

Perencanaan Sistem Pengelolaan Kualitas Lingkungan dan Pengendalian Polutan Berkelanjutan untuk Pengembangan Ekowisata Taman Wisata Landak

Julianti Marbun¹, Sondang Sylvia Manurung^{2*}, Ivan Andri Gunawan³

^{1,3}Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Teknik, Universitas Panca Bhakti, Pontianak, Indonesia

^{2*}Teknik Sipil, Teknik, Universitas Panca Bhakti, Pontianak, Indonesia

Email: ¹julianti.marbun@upb.ac.id, ^{2*}juliantimarbun28@gmail.com

Abstract

Landak Tourism Park is a post-mining area with potential for ecotourism development, but water-quality degradation may constrain its environmental sustainability. This study evaluates the factors affecting environmental-quality management, compares two surface-water sources, develops a conceptual clean-water treatment train, and formulates integrated pollution-control strategies. A descriptive-comparative mixed-methods design was used, combining water-quality testing of a tributary and a post-mining lake with field observation and in-depth interviews with site managers. Compliance was assessed against Class II surface-water criteria in Government Regulation of the Republic of Indonesia No. 22/2021. The tributary showed severe suspended-solids and organic pollution, with TSS of 732 mg/L, BOD of 10.3 mg/L, COD of 120 mg/L, ammonia of 0.53 mg/L, and DO of 2.70 mg/L. The lake had substantially lower TSS (6.67 mg/L), turbidity (4.91 NTU), and ammonia (<0.0089 mg/L), although BOD (7.62 mg/L), COD (64.7 mg/L), and DO (3.20 mg/L) still did not meet Class II criteria. The lake is therefore the more feasible source for further treatment. A conceptual process comprising screening, pre-sedimentation, coagulation-flocculation, sedimentation, multimedia filtration, and disinfection is proposed, supported by source protection, erosion control, wastewater management, routine monitoring, and institutional strengthening. The design must be verified through jar tests, pilot testing, and site-specific design-flow data before implementation.

Keywords: Environmental Quality Management, Post-Mining Water, Pollution Control, Water Treatment, Ecotourism.

Abstrak

Taman Wisata Landak merupakan kawasan pascatambang yang berpotensi dikembangkan sebagai ekowisata, tetapi penurunan kualitas air dapat membatasi keberlanjutan lingkungannya. Penelitian ini mengevaluasi faktor yang memengaruhi pengelolaan kualitas lingkungan, membandingkan dua sumber air permukaan, menyusun rancangan konseptual pengolahan air, dan merumuskan strategi pengendalian polutan secara terpadu. Penelitian menggunakan mixed methods deskriptif-komparatif melalui pengujian kualitas air pada anak sungai dan danau pascatambang, observasi lapangan, serta wawancara mendalam dengan pengelola kawasan. Kesesuaian kualitas air dievaluasi berdasarkan baku mutu air sungai dan sejenisnya Kelas II pada PP Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021. Anak sungai menunjukkan beban padatan tersuspensi dan bahan organik yang tinggi, dengan TSS 732 mg/L, BOD 10,3 mg/L, COD 120 mg/L, amoniak 0,53 mg/L, dan DO 2,70 mg/L. Air danau memiliki TSS (6,67 mg/L), kekeruhan (4,91 NTU), dan amoniak (<0,0089 mg/L) yang jauh lebih rendah, tetapi BOD (7,62 mg/L), COD (64,7 mg/L), dan DO (3,20 mg/L) masih belum memenuhi kriteria Kelas II. Dengan demikian, danau lebih layak diprioritaskan sebagai sumber air untuk pengolahan lebih lanjut. Rancangan konseptual yang diusulkan terdiri atas screening, prasedimentasi, koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi multimedia, dan disinfeksi, disertai perlindungan sumber air, pengendalian erosi, pengelolaan air limbah, pemantauan berkala, serta penguatan kelembagaan. Dimensi final unit pengolahan perlu diverifikasi melalui jar test, uji pilot, dan data debit perencanaan spesifik lokasi sebelum implementasi.

