam$$
$$\mathbf{Pemompaan\ 20\ jam} = 20 \times 280\ m^3/jam$$
$$= 5.616\ m^3/hari$$

Dengan asumsi lama pemompaan 20 jam/hari maka debit air yang dikeluarkan ke *Settling Pond* 01 adalah 5.616 m^3/hari

3.4 Dimensi *Settling Pond*

Perusahaan X membuat Settling Pond yang dilengkapi dengan pintu air dan dengan luasan serta kapasitas daya tampung *Settling Pond* adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kapasitas Kolam Pengendapan SP 01

Size	Comp 1	Comp 2	Comp 3
Long (m)	23,2	22,2	24,3
Width (m)	28,3	27,4	29,5
Height (m)	4,2	4,3	6,2
Volume (m^3)	2.758	2,.615,60	4.444,47
Total Volume (m^3)			9.817,63

3.5 Kualitas Air Limbah

Pengambilan sampel kualitas air dilakukan di titik penataan. Sampel air kemudian dianalisis oleh laboratorium lingkungan yang terakreditasi dan kompeten menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan mengacu pada parameter yang sesuai dengan Peraturan Daerah Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Tabel 2. Hasil Pemantauan Kualitas Air Limbah Settling Pond 01

Parameters	SP-01	Quality Standard
pH	8,02	6 -9
TSS (mg/L)	3	300
Fe (mg/L)	< 0,02	7
Mn (mg/L)	< 0,02	4

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa hasil pemantauan kualitas air limbah PT X sesuai dengan baku mutu yang dipersyaratkan.

3.6 Perhitungan Konsentrasi Polutan

Perhitungan Konsentrasi Polutan di Titik Penataan dan Pengukuran Kapasitas Sungai Kedang Pahu terhadap Beban Polutan dari Settling Pond 01. Pada titik penataan, nilai pH adalah 6,16, nilai TSS 33,30 mg/l, Mn 0,02 mg/l, dan Fe 0,077 mg/l.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Konsentrasi Pencemar

Stream	Water way (m3/sec)	Parameter			
		pH	TSS mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l
Outlet SP 01	0,08	8,02	3	0,02	0,02
Mixing point Kedang Pahu River – SP 01	0,588	6,07	40	0,02	0,09
Concentration Calculation at the mixing point		6,16	33,30	0,02	0,077
Quality Standard		6-9	300	4	7

Perhitungan daya tampung Sungai Kedang Pahu berdasarkan rumus perhitungan konsentrasi terhadap kualitas pH dijelaskan pada uraian di bawah ini :

Dilakukan grab sampling sehingga didapatkan nilai ;

Volume air sungai yang diambil sebagai sampel (grab sampling).

V = 0,13 m/det x 1 det x 1000 ltr
= 130 liter

0,13 m/det: Kecepatan aliran sungai (debit air per detik). 1 det:
Waktu pengambilan sampel (1 detik).
1000 liter: Konversi dari meter kubik (m^3) ke liter (1 m^3 = 1000 liter).

Mol = $10^{-8,02}$ X 130
= 1,24 x 10^{-6}

pH sungai Kedang Pahu

pH = 6,07
(H+) = $10^{-6,07}$
= 8,51x10−7mol/L

V avg = 0,588 m/det X 1 det X 1000 ltr
= 0,588 m^3
= 588 ℓ
Mol = $10^{-6,07}$ X 588
= 5 x 10^{-4}

Perhitungan Konsentrasi di Titik Pencampura

$$(H^+)\ gab. = \frac{(Q1\times[H+]1)+(Q2\times[H+]2)}{Q1+Q2xx`}$$

$$= \frac{(8,51\times10^{-7})+(5\times10^{-4})}{130+588}$$

= 6,98 X 10^{-7}

pH = - log (H^+)gab
= 7 – log 6,98
= **6,16**

Perhitungan konsentrasi TSS di titik pencampuran

Langkah-langkah perhitungan konsentrasi TSS di titik pencampuran adalah sebagai berikut :

