EnviroScienteae Vol. 22 No. 1, Februari 2026 ISSN 2302-3708 (online)
Halaman 88-95

ANALISIS TEMPORAL TOTAL SUSPENDED SOLIDS PADA AIR LIMBAH PERTAMBANGAN BATUBARA

Temporal Dynamics of Total Suspended Solids in Coal Mining Wastewater

Rahmat Rizali[1)], Rizmi Yunita[2)], Yunandar[2)], Kissinger[3)]*

[1)] Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia
[2)] Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat
[3)] Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia
[*)] e-mail: r.rizali606@gmail.com

Abstract

Coal mining activities can increase pollutant loads in mine wastewater, particularly Total Suspended Solids (TSS), which exhibit high temporal variability influenced by operational and environmental conditions. This study aims to analyze the temporal dynamics of TSS concentrations in coal mining wastewater treated by Settling Pond SP-A based on daily monitoring data collected throughout 2023. The analysis employed descriptive statistical methods and daily time-series evaluation of inlet and outlet TSS concentrations, along with the assessment of TSS concentration differences (ΔTSS) as an indicator of settling performance. The results indicate that inlet TSS concentrations were highly variable, with a mean value of 2,630.54 mg/L, a median of 1,530.00 mg/L, and a maximum concentration reaching 195,000 mg/L. In contrast, outlet TSS concentrations were relatively stable, with a mean of 59.52 mg/L, a median of 55.00 mg/L, and a maximum value of 198.00 mg/L. The 90th percentile (P90) of outlet TSS was 100.20 mg/L, indicating that most effluent concentrations remained below the applicable environmental quality standard. Daily temporal patterns showed that episodic spikes in inlet TSS were not fully transmitted to the outlet. Predominantly positive ΔTSS values suggest that Settling Pond SP-A effectively reduced and stabilized TSS concentrations at the daily operational scale.

Keywords: *Total Suspended Solids; Settling Pond; Mine Wastewater; Temporal Analysis; Coal Mining*

PENDAHULUAN

Provinsi Kalimantan Selatan merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi sumber daya batubara yang cukup besar, sehingga aktivitas pertambangan berkembang pesat dan menjadi sektor penting dalam perekonomian daerah. Kondisi fisik wilayah yang ditandai oleh variasi curah hujan, topografi berbukit, serta karakteristik tanah tertentu memberikan pengaruh langsung terhadap dinamika lingkungan, khususnya kualitas air permukaan di sekitar area pertambangan. Intensitas kegiatan pembukaan lahan, penggalian, dan pemindahan material pada pertambangan batubara berpotensi meningkatkan beban pencemar pada air limbah tambang, salah satunya berupa peningkatan konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS).

Total Suspended Solids (TSS) merupakan parameter penting dalam pengelolaan air limbah pertambangan karena berkaitan langsung dengan tingkat kekeruhan air, proses sedimentasi di badan air penerima, serta potensi gangguan terhadap ekosistem perairan. Beberapa

penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*), pengangkutan material, serta penimbunan material di area terbuka dapat menghasilkan partikel halus yang mudah terangkut oleh limpasan air hujan dan masuk ke sistem drainase tambang, sehingga meningkatkan konsentrasi TSS pada air limbah, terutama pada periode dengan intensitas curah hujan yang tinggi (Nugeraha *et al*., 2023; Ferdian, 2020; Kezia, 2023).

Beban TSS dikendalikan sebelum air limbah dilepas ke lingkungan, perusahaan pertambangan umumnya menerapkan sistem pengolahan berupa *Settling Pond*. *Settling Pond* berfungsi sebagai kolam pengendapan yang dirancang untuk memperlambat kecepatan aliran air sehingga partikel tersuspensi dapat mengendap secara gravitasi. Kinerja *Settling Pond* dalam menurunkan konsentrasi TSS dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis dan operasional, antara lain kapasitas kolam, debit air limbah, waktu tinggal air, serta kondisi *inlet* dan *outlet*, selain itu pemeliharaan kolam, seperti pengelolaan endapan, juga berperan penting dalam menjaga efektivitas proses pengendapan.