Kata Kunci: Pengelolaan Kualitas Lingkungan, Air Pascatambang, Pengendalian Polutan, Pengolahan Air, Ekowisata.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan rumusan permasalahan

Kawasan pascatambang dapat dialihfungsikan menjadi ruang rekreasi, konservasi, dan edukasi apabila fungsi ekologisnya telah dipulihkan dan risiko lingkungannya dikelola secara terukur. Pada Taman Wisata Landak di Desa Mandor, Kalimantan Barat, pemanfaatan lahan pascatambang sebagai ekowisata menghadapi kendala utama berupa degradasi kualitas tanah dan air serta keterbatasan infrastruktur lingkungan (United Nation 2025). Studi terdahulu di lokasi yang sama telah menunjukkan penurunan kualitas air dan kebutuhan pengolahan sebelum air dimanfaatkan untuk menunjang kegiatan wisata (Marbun, Manurung, and Sianturi 2025). Secara internasional, danau dan badan air pascatambang dipahami sebagai sistem yang sangat dipengaruhi oleh karakter material tambang, proses geokimia, hidrologi tangkapan, dan penggunaan lahan di sekitarnya (Siregar 2024). Karena itu, pemulihan tidak cukup hanya berorientasi pada penataan fisik kawasan, tetapi perlu menggunakan indikator kualitas air yang terukur, pengendalian sumber pencemar dari daerah tangkapan, dan tata kelola jangka panjang (Chaerul et al. 2021). Tinjauan mengenai lanskap pascatambang di Indonesia juga menekankan pentingnya revegetasi, pengendalian erosi, dan penyesuaian pemanfaatan akhir lahan dengan karakteristik ekologis lokasi (Marbun et al. 2025).

Kesenjangan penelitian pada Taman Wisata Landak terletak pada belum terintegrasinya evaluasi kualitas air aktual dengan rancangan proses pengolahan dan strategi pengendalian polutan pada skala kawasan. Penelitian sebelumnya lebih menekankan kondisi degradasi dan arah pemanfaatan ekowisata, sedangkan kebutuhan rekayasa pengolahan air, penentuan prioritas sumber air, serta integrasi aspek teknis, ekologis, sosial, pembiayaan, dan kelembagaan belum dirumuskan sebagai satu sistem pengelolaan (Ega Saputra, Nida Annisa, Muhammad Rizky 2025).

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis faktor yang memengaruhi keberhasilan pengelolaan kualitas lingkungan, membandingkan kelayakan anakan sungai dan danau sebagai sumber air permukaan berdasarkan PP Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021, menyusun rancangan konseptual proses pengolahan air, serta merumuskan strategi pengendalian polutan yang mendukung pengembangan ekowisata berkelanjutan di Taman Wisata Landak.

1.2 State Of The Art dan Kebaruan

Pada penelitian sebelumnya menggunakan pendekatan kepada pengelolaan lingkungan berkelanjutan pada lahan pascatambang di Taman Wisata Landak untuk di transformasikan menjadi ekowisata. Sedangkan pada Kebaruan penelitian ini lebih kepada perencanaan sistem pengelolaan kualitas lingkungan dan strategi pengendalian polutan berkelanjutan yang ada di Taman Wisata Landak untuk dijadikan ekowisata. Kebaruan dari penelitian ini yaitu berupa faktor pengelolaan kualitas lingkungan, desain sistem pengolahan air bersih, serta strategi pengendalian polutan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian dan Lokasi

Penelitian menggunakan mixed methods dengan desain deskriptif-komparatif (Purwono, Fuad Hasyim, Annida Unatiq Ulya, Nurwulan Purnasari 2021). Komponen kuantitatif digunakan untuk membandingkan kualitas dua sumber air permukaan, yaitu

anakan sungai dan danau pascatambang di kawasan Taman Wisata Landak. Komponen kualitatif digunakan untuk mengidentifikasi faktor teknis, ekologis, sosial, pembiayaan, dan kelembagaan yang memengaruhi pengelolaan kawasan melalui observasi lapangan dan wawancara mendalam dengan pihak pengelola (Evianti et al. 2024). Koordinat setiap titik sampling dicatat menggunakan GPS agar lokasi dapat direplikasi pada pemantauan berikutnya.

