

**DINAMIKA TEMPORAL DAN EFEKTIVITAS *SETTLING POND*
DALAM PENGENDALIAN *TOTAL SUSPENDED SOLIDS* PADA AIR
LIMBAH PERTAMBANGAN BATUBARA**

**RAHMAT RIZALI
NIM 2320525310001**



**PROGRAM STUDI MAGISTER
PENGELOLAAN SUMBER DAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
2026**

**DINAMIKA TEMPORAL DAN EFEKTIVITAS *SETTLING POND* DALAM
PENGENDALIAN *TOTAL SUSPENDED SOLIDS* PADA AIR LIMBAH
PERTAMBANGAN BATUBARA**

**RAHMAT RIZALI
NIM 2320525310001**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
MAGISTER LINGKUNGAN
pada Program Studi Magister (S2) PSDAL PPs ULM**

**PROGRAM STUDI MAGISTER
PENGELOLAAN SUMBER DAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
2026**

Judul Tesis : Dinamika Temporal dan Efektivitas *Settling Pond* dalam Pengendalian *Total Suspended Solids* pada Air Limbah Pertambangan Batubara
Nama : Rahmat Rizali
NIM : 2320525310001

Disetujui,

Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Rizmi Yunita, M.Si
Ketua

Dr. Yunandar, S.Pi, M.Si
Anggota I

Dr. Kissinger, S.Hut, M.Si
Anggota II

Diketahui,

Koordinator Program Studi
Magister (S2) PSDAL ULM



Dr. Dini Sofarini, S.Pi, M.S.

Tanggal Lulus :

Direktur Pascasarjana
Universitas Lambung Mangkurat



Prof. Dr. Ir. Danang Biyatmoko, M.Si

Tanggal Wisuda :



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
PROGRAM PASCASARJANA**

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

NOMOR : 041/UN8.4/DP/2026

Sertifikat ini diberikan kepada:

Rahmat Rizali

Dengan Judul Tesis :

Dinamika Temporal dan Efektivitas *Settling Pond* dalam Pengendalian Total *Suspended Solids* pada Air Limbah Pertambangan Batubara

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi.

Banjarmasin, 03 Februari 2026
Direktur,



Prof. Dr. Ir. Danang Biyatmoko, M.Si.
NIP 196805071993031020

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahmat Rizali
NIM : 2320525310001
Program Studi : S2 - Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan
Fakultas : Program Pascasarjana
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat
Judul Tesis : **"Dinamika Temporal dan Efektivitas *Settling Pond* dalam Pengendalian *Total Suspended Solids* pada Air Limbah Pertambangan Batubara"**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dicantumkan sebagai kutipan/acuan dalam naskah dengan disebutkan sumber kutipan/acuan dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tesis ini hasil jiplakan, plagiat maupun manipulasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat dan tanpa paksaan dari siapapun.

Banjarbaru, Januari 2026

Yang membuat pernyataan



Rahmat Rizali

NIM 2320525310001

RINGKASAN

Rahmat Rizali. 2026. *Dinamika Temporal dan Efektivitas Settling Pond dalam Pengendalian Total Suspended Solids pada Air Limbah Pertambangan Batubara*. Pembimbing : Dr. Ir. Rizmi Yunita, M.Si; Dr. Yunandar, S.Pi, M.Si; Dr. Kissinger, S.Hut, M.Si.

Provinsi Kalimantan Selatan memiliki karakteristik fisik wilayah yang beragam serta aktivitas pertambangan batubara yang intensif, sehingga berpotensi meningkatkan beban pencemar pada badan air, khususnya *Total Suspended Solids* (TSS) dalam air limbah tambang. Aktivitas penggalian, pengangkutan batubara, dan penimbunan *overburden* menghasilkan partikel halus yang mudah tererosi dan terangkut oleh limpasan permukaan, terutama pada saat hujan berintensitas tinggi, yang menyebabkan fluktuasi konsentrasi TSS secara signifikan. Pengendalian TSS umumnya dilakukan menggunakan sistem *Settling Pond* (SP) dan efektivitasnya dipengaruhi oleh faktor hidrologi dan operasional, seperti debit aliran, kapasitas tampungan, waktu tinggal hidraulik, konfigurasi *Inlet-Outlet*, serta penggunaan bahan koagulan. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa pengelolaan air limbah tambang di PT XYZ masih menghadapi tantangan, khususnya pada air limbah dari *Pit 2* yang cenderung memiliki konsentrasi TSS tinggi dan fluktuatif.