Konsentrasi TSS pada air limbah pertambangan bersifat fluktuatif dan dapat berubah dari waktu ke waktu. Variasi dipengaruhi oleh perubahan kondisi cuaca, intensitas kegiatan operasional, serta karakteristik material yang ditambang. Data pemantauan kualitas air limbah tambang umumnya tersedia dalam bentuk data harian yang merepresentasikan kondisi operasional secara berkelanjutan. Evaluasi kinerja *Settling Pond* masih sering dilakukan secara sederhana berdasarkan nilai rata-rata atau hasil pengukuran sesaat, sehingga variasi dan pola perubahan konsentrasi TSS dari waktu ke waktu belum sepenuhnya tergambarkan secara jelas.

Pendekatan analisis temporal menggunakan data harian menjadi penting untuk memperoleh gambaran yang lebih representatif mengenai dinamika konsentrasi TSS pada air limbah pertambangan. Analisis temporal memungkinkan identifikasi pola fluktuasi harian dan periodik, serta memberikan informasi mengenai stabilitas kinerja sistem pengolahan air limbah dalam menghadapi variasi beban sedimen. Pendekatan dinilai relevan untuk mendukung evaluasi kinerja *Settling Pond* secara lebih komprehensif, khususnya dalam konteks pengelolaan operasional sehari-hari di area pertambangan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian dilakukan untuk menganalisis pola temporal konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) pada air limbah pertambangan batubara di *Settling Pond* SP-A berdasarkan data pemantauan harian selama tahun 2023. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik fluktuasi TSS serta menjadi dasar evaluasi kinerja *Settling Pond* secara deskriptif dalam mengendalikan TSS agar tetap memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian dan Sistem Settling Pond

Penelitian menggunakan data pemantauan operasional dari sistem pengelolaan air limbah pertambangan batubara yang beroperasi di lingkungan pertambangan tropis. Fokus penelitian diarahkan pada satu unit sistem pengolahan air limbah, yaitu *Settling Pond* SP-A, yang berfungsi sebagai kolam pengendapan sedimen sebelum air limbah dilepas ke badan air penerima.

Settling Pond SP-A dilengkapi dengan struktur *inlet* dan *outlet* yang terdefinisi dengan baik, sehingga memungkinkan evaluasi kinerja pengolahan air limbah berdasarkan perbandingan konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) pada sisi masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*). Pemilihan satu unit *Settling Pond* dilakukan untuk memperoleh gambaran yang lebih mendalam mengenai dinamika temporal TSS pada skala operasional yang spesifik.

Pengumpulan Data dan Program Pemantauan

Analisis dilakukan menggunakan data historis hasil pemantauan kualitas air limbah yang dikumpulkan secara rutin selama periode Januari hingga Desember 2023. Parameter utama yang dianalisis dalam penelitian adalah *Total Suspended Solids* (TSS), yang diukur secara harian pada dua titik pemantauan, yaitu *inlet* dan *outlet Settling Pond* SP-A.

Pengambilan sampel air limbah merupakan bagian dari program pemantauan kualitas air operasional. Sampel *inlet* diambil pada lokasi aliran sebelum proses pengendapan untuk merepresentasikan kondisi air limbah masuk, sedangkan sampel *outlet* diambil setelah proses pengolahan dan sebelum air dilepas ke badan air penerima. Setiap sampel memiliki volume sekitar 600 mL dan dianalisis untuk parameter TSS tanpa perlakuan kimia tambahan.

Metode Pengukuran Total Suspended Solids

Pengukuran konsentrasi TSS dilakukan menggunakan alat spektrofotometer portabel tipe colorimeter (DR-900, Hach Company). Kalibrasi instrumen dilakukan secara berkala menggunakan air demineralisasi sebagai *blanko* untuk memastikan keakuratan hasil pengukuran. Prosedur analisis TSS mengacu pada standar pengujian nasional yang setara dengan metode internasional pengukuran TSS berbasis optik, sehingga data yang diperoleh memiliki tingkat keterbandingan dan konsistensi yang baik.