2.2 Pengambilan Sampel dan Pengujian Kualitas Air

Pengambilan contoh air dilakukan secara grab sampling pada bagian badan air yang mewakili kondisi anakan sungai dan danau. Dua contoh air, masing-masing mewakili satu sumber, disimpan dalam botol sampel yang sesuai dan dibawa ke Laboratorium Mutu Agung untuk pengujian. Parameter yang dianalisis meliputi total dissolved solids (TDS), total suspended solids (TSS), pH, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), dissolved oxygen (DO), sulfat, nitrat, amoniak, sianida, total coliform, dan kekeruhan. Karena pengambilan sampel bersifat sumber-spesifik dan bukan replikasi statistik, hasil dianalisis secara deskriptif-komparatif dan tidak digunakan untuk uji inferensial (Marinu Waruwu 2023).

Metode analitik laboratorium dan spesifikasi instrument mengikuti metode yang tercantum pada Laporan Hasil Uji laboratorium terakreditasi untuk setiap parameter. Informasi nomor metode SNI/APHA dan model instrumen dicantumkan secara identik dengan dokumen laboratorium (Sumargo 2020).

2.3 Acuan Baku Mutu dan Analisis Data

Kualitas air permukaan dibandingkan dengan Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya Kelas II pada Lampiran VI PP Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. PP tersebut mencabut PP No. 82 Tahun 2001, sehingga penilaian kepatuhan pada penelitian ini menggunakan regulasi yang berlaku (jdih.po 2024). Kekeruhan tetap digunakan sebagai indikator operasional proses pengolahan, tetapi tidak dinilai sebagai parameter kepatuhan Kelas II karena tidak ditetapkan sebagai parameter tersendiri pada tabel baku mutu tersebut.

Tabel 1. Parameter acuan Kelas II PP No. 22 Tahun 2021 dalam penelitian

Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas II
TDS	mg/L	1.000
TSS	mg/L	50
pH	-	6–9
BOD	mg/L	3
COD	mg/L	25
DO	mg/L	≥ 4
Sulfat	mg/L	300
Nitrat (sebagai N)	mg/L	10
Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,2
Sianida	mg/L	0,02
Total coliform	MPN/100 mL	5.000
Kekeruhan	NTU	Tidak ditetapkan