Data operasional bulan November 2024 menunjukkan bahwa konsentrasi TSS *Inlet* pada SP-A, SP-B, dan SP-C mengalami variasi yang signifikan, dengan nilai maksimum mencapai 3.740 mg/L pada SP-A dan lebih dari 3.600 mg/L pada SP-C. Konsentrasi TSS *Outlet* pada ketiga *Settling Pond* umumnya tetap berada di bawah baku mutu lingkungan sebesar 400 mg/L. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa kinerja *Settling Pond* bersifat dinamis dan berubah dari waktu ke waktu, sehingga evaluasi berbasis nilai rata-rata belum sepenuhnya mampu menggambarkan pola fluktuasi, kejadian ekstrem, serta ketergantungan temporal TSS. Penelitian bertujuan untuk menganalisis dinamika temporal dan efektivitas *Settling Pond* SP-A, SP-B, dan SP-C dalam mengendalikan TSS air limbah pertambangan batubara menggunakan pendekatan analisis *Time Series* multivariat.

Penelitian menggunakan data historis pemantauan kualitas air periode Januari 2023 hingga Agustus 2025 yang dikumpulkan secara konsisten melalui program pemantauan operasional PT XYZ, meliputi konsentrasi TSS *Inlet* dan *Outlet* pada tiga *Settling Pond* dengan total enam titik pemantauan. Metode analisis mencakup statistik deskriptif, analisis temporal *Time Series*, serta pemodelan *Seasonal AutoRegressive Integrated Moving average with Exogenous Variables* (SARIMAX) untuk mengkaji pengaruh faktor hidrologi dan operasional terhadap dinamika TSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi TSS *Inlet* bersifat fluktuatif dan episodik, terutama pada SP-A dan SP-C dan seluruh *Settling Pond* mampu menurunkan konsentrasi TSS secara signifikan dengan nilai TSS *Outlet* rata-rata 36–56 mg/L dan konsisten berada di bawah baku mutu lingkungan. *Settling Pond* SP-C menunjukkan efektivitas pengendapan tertinggi sebesar 97,49%, diikuti oleh SP-A sebesar 92,28% dan SP-B sebesar 78,73%, secara keseluruhan sistem di wilayah operasi PT XYZ dinilai telah berfungsi efektif dalam mengendalikan pencemaran air limbah pertambangan batubara.

SUMMARY

Rahmat Rizali. 2026. Temporal Dynamics and Effectiveness of Settling Ponds in Controlling Total Suspended Solids in Coal Mining Wastewater. Supervisors: Dr. Ir. Rizmi Yunita, M.Si; Dr. Yunandar, S.Pi, M.Si; Dr. Kissinger, S.Hut, M.Si.

South Kalimantan Province has diverse physical landscape characteristics and intensive coal mining activities, which potentially increase pollutant loads in receiving water bodies, particularly Total Suspended Solids (TSS) in mine wastewater. Mining activities, including excavation, coal transportation, and overburden dumping, generate fine particles that are highly susceptible to erosion and surface runoff transport, especially during high-intensity rainfall events, causing significant fluctuations in TSS concentrations. TSS control is commonly implemented using Settling Pond (SP) systems, and system effectiveness is influenced by hydrological and operational factors such as flow rate, storage capacity, hydraulic retention time, inlet-outlet configuration, and the application of coagulant materials. Previous studies indicate that mine wastewater management at PT XYZ still faces challenges, particularly for wastewater originating from Pit 2, which tends to exhibit high and highly fluctuating TSS concentrations.