Pra-Pemrosesan Data dan Pengendalian Kualitas

Data TSS harian yang diperoleh melalui pemantauan operasional terlebih dahulu melalui tahapan pra-pemrosesan sebelum dilakukan analisis. Tahapan meliputi pemeriksaan kelengkapan data, identifikasi nilai hilang, serta pengecekan konsistensi satuan dan waktu pengukuran. Data yang tidak lengkap atau tidak memiliki informasi waktu yang *valid* dikeluarkan dari analisis.

Nilai ekstrem tetap dipertahankan dalam dataset karena dianggap merepresentasikan kondisi operasional aktual, seperti kejadian limpasan sedimen akibat hujan intensitas tinggi yang umum terjadi pada lingkungan pertambangan. Visualisasi awal dilakukan untuk mengidentifikasi pola umum, fluktuasi harian, serta potensi anomali pada data TSS.

Analisis Deskriptif Konsentrasi TSS

Analisis statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik numerik konsentrasi TSS pada sisi *inlet* dan *outlet Settling Pond* SP-A. Parameter statistik yang dihitung meliputi nilai rata-rata (*mean*), median, nilai minimum dan maksimum, standar deviasi, serta persentil ke-90 (P90). Perhitungan dilakukan secara terpisah untuk data TSS *inlet* dan *outlet*.

Nilai P90 digunakan sebagai indikator kondisi konsentrasi tinggi yang lebih representatif dibandingkan nilai maksimum tunggal, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih stabil mengenai potensi beban sedimen tinggi pada sistem pengolahan air limbah.

Analisis Temporal Konsentrasi TSS

Analisis temporal dilakukan menggunakan grafik deret waktu (*time series*) harian untuk menggambarkan pola fluktuasi konsentrasi TSS sepanjang periode pengamatan tahun 2023. Analisis bertujuan untuk mengidentifikasi variasi harian, pola periodik, serta kejadian lonjakan konsentrasi TSS pada sisi *inlet* dan *outlet Settling Pond* SP-A.

Selisih konsentrasi TSS antara *inlet* dan *outlet* (ΔTSS) dihitung sebagai indikator awal kinerja proses pengendapan. Nilai ΔTSS digunakan untuk mengevaluasi kemampuan *Settling Pond* SP-A dalam menurunkan konsentrasi TSS secara deskriptif dari waktu ke waktu.

Perhitungan ΔTSS, yang dirumuskan sebagai:

$$\Delta\text{TSS} = TSS_{inlet} - TSS_{outlet}$$

Perangkat Lunak dan Alat Analisis

Seluruh proses pengolahan data, analisis statistik deskriptif, dan visualisasi deret waktu dilakukan menggunakan perangkat lunak *Python* dengan dukungan pustaka analisis data dan visualisasi ilmiah. Perangkat lunak *Microsoft Excel* digunakan untuk pengorganisasian awal data, pemeriksaan kelengkapan, serta verifikasi hasil analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik dan Dinamika Temporal TSS

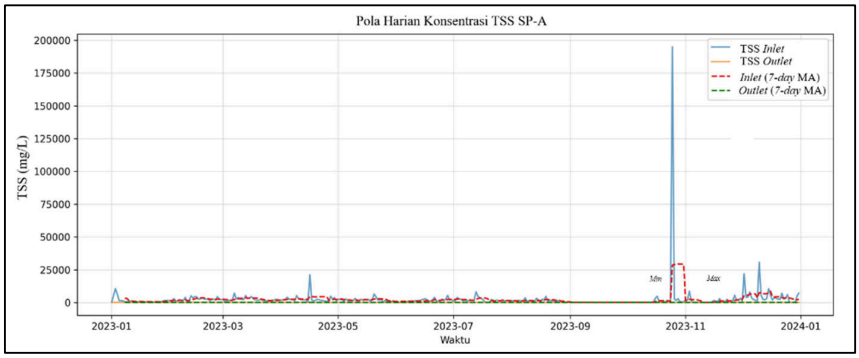
Karakteristik konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) pada air limbah pertambangan, dilakukan analisis statistik deskriptif terhadap data TSS harian pada sisi *inlet* dan *outlet Settling Pond* SP-A selama tahun 2023. Parameter statistik yang digunakan meliputi nilai rata-rata (*mean*), *median*, nilai minimum dan maksimum, standar deviasi, serta persentil ke-90 (P90). Analisis bertujuan untuk menggambarkan tingkat variasi, sebaran data, serta perbedaan karakteristik konsentrasi TSS sebelum dan sesudah proses pengendapan. Ringkasan hasil analisis statistik deskriptif TSS *inlet* dan *outlet* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif TSS SP-A