Konsentrasi rata-rata TSS pada titik pencampuran adalah:

$$C_{TSS} = \frac{(Q_{SP01} \text{ x } TSS_{SP01}) + (Q_{Sungai} \text{ x } TSS_{Sungai})}{(Q_{SP01} + Q_{Sungai})}$$

$$= \frac{(0,13 \text{ x } 3) + (0,588 \text{ x } 40)}{(0,13 + 0,588)}$$

= **33,30 mg/l**

Perhitungan konsentrasi Mn di titik pencampuran

Langkah – langkah perhitungan konsentrasi Mn di titik pencampuran adalah sebagai berikut :

$$C_{Mn} = \frac{(Q_{SP01} \text{ x } Mn_{SP01}) + (Q_{Sungai} \text{ x } Mn_{Sungai})}{(Q_{SP01} + Q_{Sungai})}$$

$$= \frac{(0,13 \text{ x } 0,02) + (0,588 \text{ x } 0,02)}{(0,13 + 0,588)}$$

= **0,02 mg/l**

Perhitungan konsentrasi Fe di titik pencampuran

Langkah-langkah perhitungan konsentrasi Fe di titik pencampuran adalah sebagai berikut :

$$C_{Fe} = \frac{(Q_{SP01} \times Fe_{SP01}) + (Q_{Sungai} \times Fe_{Sungai})}{(Q_{SP01} + Q_{Sungai})}$$

$$= \frac{(0{,}13 \times 0{,}02) + (0{,}588 \times 0{,}09)}{(0{,}13 + 0{,}588)}$$

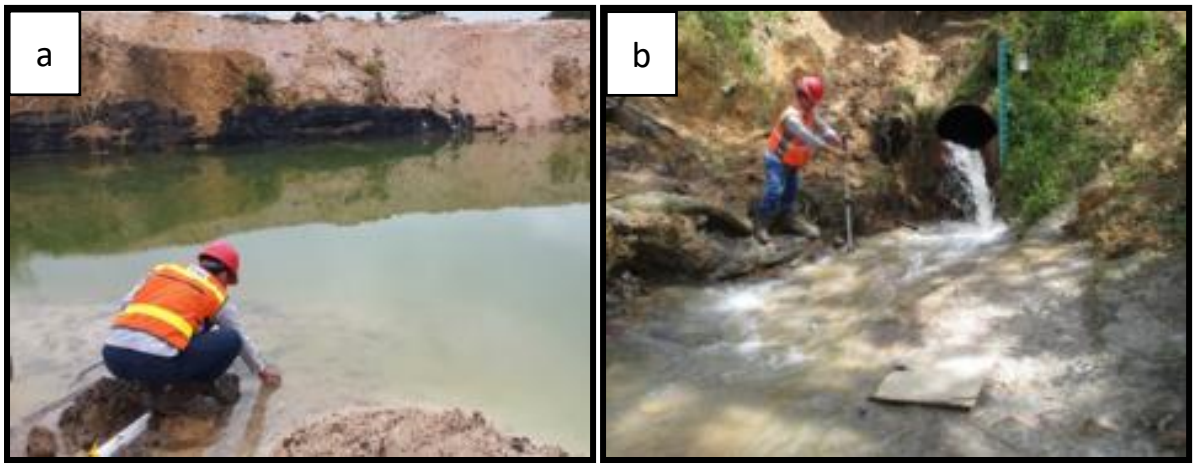
$$= \mathbf{0{,}077\ mg/l}$$

Dari uraian perhitungan diatas dapat dilihat bahwa pada segmen 1 sumber aliran SP 01 ke badan air penerima Sungai Kedang Pahu dengan membandingkan pada pada titik pertemuan semua parameter masih sesuai dengan Baku mutu Perda Kaltim No. 2 Tahun 2011. Pada titik pencampuran nilai pH sebesar 6,16 untuk nilai TSS sebesar 33,30 mg/l, nilai Mn sebesar 0,02 mg/l serta nilai Fe sebesar 0,077 mg/l.