Operational data from November 2024 show significant variation in inlet TSS concentrations at SP-A, SP-B, and SP-C, with maximum values reaching 3,740 mg/L at SP-A and exceeding 3,600 mg/L at SP-C. Outlet TSS concentrations at the three Settling Ponds generally remain below the environmental quality standard of 400 mg/L. The conditions indicate that Settling Pond performance is dynamic and temporally variable, meaning that evaluations based solely on average values are insufficient to fully represent fluctuation patterns, extreme events, and temporal dependencies of TSS. The study aims to analyze the temporal dynamics and effectiveness of Settling Ponds SP-A, SP-B, and SP-C in controlling TSS in coal mine wastewater using a multivariate time series analysis approach.

The study utilizes historical water quality monitoring data from January 2023 to August 2025, which are consistently collected through the operational monitoring program of PT XYZ and include inlet and outlet TSS concentrations at three Settling Ponds with a total of six monitoring points. The analytical methods include descriptive statistics, temporal time series analysis, and Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables (SARIMAX) modeling to examine the influence of hydrological and operational factors on TSS dynamics. The results show that inlet TSS concentrations exhibit fluctuating and episodic behavior, particularly at SP-A and SP-C, while all Settling Ponds significantly reduce TSS concentrations, with average outlet TSS values ranging from 36 to 56 mg/L and consistently remaining below the environmental quality standard. Settling Pond SP-C demonstrates the highest sedimentation efficiency at 97.49%, followed by SP-A at 92.28% and SP-B at 78.73%, indicating

that the overall Settling Pond system within the operational area of PT XYZ functions effectively in controlling coal mine wastewater pollution.

Banjarmasin, January 29, 2026

Approved by:

Head of Language Center



Dr. Hj. Noor Eka Chandra, M.Pd
NIP. 197710232001122003



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
UPA BAHASA ULM

Jalan Brigjen H. Hasan Basry Kotak Pos 70123 Banjarmasin
Telepon/Fax.: (0511) 3308140
Email: uptbahasa@ulm.ac.id

SURAT KETERANGAN

NO: 024/UN8.16/BS/2026

Bersama ini kami menerangkan bahwa Ringkasan bahasa Inggris dari judul Thesis:
“Temporal Dynamics and Effectiveness of Settling Ponds in Controlling Total Suspended Solids in Coal Mining Wastewater” yang disusun oleh:

Nama Mahasiswa : RAHMAT RIZALI
Nim : 2320525310001
Jurusan/Fakultas : S2 PSDAL
Program : Pascasarjana

telah diverifikasi bahasa Inggris yang digunakan sesuai dengan makna dari ringkasan yang ditulis oleh mahasiswa tersebut di atas. (Ringkasan terlampir)
Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Banjarmasin, January 29, 2026

Kepala



Dr. Hj. Noor Eka Chandra, M.Pd
NIP. 197710232001122003

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Rahmat Rizali lahir di Desa Songka, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur pada tanggal 17 Juni 1993 sebagai anak ke empat dari empat bersaudara dari pasangan Ibu Hj. Masnah dan Bapak Alm. H. Pajriansyah. Penulis memiliki istri bernama Seriyati Pratiwi dan memiliki 1 orang anak bernama Ryuga Alfarez Rizasa.

Penulis menyelesaikan pendidikan formal mulai dari SD Negeri 002 Batu Sopang pada tahun 2005, SMP Negeri 1 Batu Sopang pada tahun 2008, SMA Negeri 1 Batu Sopang pada tahun 2011 dan S1 Teknik Pertambangan di Universitas Lambung Mangkurat pada tahun 2015

Penulis bekerja sejak lulus kuliah S1 mulai dari tahun 2015 sampai 2016 sebagai *Freelance* kemudian sebagai *Mine Engineer* PT. Pamapersada Nusantara pada tahun 2017 sampai 2023, dan tahun 2023 sampai Laporan terbit penulis bekerja sebagai *Mine Dewatering Planning Engineer* di PT. Adaro Indonesia.