Parameter	***TSS Inlet***	***TSS Outlet***
Mean	2.630,54	59,52
Median	1.530,00	55,00
Minimum	-	4,00
Maximum	195.000,00	198,00
Std_Dev	10.898,82	30,02
P90	4.022,00	100,20

Berdasarkan hasil analisis statistik deskriptif pada Tabel 1., konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) pada sisi *inlet Settling Pond* SP-A selama tahun 2023 menunjukkan nilai yang relatif tinggi dan bervariasi. Nilai rata-rata (*mean*) TSS *inlet* tercatat sebesar 2.630,54 mg/L dengan nilai median 1.530,00 mg/L, yang mengindikasikan distribusi data yang tidak simetris dan cenderung dipengaruhi oleh kejadian konsentrasi tinggi sesekali. Nilai maksimum TSS *inlet* mencapai 195.000 mg/L, sedangkan nilai persentil ke-90 (P90) sebesar 4.022,00 mg/L, menunjukkan bahwa sebagian besar data berada pada kisaran yang jauh lebih rendah dibandingkan nilai ekstrem. Tingginya nilai standar deviasi 10.898,82 mg/L mempertegas adanya fluktuasi konsentrasi TSS inlet yang cukup besar sepanjang periode pengamatan.

Konsentrasi TSS pada sisi *outlet* menunjukkan nilai yang jauh lebih rendah dan relatif stabil. Nilai rata-rata TSS *outlet* sebesar 59,52 mg/L dengan *median* 55,00 mg/L, serta nilai maksimum 198,00 mg/L. Nilai P90 TSS *outlet* sebesar 100,20 mg/L dan standar deviasi 30,02 mg/L menunjukkan variasi yang lebih kecil dibandingkan dengan sisi *inlet*, hal tersebut mengindikasikan bahwa meskipun terjadi fluktuasi beban sedimen pada air limbah masuk, konsentrasi TSS pada air limbah keluar dari *Settling Pond* SP-A cenderung terkendali. Pola temporal harian konsentrasi TSS bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola Harian Konsentrasi TSS SP-A

Pola temporal harian konsentrasi TSS Gambar 1. memperlihatkan fluktuasi yang tajam pada sisi *inlet*, dengan beberapa kejadian lonjakan konsentrasi yang sangat tinggi pada periode tertentu. Lonjakan tersebut mencerminkan respons sistem terhadap kondisi operasional dan lingkungan, seperti intensitas curah hujan atau peningkatan aktivitas penambangan, yang menyebabkan masuknya sedimen dalam jumlah besar ke sistem pengolahan. Fluktuasi ekstrem pada sisi *inlet* tidak sepenuhnya tercermin pada sisi *outlet*. Kurva TSS *outlet* menunjukkan pola yang relatif lebih datar dan stabil, dengan nilai yang secara umum berada pada kisaran puluhan hingga ratusan mg/L.

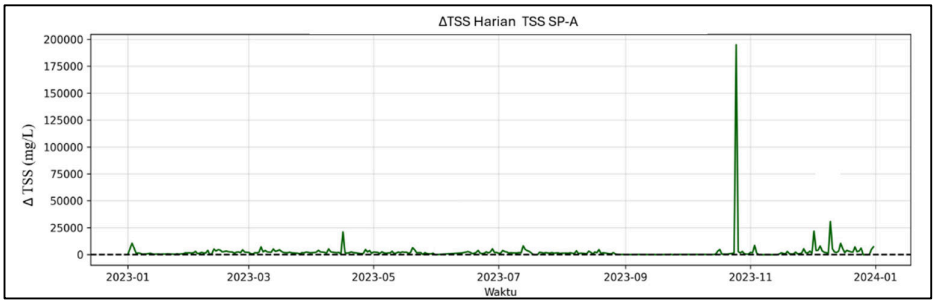
Perbedaan pola antara TSS *inlet* dan *outlet* secara konsisten menunjukkan peran *Settling Pond* SP-A dalam meredam fluktuasi konsentrasi TSS harian. Konsentrasi TSS *inlet* dapat meningkat secara drastis dalam waktu singkat, sistem pengendapan mampu menurunkan dan menstabilkan konsentrasi TSS sebelum air limbah dilepas ke lingkungan. Secara umum, konsentrasi TSS *outlet* selama periode pengamatan berada di bawah baku mutu lingkungan yang berlaku, yang