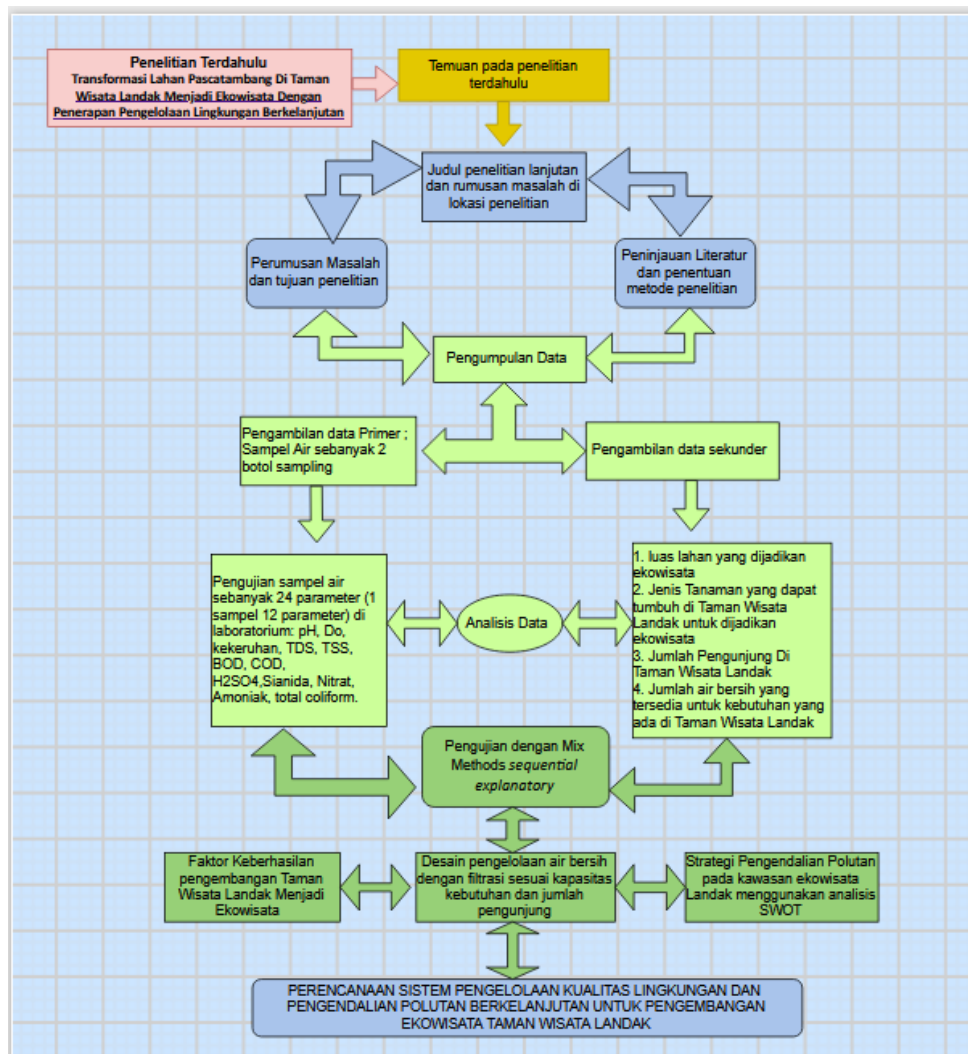
Status setiap parameter ditentukan berdasarkan pemenuhan nilai baku mutu. Selain itu, dilakukan interpretasi rekayasa terhadap rasio konsentrasi antara anakan sungai dan danau serta hubungan antarkomponen kualitas air, khususnya TSS-kekeruhan, BOD-COD-DO, dan amoniak-DO. Untuk menilai karakter beban organik, rasio COD/BOD digunakan sebagai indikator awal proporsi bahan yang lebih sukar terurai; interpretasinya diperlakukan sebagai indikasi proses, bukan sebagai pengganti uji biodegradabilitas.

2.4 Dasar Rancangan Konseptual Pengolahan Air

Rancangan pengolahan disusun berdasarkan karakter air sumber dan prinsip pengolahan konvensional. Debit perencanaan (Q_d) harus ditentukan dari kebutuhan puncak kawasan dengan persamaan $Q_d = (N_p \times q_u \times F_p) / t_o$, dengan N_p sebagai jumlah pengunjung/pengguna pada kondisi puncak, q_u sebagai kebutuhan air satuan, F_p sebagai faktor puncak, dan t_o sebagai jam operasi efektif. Karena data kebutuhan puncak belum tersedia pada naskah sumber, rancangan unit dinyatakan dalam parameter skala yang dapat dihitung setelah Q_d ditetapkan. Volume unit berbasis waktu tinggal dihitung menggunakan $V = Q_d \times \theta$, sedangkan luas filter dihitung menggunakan $A_f = Q_d / v_f$ (Gunawan, Anggraini, and Marbun 2024).

2.5 Analisis Kualitatif

Data wawancara dan observasi dikelompokkan ke dalam tema teknis, ekologis, sosial, pembiayaan, dan kelembagaan. Fokus informasi meliputi akses dan infrastruktur, fasilitas sanitasi, pengelolaan sampah dan air limbah, perlindungan sumber air, kompetensi operator, ketersediaan biaya operasi dan pemeliharaan, partisipasi masyarakat, perilaku pengunjung (Khawarizmi, Rahmah, and Hisania 2025), serta dukungan kelembagaan BUMDesma. Temuan kualitatif digunakan untuk menilai kesiapan implementasi sistem pengelolaan lingkungan dan melengkapi interpretasi data kualitas air.