Demikian riwayat hidup penulis dibuat sebagai pelengkap penyusunan tesis.

Banjarbaru, Januari 2026
Penulis

Rahmat Rizali

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun Thesis Penelitian dengan judul ”Dinamika Temporal dan Efektivitas *Settling Pond* dalam Pengendalian *Total Suspended Solids* pada Air Limbah Pertambangan Batubara” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Penelitian akan dilaksanakan di *Settling Pond* (SP) PT. XYZ.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para pembimbing, yaitu Ibu Dr. Ir. Rizmi Yunita, M.Si, Bapak Dr. Yunandar, S.Pi, M.Si, dan Bapak Dr. Kissinger, S.Hut, M.Si, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan Thesis.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada istri, anak, dan keluarga tercinta atas segala doa, dukungan moral, dan spiritual yang diberikan. Tak lupa kepada teman-teman seperjuangan, khususnya angkatan 2023, atas kebersamaan, semangat, dan persahabatan yang telah terjalin dengan baik. Semoga kita semua dapat menyelesaikan studi dengan hasil yang terbaik.

Penulis menyadari bahwa laporan thesis penelitian masih jauh dari sempurna, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Banjarbaru, Januari 2026

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SALINAN SERTIFIKAT UJI PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
SURAT KETERANGAN RINGKASAN TESIS BAHASA INGGRIS	ix
RIWAYAT HIDUP PENULIS	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
GLOSARIUM.....	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Asumsi dan Lingkup Masalah	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Konsep Pertambangan	7
2.2. Peraturan Limbah Pertambangan (Cair)	9
2.3. Limbah Pertambangan (Cair)	11
2.4. <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	13
2.4.1. Asal Usul TSS.....	14
2.4.2. Determinasi TSS	15
2.4.3. Siklus TSS.....	16
2.4.4. Persamaan dan Perbedaan: Kekeruhan, TSS, dan TDS ..	17
2.4.5. Penentuan Metode TSS.....	19
2.4.6. Upaya Penanggulangan Tingginya TSS	20

2.4.7. Dampak Ekologis TSS Tinggi	22
2.4.8. Peran Ekologis <i>Settling Pond</i>	23
2.4.9. <i>State of the Art</i> dan <i>Research Gap</i> Penelitian	24
III. METODE PENELITIAN.....	27
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2. Prosedur Pengumpulan Data	30
3.3. Pengolahan Data.....	30
3.3.1. Analisis dinamika temporal konsentrasi TSS	30
3.3.2. Analisis Pengaruh Faktor Hidrologi dan Operasional	32
3.3.3. Analisis Efektivitas <i>Settling Pond</i>	38
3.4. Kerangka Pikir Penelitian.....	39
Analisis Pengaruh Faktor Hidrologi dan Operasional	40
IV. KEADAAN UMUM LOKASI PENELITIAN.....	41
4.1. Iklim dan Curah Hujan	41
4.2. Karakteristik <i>Settling Pond</i>	41
4.2.1. <i>Settling Pond</i> SP-A.....	42
4.2.2. <i>Settling Pond</i> SP-B	43
4.2.3. <i>Settling Pond</i> SP-C	45
V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
5.1. Analisis Dinamika Temporal TSS	48
5.2. Analisis Pengaruh <i>Settling Pond</i> terhadap TSS di <i>Inlet</i> dan <i>Outlet</i>	59
5.3. Analisis Efektivitas <i>Settling Pond</i>	95
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	103
6.1. Kesimpulan.....	103
6.2. Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA	105
DAFTAR LAMPIRAN	115