3.7 Upaya Pengendalian Lingkungan

Upaya pengendalian terhadap dampak lingkungan bertujuan untuk meminimalkan perubahan yang terjadi. Perubahan lingkungan yang terjadi dapat berupa tercemarnya daerah sekitar yaitu adanya penurunan kualitas air dan terganggunya keseimbangan jumlah maupun jenis makhluk hidup. Oleh karena itu, dilakukan upaya-upaya pengelolaan untuk meminimalisasi jumlah limbah yang keluar serta menjaga agar kualitas air buangan sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan dengan cara sebagai berikut:

a. Meminimalisasi volume air larian (*run off*) sehingga memisahkan antara air larian yang berasal dari aktivitas penambangan dan limpasan alami.
b. Memisahkan air limpasan tambang dalam beberapa area tangkapan (*catchment area*) seperti kolam sedimen (*sediment pond*) dan kemudian dialirkan ke tempat pengolahan air yaitu kolam pengendapan (*settling pond*).
c. Melakukan pengolahan air limbah sesuai dengan karakteristiknya dan apabila air telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan maka pintu air yang terletak di *outlet* kolam dibuka untuk mengalirkan air ke badan air umum.
d. Melakukan pemantauan air yang masuk ke *settling pond* secara rutin dengan parameter yang dipantau sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan dan melakukan pencatatan hasil pemantauan di papan yang telah disediakan di masing-masing titik penaatan.



Gambar 4. (a) Pengukuran kualitas air di settling pond; (b) Pengukuran kualitas air keluaran

SIMPULAN

Volume air yang masuk ke pit adalah 11.003 m^3. Dengan asumsi waktu pemompaan 20 jam/hari, debit air yang dialirkan ke Settling Pond 01 adalah 5.616 m^3/hari. Dari hasil perhitungan, kapasitas Settling Pond 01 mampu menampung air yang dipompa dari pit berdasarkan jumlah debit yang direncanakan. Hasil perhitungan beban polutan untuk parameter pH, TSS, Mn, dan Fe pada settling pond telah memenuhi standar kualitas sesuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dengan total konsentrasi pH 6,16, TSS 33,3, Fe 0,02, dan Mn 0,077. Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, kandungan pH, Mn, Fe, dan TSS dalam air limbah yang dihasilkan oleh Settling Pond 01 tidak melebihi baku mutu lingkungan yang ditetapkan dalam Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, sehingga dapat dipastikan bahwa air limbah yang mengalir ke badan air tidak berdampak signifikan terhadap kualitas air sungai itu sendiri atau dapat dikatakan aman untuk dialirkan. Adapun untuk kualitas air sungai itu sendiri, pemantauan selalu dilakukan setiap tiga bulan dengan mengirim sampel air ke laboratorium terakreditasi.
Rekomendasi bagi Perusahaan adalah perlu adanya peningkatan frekuensi pemantauan dari triwulanan ke bulanan. Peningkatan kapasitas Settling Pond untuk mengantisipasi peningkatan debit air limbah selama musim hujan. Dan perlunya sosialisasi penggunaan teknologi pengolahan limbah alternatif dalam pelaksanaan seperti sistem daur ulang air limbah untuk mengurangi pembuangan ke sungai. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi dampak jangka panjang terhadap biota sungai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini dan selalu memberikan dukungan moral serta motivasi kepada kami.

DAFTAR PUSTAKA

Adha, S., Nelvi, A., & Rahmi, H. (2023). Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Mitsubishi Fuso 220 Pada Setiap Segmen Jalan Dan Berdasarkan Rpm. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, *23*(1), 132. https://doi.org/10.36275/stsp.v23i1.604

Agung, M., Wahab, W., & Firdaus, F. (2020). Analisis Kebutuhan Alat Gali Muat dan Angkut Pada Blok Ulin PT .Indrabakti Mustika Kec. Langgikima Kab. Konawe Utara Muhammad. *Jurnal GEOmining*, *1*(2), 79–88.

Arisanti, R., Yanti, N., Neris, A., Rahmi, H., Pertambangan, T., & Pertambangan, T. (2022). Pengaruh jarak angkut terhadap fuel consumption cost. *Jurnal Manajemen & Akuntansi Prabumulih*, *6*(2), 10–20.

Ananda, R., Rusli, H. A. R., Prabowo, H., & Rahman, H. A. (2024). Penetralan pH Air Asam Tambang Menggunakan Metode Pasif Open Limestone Channel dengan Penambahan Fly Ash, Zeolite, dan Pasir Silika Pada Pengujian Skala Laboratorium. Jurnal Geosains Dan Teknologi, 7(1), 75-82.

Iashania, Y., Murati, F., Fidayanti, N., Melinda, S., & Reba, I. Y. (2024). Pengelolaan dan pengendalian air asam tambang pada kegiatan pertambangan batubara: Management and control of acid mine water in coal mining activities. Jurnal Teknik Pertambangan, 24(1), 44-51.