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kualitas Air dan Prioritas Sumber

Hasil pengujian menunjukkan perbedaan yang sangat kuat antara anakan sungai dan danau pada parameter yang berkaitan dengan padatan tersuspensi. TSS anakan sungai mencapai 732 mg/L, sekitar 110 kali konsentrasi danau (6,67 mg/L), sedangkan kekeruhan 374 NTU sekitar 76 kali nilai danau (4,91 NTU). Dibandingkan baku mutu Kelas II, TSS anakan sungai mencapai 14,6 kali batas 50 mg/L, sementara TSS danau telah memenuhi kriteria. Perbedaan ini konsisten dengan fungsi danau sebagai zona dengan kecepatan aliran dan turbulensi lebih rendah sehingga memungkinkan pengendapan partikel, sedangkan anakan sungai lebih responsif terhadap erosi permukaan dan limpasan dari lahan pascatambang yang terbuka. Pengaruh daerah tangkapan terhadap kualitas badan air pascatambang juga dilaporkan sebagai faktor penting dalam pengelolaan.

Tabel 2. Hasil kualitas air dan evaluasi terhadap baku mutu Kelas II PP No. 22 Tahun 2021

Parameter	Satuan	Anakan sungai	Danau	Kelas II	Status AS/DL
TDS	mg/L	120	52,0	1.000	M / M
TSS	mg/L	732	6,67	50	TM / M
pH	-	6,62	6,43	6-9	M / M
BOD	mg/L	10,3	7,62	3	TM / TM
COD	mg/L	120	64,7	25	TM / TM
DO	mg/L	2,70	3,20	≥ 4	TM / TM
Sulfat	mg/L	56,1	17,1	300	M / M
Nitrat (sebagai N)	mg/L	1,54	<0,98	10	M / M
Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,53	<0,0089	0,2	TM / M
Sianida	mg/L	<0,0037	<0,0037	0,02	M / M
Total coliform	MPN/100 mL	33	23	5.000	M / M
Kekeruhan	NTU	374	4,91	Tidak ditetapkan	Deskriptif

Beban organik juga menjadi isu utama pada kedua sumber. BOD anakan sungai dan danau masing-masing 10,3 mg/L dan 7,62 mg/L, sedangkan COD mencapai 120 mg/L dan 64,7 mg/L; seluruh nilai tersebut melampaui kriteria Kelas II sebesar 3 mg/L untuk BOD dan 25 mg/L untuk COD. Rasio COD/BOD sekitar 11,7 pada anakan sungai dan 8,5 pada danau menunjukkan bahwa beban yang terukur secara kimia jauh lebih besar daripada fraksi yang terukur melalui kebutuhan oksigen biologis. Kondisi ini mengindikasikan adanya fraksi bahan organik atau senyawa teroksidasi yang relatif sukar terurai, sehingga pengendalian tidak cukup hanya mengandalkan proses biologis. Studi pada danau pascatambang lain di Indonesia juga menemukan bahwa beban organik yang ditunjukkan oleh COD dan BOD dapat menjadi penentu utama status kualitas air dan berhubungan dengan penurunan DO (Arthika Yudita, Aji Ali Akbar 2024).

Nilai DO sebesar 2,70 mg/L pada anakan sungai dan 3,20 mg/L pada danau berada di bawah batas minimum 4 mg/L. Amoniak pada anakan sungai sebesar 0,53 mg/L juga melampaui baku mutu 0,2 mg/L, sedangkan pada danau berada di bawah batas deteksi 0,0089 mg/L. Secara proses, rendahnya DO dapat memperlambat nitrifikasi sehingga amoniak lebih mudah bertahan dalam kolom air. Sebaliknya, waktu tinggal yang lebih panjang pada danau memungkinkan pengendapan padatan dan berlangsungnya transformasi nitrogen yang lebih stabil. Meskipun demikian, BOD dan COD danau tetap tinggi sehingga pengendapan alami belum cukup untuk mengendalikan beban organik terlarut atau koloidal.