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1. Ringkasan Penelitian Terdahulu sebagai Pembanding	25
3. 1. Jadwal Penelitian.....	29
3. 2. Peraturan yang Mengatur Baku Mutu Limbah Pertambangan.....	38
3. 3. Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara	39
5. 1. Statistik Deskriptif Konsentrasi TSS.....	48
5. 2. Uji Stasioneritas Data TSS <i>Inlet</i>	60
5. 3. Uji Stasioneritas Data TSS <i>Outlet</i>	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1. Tahapan Pertambangan (Pamapersada, 2014).....	8
3. 1. Sketsa Lokasi Pengambilan Sampel (Hasil Pengolahan Data, 2025)	28
3. 2. Kerangka Pikir Penelitian.....	40
4. 1. <i>Settling Pond</i> Area Penelitian (<i>Google Earth</i> , 2025)	41
4. 2. <i>Settling Pond</i> SP-A (<i>Google Earth</i> , 2026)	43
4. 3. <i>Settling Pond</i> SP-B (<i>Google Earth</i> , 2026)	45
4. 4. <i>Settling Pond</i> SP-C (<i>Google Earth</i> , 2026)	47
5. 1. <i>Time Series</i> TSS Harian (Pengolahan Data, 2026).....	50
5. 2. <i>Time Series</i> TSS Bulanan (Pengolahan Data, 2026)	52
5. 3. Δ TSS Harian <i>Inlet–Outlet</i> (Pengolahan Data, 2026)	54
5. 4. Δ TSS Bulanan <i>Inlet–Outlet</i> (Pengolahan Data, 2026).....	56
5. 5. <i>Correlation Heatmap</i> TSS <i>Inlet</i> (Pengolahan Data, 2026)	61
5. 6. <i>Box Plot</i> TSS <i>Inlet</i> SP-A (Pengolahan Data, 2026).....	63
5. 7. <i>Box Plot</i> TSS <i>Inlet</i> SP-B (Pengolahan Data, 2026).....	64
5. 8. <i>Box Plot</i> TSS <i>Inlet</i> SP-C (Pengolahan Data, 2026).....	65
5. 9. <i>Box Plot</i> TSS <i>Inlet</i> SP-A, SP-B dan SP-C (Pengolahan Data, 2026)	66
5. 10. Hasil ACF dan PACF TSS <i>Inlet</i> (Pengolahan Data, 2026)	67
5. 11. Hasil SARIMAX TSS <i>Inlet</i> SP-A (Pengolahan Data, 2026).....	68
5. 12. Hasil SARIMAX TSS <i>Inlet</i> SP-B (Pengolahan Data, 2026).....	70
5. 13. Hasil SARIMAX TSS <i>Inlet</i> SP-C (Pengolahan Data, 2026).....	72
5. 14. Model SARIMAX TSS <i>Inlet</i> (Hasil Data Pengolahan, 2026).....	74
5. 15. <i>Correlation Heatmap</i> TSS Koagulan (Pengolahan Data, 2026)	77
5. 16. <i>Correlation Heatmap</i> TSS <i>Outlet</i> (Pengolahan Data, 2026).....	79

5. 17. <i>Box Plot</i> TSS <i>Outlet</i> SP-A (Pengolahan Data, 2026).....	81
5. 18. <i>Box Plot</i> TSS <i>Outlet</i> SP-B (Pengolahan Data, 2026).....	82
5. 19. <i>Box Plot</i> TSS <i>Outlet</i> SP-C (Pengolahan Data, 2026).....	84
5. 20. <i>Box Plot</i> TSS <i>Outlet</i> SP-A, SP-B dan SP-C (Pengolahan Data, 2026).....	85
5. 21. Hasil ACF dan PACF TSS <i>Outlet</i> (Pengolahan Data, 2026).....	86
5. 22. Hasil SARIMAX TSS <i>Outlet</i> SP-A (Pengolahan Data, 2026).....	87
5. 23. Hasil SARIMAX TSS <i>Outlet</i> SP-B (Pengolahan Data, 2026).....	88
5. 24. Hasil SARIMAX TSS <i>Outlet</i> SP-C (Pengolahan Data, 2026).....	89
5. 25. Hasil SARIMAX TSS <i>Outlet</i> SP-C (Pengolahan Data, 2026).....	91
5. 26. Efektivitas <i>Settling Pond</i> SP-A, SP-B, SP-C (Hasil Data Pengolahan, 2026).....	96
5. 27. Baku Mutu TSS <i>Outlet</i> SP-A, SP-B, SP-C (Hasil Data Pengolahan, 2026).....	98