mengindikasikan bahwa kinerja *Settling Pond* SP-A dalam mengendalikan TSS berjalan secara efektif pada skala operasional harian.

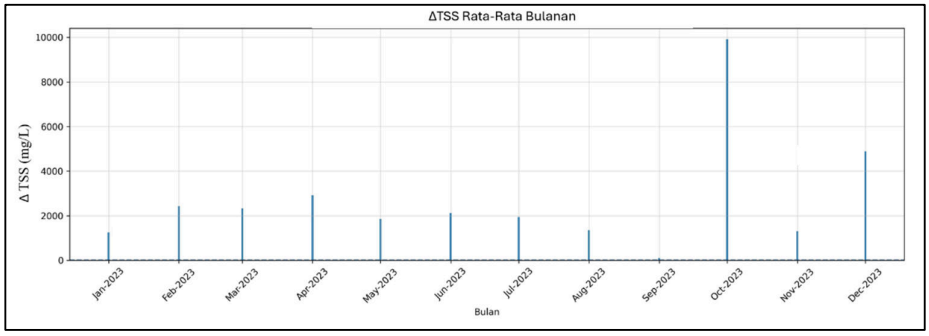
Variasi Bulanan dan ΔTSS

Berdasarkan analisis data harian yang kemudian diringkas secara agregasi bulanan, konsentrasi TSS menunjukkan adanya variasi antarperiode yang mencerminkan perubahan kondisi operasional dan lingkungan di area pertambangan. Pada periode tertentu, nilai rata-rata TSS inlet hasil agregasi bulanan cenderung lebih tinggi dibandingkan periode lainnya, yang mengindikasikan peningkatan beban sedimen yang masuk ke sistem pengolahan. Meskipun demikian, konsentrasi TSS outlet secara umum menunjukkan pola yang lebih stabil dengan tingkat variasi yang relatif lebih kecil, yang mengindikasikan bahwa proses pengendapan di *Settling Pond* SP-A tetap berlangsung secara konsisten.

Data variasi *ΔTSS* harian dan Bulanan pada Gambar 2. dan Gambar 3. memperlihatkan nilai positif pada sebagian besar periode pengamatan, yang menunjukkan bahwa konsentrasi TSS pada sisi inlet umumnya lebih tinggi dibandingkan sisi outlet. Kondisi ini mengindikasikan bahwa *Settling Pond* SP-A berperan dalam menurunkan konsentrasi TSS sebelum air limbah dilepas ke lingkungan. Pada sebagian besar hari, nilai ΔTSS berada pada kisaran yang relatif stabil, mencerminkan kondisi operasional normal di mana sistem pengendapan mampu mengimbangi beban sedimen harian yang masuk.



Gambar 2. ΔTSS Harian TSS SP-A



Gambar 3. ΔTSS Rata-Rata Bulanan SP-A

Pada Gambar 2. beberapa hari tertentu terlihat lonjakan ΔTSS yang cukup tajam. Lonjakan tersebut umumnya berkaitan dengan kejadian peningkatan konsentrasi TSS *inlet* yang bersifat episodik. Pada gambar 3. hasil analisis agregasi bulanan dan pola ΔTSS harian menunjukkan bahwa kinerja *Settling Pond* SP-A dalam mengendalikan TSS bersifat dinamis namun cenderung stabil sepanjang periode pengamatan tahun 2023. Konsistensi nilai ΔTSS yang positif serta rendahnya variasi konsentrasi TSS *outlet* mengindikasikan bahwa sistem pengendapan berfungsi secara efektif dalam menghadapi perubahan beban sedimen pada kondisi operasional harian.