Dari sisi geokimia, pH kedua sumber berada pada kisaran mendekati netral (6,62 dan 6,43), sedangkan sulfat 56,1 mg/L dan 17,1 mg/L masih jauh di bawah nilai acuan 300 mg/L. Pola ini tidak menunjukkan indikasi kuat air asam tambang berdasarkan parameter yang tersedia. Namun, kesimpulan mengenai mobilisasi logam tidak dapat dibuat karena parameter logam terlarut seperti Fe, Mn, As, atau Hg tidak diuji pada dataset ini. Pada kawasan bekas pertambangan, variasi geokimia sedimen dan hubungan.

Antara daerah tangkapan dan badan air dapat mengendalikan kualitas air secara signifikan; karena itu, pemantauan lanjutan sebaiknya memasukkan parameter logam yang relevan dengan riwayat kegiatan tambang.

Secara keseluruhan, danau lebih layak diprioritaskan sebagai sumber air untuk pengolahan lebih lanjut karena TSS, kekeruhan, dan amoniaknya jauh lebih rendah. Akan tetapi, danau belum dapat dinyatakan memenuhi seluruh kriteria Kelas II karena BOD, COD, dan DO masih tidak sesuai. Dengan demikian, pemanfaatannya harus didahului proses pengolahan dan verifikasi kualitas akhir sesuai tujuan penggunaan air.

3.2 Faktor Pengelolaan Kualitas Lingkungan

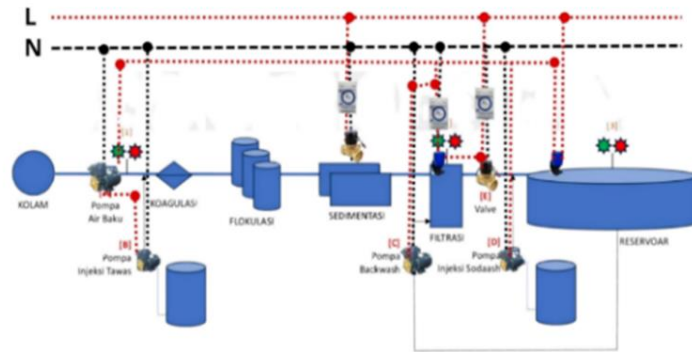
Hasil wawancara dan observasi menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan tidak hanya ditentukan oleh kualitas air, tetapi oleh keterhubungan antara aspek teknis, ekologis, sosial, pembiayaan, dan kelembagaan. Faktor teknis meliputi pemilihan sumber air, keandalan unit pengolahan, kontinuitas pasokan, kapasitas operator, serta kemampuan pemeliharaan. Faktor ekologis meliputi perlindungan sempadan, pengendalian erosi, revegetasi, dan pengurangan limpasan dari lahan terbuka. Faktor sosial dan kelembagaan mencakup partisipasi masyarakat, kepatuhan pengunjung, pengelolaan sampah dan air limbah, ketersediaan SOP, serta dukungan BUMDesma.

Temuan tersebut sejalan dengan prinsip restorasi kawasan tambang yang menempatkan tujuan terukur, keterlibatan pemangku kepentingan, pemulihan fungsi ekosistem, serta evaluasi jangka panjang sebagai komponen utama keberhasilan (Simarmata et al. 2023). Dalam konteks Taman Wisata Landak, sistem pengolahan air akan kurang efektif apabila sumber sedimen dan beban organik dari daerah tangkapan tidak dikendalikan. Oleh sebab itu, rekayasa pengolahan harus berjalan paralel dengan perlindungan sumber dan tata kelola kawasan (Hauna Tsabitul Azmi 2024).