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. <i>Script</i> Data Analisis.....	115
2. Data SP-A, SP-B dan SP-C.....	148
3. Baku Mutu Air Limbah Pertambangan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2022	151

GLOSARIUM

A

Agregasi Temporal

Proses pengelompokan data *Time Series* dari resolusi waktu tinggi (misalnya harian) ke resolusi waktu lebih rendah (misalnya bulanan) untuk mengidentifikasi pola umum dan mengurangi fluktuasi ekstrem jangka pendek.

Air Asam Tambang (Acid Mine Drainage / AMD)

Air yang terbentuk akibat reaksi oksidasi Mineral sulfida pada batuan tambang dengan air dan oksigen, ditandai oleh pH rendah serta kandungan logam terlarut dan partikel tersuspensi yang tinggi.

Analisis Dinamika Temporal

Pendekatan analisis yang bertujuan mengkaji perubahan parameter kualitas lingkungan terhadap waktu, termasuk fluktuasi harian, pola musiman, kejadian ekstrem, dan kecenderungan jangka Panjang.

Antropogenik

Berasal dari aktivitas manusia, khususnya kegiatan pertambangan, industri, dan penggunaan lahan yang memengaruhi sistem lingkungan alami.

AutoCorrelation Function (ACF)

Fungsi statistik yang menunjukkan tingkat korelasi antara suatu nilai dalam deret waktu dengan nilai-nilai sebelumnya pada berbagai *lag* waktu.

AutoRegressive (AR)

Komponen model *Time Series* yang merepresentasikan pengaruh nilai variabel pada periode sebelumnya terhadap nilai saat ini.

Augmented Dickey–Fuller (ADF)

Uji statistik untuk mendeteksi keberadaan unit root pada data *Time Series* dan menentukan apakah data bersifat stasioner.

B

Badan Air Penerima

Sungai, anak sungai, atau sistem perairan alami lainnya yang menerima air keluaran dari *Settling Pond* setelah memenuhi baku mutu lingkungan.

Baku Mutu Air Limbah

Batas maksimum kadar parameter pencemar yang diperbolehkan dalam air limbah sebelum dibuang ke lingkungan, sebagaimana diatur dalam peraturan perundang-undangan.

Baku Mutu Lingkungan

Nilai ambang batas konsentrasi parameter pencemar yang ditetapkan untuk melindungi kualitas lingkungan hidup.

Bayesian Information Criterion (BIC)

Kriteria pemilihan model statistik yang mempertimbangkan keseimbangan antara kecocokan model dan kompleksitas parameter dengan penalti yang ketat terhadap jumlah parameter.

Bioturbasi

Proses pengadukan sedimen oleh aktivitas organisme dasar perairan yang dapat menyebabkan partikel sedimen terangkat kembali ke kolom air.

C***Catchment area***

Wilayah tangkapan air yang secara hidrologis mengalirkan limpasan permukaan menuju titik tertentu, seperti *Settling Pond* atau badan air penerima.

Computational Fluid Dynamics (CFD)

Metode pemodelan numerik untuk mensimulasikan perilaku aliran fluida secara tiga dimensi; dalam penelitian ini tidak digunakan dan berada di luar Lingkup kajian.

Curah Hujan

Jumlah presipitasi air hujan yang jatuh pada suatu wilayah dalam periode tertentu (mm), yang berperan sebagai faktor hidrologi utama dalam peningkatan limpasan dan beban sedimen.