Evaluasi Kinerja Settling Pond SP-A

Evaluasi kinerja *Settling Pond* SP-A dilakukan dengan meninjau konsistensi konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) pada sisi *outlet* terhadap baku mutu lingkungan, serta membandingkannya dengan dinamika konsentrasi TSS pada sisi *inlet* sepanjang periode pengamatan tahun 2023. Berdasarkan pola temporal harian yang ditunjukkan pada Gambar 1., konsentrasi TSS *outlet* secara umum berada pada kisaran yang relatif rendah dan stabil dibandingkan dengan konsentrasi TSS *inlet*, meskipun terjadi fluktuasi yang cukup tajam pada air limbah masuk.

Grafik *time series* harian memperlihatkan bahwa konsentrasi TSS *inlet* mengalami variasi yang sangat besar, dengan beberapa kejadian lonjakan ekstrem pada periode tertentu. Lonjakan tersebut mencerminkan kondisi operasional dan lingkungan yang dinamis, seperti masuknya beban sedimen dalam jumlah besar ke sistem pengolahan dalam waktu singkat. Peningkatan konsentrasi TSS *inlet* yang signifikan tersebut tidak diikuti oleh lonjakan yang sebanding pada sisi *outlet*. Kurva TSS *outlet* cenderung menunjukkan pola yang lebih datar dengan variasi yang terbatas, serta tetap berada di bawah ambang baku mutu lingkungan yang berlaku sepanjang periode pengamatan.

Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa *Settling Pond* SP-A berfungsi secara efektif dalam meredam fluktuasi konsentrasi TSS harian. Keberadaan kolam pengendapan memungkinkan partikel tersuspensi untuk mengendap sebelum air limbah dilepas ke badan air penerima, sehingga mampu menstabilkan kualitas air

keluaran meskipun terjadi peningkatan beban sedimen pada sisi *inlet*. Konsistensi nilai TSS *outlet* yang relatif rendah juga menunjukkan bahwa kinerja sistem pengolahan tidak hanya bergantung pada kondisi sesaat, tetapi mampu beradaptasi terhadap variasi beban sedimen yang masuk.

Pola tersebut secara operasional mencerminkan bahwa sistem *Settling Pond* SP-A masih memiliki kapasitas yang memadai untuk menampung dan mengendapkan material tersuspensi pada kondisi operasional harian, meskipun terjadi beberapa kejadian beban sedimen tinggi, sistem pengendapan tetap mampu menjaga kualitas air keluaran agar berada dalam batas yang diizinkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan kolam, baik dari aspek kapasitas tampungan maupun fungsi hidraulik, berperan penting dalam menjaga stabilitas kinerja pengolahan air limbah.

Implikasi dari hasil menunjukkan bahwa pemantauan kualitas air limbah secara harian merupakan aspek penting dalam pengelolaan *Settling Pond*. Data harian memungkinkan identifikasi dini terhadap kejadian lonjakan TSS *inlet* dan evaluasi respons sistem pengolahan secara langsung. Dengan demikian, hasil evaluasi dapat menjadi dasar bagi pengelola tambang untuk mempertahankan praktik operasional yang ada, serta melakukan penyesuaian pengelolaan kolam apabila terjadi peningkatan beban sedimen yang berulang, guna memastikan kepatuhan terhadap baku mutu lingkungan secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data pemantauan harian selama tahun 2023, konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) pada sisi *inlet Settling Pond* SP-A menunjukkan fluktuasi yang sangat tinggi dengan nilai rata-rata sebesar 2.630,54 mg/L, *median* 1.530,00 mg/L, dan nilai maksimum mencapai 195.000 mg/L, sebaliknya konsentrasi TSS pada sisi *outlet* relatif lebih stabil dengan nilai rata-rata 59,52 mg/L, *median* 55,00 mg/L, dan nilai maksimum 198,00 mg/L. Nilai persentil ke-90 (P90) TSS *outlet* sebesar 100,20 mg/L menunjukkan bahwa sebagian besar konsentrasi TSS keluaran berada jauh di bawah baku mutu lingkungan yang berlaku, meskipun terjadi lonjakan konsentrasi TSS pada sisi *inlet* secara episodik.