3.3 Rancangan Konseptual Pengolahan Air

Danau diprioritaskan sebagai sumber air bersih, karena kualitas awalnya lebih baik, sedangkan anakan sungai dapat digunakan sebagai sumber alternatif air bersih setelah pengendalian sedimen pada daerah tangkapan (Marbun et al. 2024). Berikut gambar 1 merupakan rangkaian proses yang diusulkan adalah intake dan screening, prasedimentasi, koagulasi cepat, flokulasi, sedimentasi, filtrasi multimedia, dan disinfeksi.

Prasedimentasi diarahkan untuk menahan beban padatan pada saat kekeruhan meningkat, dengan waktu tinggal awal 2–4 jam dan volume $V = Qd \times \theta$. Koagulasi menggunakan PAC atau tawas, tetapi dosisnya tidak boleh ditetapkan secara asumsi; dosis optimum harus diperoleh melalui jar test pada variasi kekeruhan dan pH aktual. Flokulasi menggunakan waktu awal 20–30 menit untuk uji desain, kemudian flok dipisahkan pada sedimentasi. Filtrasi dirancang sebagai unit polishing dengan lapisan awal untuk uji pilot berupa kerikil penyangga 15 cm, pasir silika 35 cm, zeolit 20 cm, dan karbon aktif granular 20 cm. Konfigurasi tersebut perlu dievaluasi terhadap kehilangan tekanan, breakthrough amoniak, dan penurunan COD sebelum ditetapkan sebagai desain final (Hutama, Yuliani, and Prayogo 2025).



Gambar 1. Process Flow Diagram (PFD) rancangan konseptual Pengolahan air Taman Wisata Landak

Penggunaan zeolit ditujukan terutama untuk membantu pengendalian amonium, sedangkan karbon aktif granular berfungsi sebagai tahap polishing terhadap senyawa organik, warna, dan bau yang tidak sepenuhnya tersisihkan melalui koagulasi-sedimentasi. Karena COD dan BOD danau masih tinggi, efektivitas proses terhadap bahan organik harus dibuktikan pada uji pilot. Apabila COD keluaran tetap tinggi, konfigurasi dapat ditingkatkan dengan tahap biologis atau oksidasi tambahan berdasarkan hasil uji. Disinfeksi ditempatkan setelah filtrasi; dosis klorin harus ditentukan dari chlorine demand air hasil filtrasi dan target sisa klor sesuai tujuan pemanfaatan.

Tabel 3. Basis desain awal unit pengolahan (untuk verifikasi jar test dan uji pilot)

Unit	Target proses	Kriteria desain awal
Intake/screening	Material kasar	Screening sebelum pompa/unit proses
Prasedimentasi	TSS dan kekeruhan tinggi	HRT awal 2–4 jam; $V = Qd \times \theta$
Koagulasi cepat	Partikel koloid dan sebagian organik	PAC/tawas; dosis ditentukan jar test
Flokulasi	Pembentukan flok	Waktu awal 20–30 menit; optimasi pada jar/pilot test
Sedimentasi	Pemisahan flok	Dimensi dari Qd dan waktu/overflow rate hasil uji desain
Filtrasi multimedia	Padatan halus, amonium, organik	Kerikil 15 cm; pasir silika 35 cm; zeolit 20 cm; GAC 20 cm; evaluasi headloss/breakthrough
Disinfeksi/reservoir	Mikroorganisme dan keamanan distribusi	Dosis berdasarkan chlorine demand; pantau residual sesuai target penggunaan

3.4 Strategi Pengendalian Polutan Terpadu

Strategi pengendalian polutan perlu ditempatkan pada tiga tingkat. Pertama, pengendalian pada sumber dilakukan melalui stabilisasi lahan terbuka, revegetasi, perlindungan zona riparian, perangkat sedimen, serta drainase terkendali untuk menurunkan TSS dan kekeruhan sebelum limpasan memasuki badan air (Usop 2025). Kedua, pengendalian pada fasilitas wisata dilakukan melalui pemisahan drainase hujan dan air limbah, penyediaan sanitasi yang memadai, pengelolaan sampah, dan instalasi pengolahan air limbah domestik agar beban BOD, COD, amoniak, dan mikrobiologi tidak bertambah. Ketiga, pengendalian pada titik pemanfaatan dilakukan melalui pengolahan air dan pemantauan mutu keluaran (Junardi 2023).