D**Data Sekunder**

Data yang diperoleh dari sumber yang telah tersedia sebelumnya, seperti sistem pemantauan operasional perusahaan, dan bukan hasil pengukuran langsung oleh peneliti.

Data Time Series Harian

Rangkaian data yang dikumpulkan secara berurutan berdasarkan waktu dengan resolusi satu hari untuk analisis dinamika temporal secara rinci

Debit Air Limbah

Volume air limbah yang mengalir per satuan waktu, umumnya dinyatakan dalam liter per detik (L/s) atau meter kubik per detik (m³/s).

Debit In (Inflow)

Volume air yang masuk ke *Settling Pond* per satuan waktu, yang memengaruhi energi aliran dan transport partikel tersuspensi.

Debit Out (Outflow)

Volume air yang keluar dari *Settling Pond* per satuan waktu, yang berpengaruh terhadap waktu tinggal dan efisiensi pengendapan.

Differencing (Diferensiasi)

Transformasi data Time Series dengan menghitung selisih antar pengamatan berturut-turut untuk menghilangkan tren atau komponen non-stasioner.

Dissolved Oxygen (DO)

Kadar oksigen terlarut dalam air yang dibutuhkan oleh organisme akuatik untuk respirasi.

E***Efektivitas Settling Pond***

Kemampuan *Settling Pond* dalam menurunkan konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) dari *inlet* ke *outlet* dan/atau memenuhi baku mutu lingkungan secara konsisten.

End of Pipe Treatment

Pendekatan pengelolaan limbah yang berfokus pada pengolahan limbah setelah dihasilkan, bukan pada pencegahan di sumber pencemar.

F***Flokulasi***

Proses penggabungan partikel-partikel halus hasil koagulasi menjadi gumpalan (flok) yang lebih besar agar mudah mengendap.

Freeboard

Jarak vertikal antara permukaan air aktual dalam kolam dengan ketinggian maksimum kolam sebagai ruang pengaman untuk menampung limpasan tambahan.

Fluktuasi Temporal

Perubahan nilai parameter kualitas air dari waktu ke waktu yang dapat bersifat periodik, acak, atau dipicu kejadian ekstrem.

H***Heatmap Korelasi***

Visualisasi matriks korelasi dalam bentuk peta warna yang menggambarkan arah dan kekuatan hubungan linier antar variabel penelitian.

Heteroskedastisitas

Kondisi residual model statistik yang memiliki varians tidak konstan, umum dijumpai pada data lingkungan dengan variasi ekstrem.

Hidrologi Operasional

Kondisi hidrologi yang dipengaruhi oleh aktivitas operasional tambang, seperti pemompaan, pengaturan aliran, dan pengelolaan limpasan.

I

Iklim Tropis

Kondisi iklim dengan suhu relatif tinggi sepanjang tahun, variasi suhu musiman kecil, dan curah hujan tinggi dengan pola musiman.

Inlet

Titik masuk air limbah tambang ke dalam sistem *Settling Pond* yang merepresentasikan beban sedimen awal.

IoT (*Internet of Things*)

Sistem perangkat sensor yang saling terhubung dan mampu mengirimkan data secara *real time* melalui jaringan komunikasi.

K

Kapasitas Tampung *Settling Pond*

Volume maksimum air yang dapat ditampung oleh sistem *Settling Pond* (m³) yang menentukan kemampuan kolam dalam mengendalikan limpasan.

Kekeruhan (*Turbidity*)

Parameter optik yang menunjukkan tingkat hamburan cahaya akibat partikel tersuspensi dalam air, dinyatakan dalam NTU.

Koagulan

Bahan kimia yang ditambahkan ke dalam air limbah untuk menetralkan muatan partikel tersuspensi dan membentuk flok.

Koagulasi–Flokulasi

Proses pengolahan air yang melibatkan penambahan koagulan untuk menggumpalkan partikel tersuspensi menjadi flok yang mudah mengendap.

L

Lag

Jarak waktu antara satu pengamatan dengan pengamatan sebelumnya dalam analisis *Time Series*.