Analisis pola temporal harian dan selisih konsentrasi TSS antara *inlet* dan *outlet* (ΔTSS) menunjukkan nilai positif pada sebagian besar periode pengamatan, yang mengindikasikan kemampuan *Settling Pond* SP-A dalam menurunkan beban sedimen secara konsisten, meskipun pada beberapa hari terjadi lonjakan ΔTSS yang cukup tajam akibat peningkatan konsentrasi TSS *inlet*, sistem pengendapan tetap mampu menjaga stabilitas kualitas air keluaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja *Settling Pond* SP-A bersifat dinamis namun cenderung stabil pada skala operasional harian, serta pemantauan TSS berbasis data harian menjadi dasar penting dalam evaluasi dan pengelolaan air limbah pertambangan batubara yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Adnyano, A. A. I., Prastowo, R., Bahy, M. N., Hikmahtiar, S., Said, A. A., & Ashadi, A. L. (2022). Application of mine dewatering methods to reduce wastewater pollution in the environment: Implications for andesite mining. *International Journal of Hydrological and Environmental Sustainability*, 1(1), 24–32. https://doi.org/10.58524/ijhes.v1i1.68

Anggaita, D. R., Suyanto, Nugroho, Y., Yusanto, & Razie, F. (2024). Pengelolaan kualitas air asam tambang pada *Settling Pond* kegiatan pertambangan batubara di Kabupaten Tanah Laut. *EnviroScienteae*, 20(1). https://doi.org/10.20527/es.v20i1.18887

APHA, AWWA, & WEF. (2017). *Standard methods for the examination of water*

and wastewater (23rd ed.). American Public Health Association.

Bilotta, G. S., & Brazier, R. E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*, 42(12), 2849–2861. https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018

Chapman, D. (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring* (2nd ed.). UNESCO/WHO/UNEP. https://doi.org/10.4324/NOE0419216001

Ferdian, A. (2020). Dampak aktivitas pengangkutan batubara terhadap kualitas air tambang. *Jurnal Lingkungan dan Pertambangan*, 15(2), 45–56. Diakses dari http://oaj.jurnalhst.com/index.php/jpmt

Harahap, J. (2017). Efektivitas penggunaan aluminium sulfat dalam menurunkan kadar TSS air limbah penambangan batubara. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, 3(2), 190–200. https://doi.org/10.22373/ej.v3i2.2769

Kezia, R. (2023). Analisis erosi dan dampak penimbunan overburden terhadap kualitas air tambang. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan*, 7(1), 112–120.

McCullough, C. D., Lund, M. A., & May, J. M. (2013). Field assessment of mine water treatment systems. *Mine Water and the Environment*, 32(3), 197–210. https://doi.org/10.1007/s10230-013-0221-8

Nugeraha, S., Sumiyati, S., & Samudro, G. (2023). Efektivitas penggunaan biokoagulan dalam penurunan total suspended solid (TSS) pada air limbah tambang batubara. *Jurnal Teknologi Pengolahan Air*, 21(4), 231–245. Diakses dari https://jurnal.teknologipengolahanair.id

Rahman, M. M., Islam, M. A., & Uddin, S. (2020). Hubungan antara kekeruhan dan TSS pada perairan permukaan. *Journal of Water and Health*, 18(4), 575–584. https://doi.org/10.2166/wh.2020.100

Tresnawati, N., Asmawi, S., Kissinger, K., & Fauzana, N. A. (2024). Daya tampung *Settling Pond* terhadap beban pencemaran Total Suspended Solid dari limbah batubara. EnviroScienteae, 20(2), 226–237. DOI: 10.20527/es.v20i2.19383

Wijayanto, D., Yudoko, G., & Sianturi, P. R. (2021). Evaluation of *Settling Pond* management to maintain Total Suspended Solids (TSS) outflow within environmental standards. *Journal of Environmental Engineering*, 9(2), 85–94. DOI: 10.46799/ajesh.v4i6.625