Ighalo, J. O., Kurniawan, S. B., Iwuozor, K. O., Aniagor, C. O., Ajala, O. J., Oba, S. N., ... & Igwegbe, C. A. (2022). A review of treatment technologies for the mitigation of the

toxic environmental effects of acid mine drainage (AMD). Process Safety and Environmental Protection, 157, 37-58.
Jeremyes, J., Azizi, M. A., Herdyanti, M. K., Putra, D., & Palit, C. (2024). Optimalisasi Produktivitas Excavator Komatsu PC 2000 Pada Pengupasan Overburden Di Pit TSBC PT . Bukit Asam Optimization Of Komatsu PC 2000 Excavator Productivity In Overburden Striping In The TSBC Pit Pt . Bukit Asam. *Indonesian Mining and Energy Journal*, *7*(1), 12–18.
Kusdarini, E., Sania, P. R., & Budianto, A. (2024). Netralisasi Air Asam Tambang Menggunakan Pengolahan Aktif dan Pasif. Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(3), 808-815.
Mafra, C., Bouzahzah, H., Stamenov, L., & Gaydardzhiev, S. (2022). An integrated management strategy for acid mine drainage control of sulfidic tailings. Minerals Engineering, 185, 107709.
Masindi, V., Foteinis, S., Renforth, P., Ndiritu, J., Maree, J. P., Tekere, M., & Chatzisymeon, E. (2022). Challenges and avenues for acid mine drainage treatment, beneficiation, and valorisation in circular economy: A review. Ecological engineering, 183, 106740.
Matofani, M., Rianti, L., & Pratama, I. S. (2025). ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PADA PENGELOLAAN AIR ASAM TAMBANG MENGGUNAKAN KAPUR TOHOR DI KPL 01 AL CIK AYIB PT BUKIT ASAM, Tbk. Jurnal Cakrawala Ilmiah, 4(5), 595-608.
Miranda, V., Nugroho, W., Magdalena, H., Devy, S. D., & Hasan, H. (2024). Efektivitas Adsorpsi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Terhadap Kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Serta Ph Pada Pengelolaan Air Asam Tambang Batubara. Jurnal Inovasi Global, 2(2), 214-228.
Mosai, A. K., Ndlovu, G., & Tutu, H. (2024). Improving acid mine drainage treatment by combining treatment technologies: A review. Science of The Total Environment, 919, 170806.
Nelvi, A. (2023). Analisis Konsumsi Bahan Bakar Truck Mitsubishi Fuso 220 Pada Pengangkutan Batubara Berdasarkan Rimpull (Studi Kasus: Pt Haswi Kencana Indah). *Jurnal Teknik Dan Teknologi Tepat Guna*, *2*(1), 131–139.
Nelvi, A., & Susanti, O. (2019). Keserasian Alat Muat Dan Alat Angkut Untuk Menunjang Target Produksi Batubara Bulan September Sebesar 90.000 Ton/Bulan Di PT Anugrah Bumi Lestari Site PT Duta Alam Sumatera, Merapi Barat, Lahat, Sumatera Selatan. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, *19*(2), 107–112.
Nuryono, A. (2018). Analisis Efektifitas Kinerja Excavator Pada Aktifitas Ob Removal Penambangan Batubara. *Journal Industrial Manufacturing*, *3*(2), 79–88.
Rahmi, H., & Nelvi, A. (2022). Comparison of the optimization of mechanical equipment in overburden stripping activities using the production capacity method and the overall equipment effectiveness (OEE) overburden method. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, *22*(2), 315–326.
Saputra, A., Fadhly, A., Rahmi, H., Navtalia, Z., & Agustine, D. W. (2024). *Optimalisasi Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Menggunakan Metode Quality Control Circle (QCC) untuk Mencapai Target Produksi Batu Andesit pada PT . Pebana Adi Sarana*.
Sentanu, A., Toha, M. T., & Juniah, R. (2020). Kinerja Pengangkutan Batubara dan Overnburden Dalam Mencapai Target Produksi PT Tempirai Energy Resources. *Jurnal Pertambangan*, *4*(3).
Tong, L., Fan, R., Yang, S., & Li, C. (2021). Development and status of the treatment technology for acid mine drainage. Mining, Metallurgy & Exploration, 38(1), 315-327.