Limpasan Permukaan (*Surface Runoff*)

Aliran air hujan yang bergerak di atas permukaan tanah dan membawa partikel sedimen menuju badan air atau sistem pengolahan.

M

***Maximum Likelihood Estimation* (MLE)**

Metode estimasi parameter statistik dengan memaksimalkan kemungkinan (*likelihood*) data observasi terhadap model.

Moving average (MA)

Komponen model *Time Series* yang merepresentasikan pengaruh kesalahan prediksi pada periode sebelumnya terhadap nilai saat ini.

Mud Pond

Tahap akhir dalam sistem *Settling Pond* yang berfungsi mengendapkan partikel halus dan mendukung proses pengolahan kimia.

O***Outlet***

Titik keluaran air dari *Settling Pond* setelah melalui proses pengendapan dan pengolahan.

Overburden (OB)

Lapisan tanah dan batuan penutup yang harus dipindahkan untuk mencapai lapisan batubara.

P***Partial AutoCorrelation Function (PACF)***

Fungsi statistik yang menunjukkan korelasi langsung antara nilai *Time Series* pada *lag* tertentu setelah pengaruh lag lainnya dihilangkan.

Point of Compliance (Titik Penaatan)

Lokasi pemantauan resmi untuk menilai kepatuhan air limbah terhadap baku mutu lingkungan.

Pra-Pemrosesan Data

Tahapan awal pengolahan data yang meliputi pembersihan, penanganan data hilang, transformasi, dan visualisasi awal.

R***Residual***

Selisih antara nilai observasi dan nilai hasil prediksi model *Time Series*.

Resuspensi Sedimen

Peristiwa terangkatnya kembali sedimen yang telah mengendap akibat peningkatan debit atau gangguan hidraulik.

Retention Time (Waktu Tinggal)

Waktu rata-rata air limbah berada di dalam *Settling Pond* sebelum keluar melalui *outlet*.

S

SARIMAX (*Seasonal AutoRegressive Integrated Moving average with Exogenous Variables*)

Model *Time Series* yang menggabungkan komponen musiman dan variabel eksternal untuk analisis dan peramalan data lingkungan.

Sedimentasi

Proses pengendapan partikel padat akibat gaya gravitasi pada kondisi kecepatan aliran rendah.

Settling Pond

Kolam pengendapan buatan untuk menurunkan konsentrasi partikel tersuspensi dalam air limbah tambang melalui proses fisik.

Short-Circuiting

Fenomena aliran pendek pada *Settling Pond* ketika air mengalir langsung dari *inlet* ke *outlet* tanpa memanfaatkan seluruh volume kolam.

Stasioneritas

Kondisi data *Time Series* dengan rata-rata dan varians yang konstan sepanjang waktu.

Storage Stress Index (SSI)

Indikator tingkat tekanan kapasitas *Settling Pond* berdasarkan Perbandingan volume air terhadap kapasitas tampung.

T

Time Series

Rangkaian data observasi yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu untuk analisis pola temporal dan peramalan.

Total Dissolved Solids (TDS)

Jumlah zat padat terlarut dalam air yang lolos dari proses penyaringan konvensional.

Total Suspended Solids (TSS)

Jumlah partikel padatan tersuspensi dalam air (mg/L) yang menjadi parameter utama pencemaran air limbah tambang.

U

Uji KPSS

Uji statistik untuk menilai apakah data *Time Series* bersifat stasioner di sekitar nilai rata-rata atau tren tertentu.

Uji Ljung-Box

Uji statistik untuk mengevaluasi keberadaan autokorelasi pada residual model *Time Series*.

W

Wetland Buatan

Sistem lahan basah terancang yang memanfaatkan vegetasi dan substrat alami untuk mengolah air limbah secara fisik, kimia, dan biologis.

White Noise

Karakteristik residual yang bersifat acak, tidak berkorelasi, dan memiliki varians konstan, yang menandakan kecukupan model.