Pemantauan sebaiknya menggunakan titik tetap pada anak-anak sungai dan danau, dilakukan secara berkala dan ditambah pemantauan setelah kejadian hujan lebat karena limpasan dapat mengubah TSS dan kekeruhan secara cepat. Indikator minimum meliputi TSS, kekeruhan, pH, BOD, COD, DO, amoniak, dan total coliform; pada tahap berikutnya perlu ditambahkan logam terlarut yang relevan dengan riwayat pertambangan. Data pemantauan harus dihubungkan dengan SOP operasi unit pengolahan, kebutuhan backwash, pengurasan bak sedimentasi, dan tindakan koreksi bila kualitas air baku berubah.

Penguatan kelembagaan dilakukan melalui penetapan penanggung jawab operasi, pembiayaan rutin untuk bahan kimia dan pemeliharaan, pelatihan operator, pencatatan mutu air, serta evaluasi bersama pengelola kawasan, pemerintah desa, dan masyarakat. Pendekatan ini konsisten dengan prinsip restorasi tambang berbasis indikator dan pengelolaan adaptif, sehingga pengembangan ekowisata tidak hanya menghasilkan fungsi ekonomi, tetapi juga menjaga fungsi ekologis kawasan

4. KESIMPULAN

Pengelolaan kualitas lingkungan Taman Wisata Landak dipengaruhi secara bersamaan oleh kondisi sumber air, pengendalian erosi dan limpasan, keandalan teknologi pengolahan, sanitasi dan pengelolaan limbah, kapasitas operasi-pemeliharaan, pembiayaan, partisipasi masyarakat, perilaku pengunjung, serta dukungan kelembagaan. Berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 Kelas II, anakan sungai tidak memenuhi kriteria TSS, BOD, COD, DO, dan amoniak, sedangkan danau tidak memenuhi BOD, COD, dan DO. Perbedaan TSS dan kekeruhan yang sangat besar menunjukkan peran kuat transport sedimen pada anakan sungai, sementara tingginya BOD-COD dan rendahnya DO pada kedua sumber menunjukkan bahwa beban organik tetap menjadi masalah utama.

Danau diprioritaskan sebagai sumber untuk pengolahan lebih lanjut karena beban padatan dan amoniaknya lebih rendah. Rancangan konseptual terdiri atas screening, prasedimentasi, koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi multimedia, dan disinfeksi. Strategi teknis harus diintegrasikan dengan perlindungan daerah tangkapan, revegetasi, sanitasi, pengolahan air limbah, pemantauan berkala, SOP operasi, serta penguatan kelembagaan. Sebelum implementasi, desain wajib dilengkapi data koordinat titik sampling, metode dan instrumen laboratorium, jumlah informan, debit perencanaan berbasis kebutuhan puncak, jar test, serta uji pilot untuk memverifikasi dosis bahan kimia, dimensi unit, dan kinerja media filter.

REFERENCES

- Arthika Yudita, Aji Ali Akbar, Ochih Saziati. 2024. "ANALISIS KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR SUNGAI RETOK KABUPATEN KUBU RAYA." *Jurnal teknik lingkungan* 10(1): 64–76. doi:<http://dx.doi.org/10.20527/jukung.v10i1.20664>.
- Chaerul, M, Julianti Marbun, L Destiarti, R Armus, I Marzuki, R. I. N NNPS, and Firdaus. 2021. "Pengantar Teknik Lingkungan." In *Yayasan Kita Menulis*, ed. Yayasan kita menulis. Medan: yayasan kita menulis, 1–186. [https:// kitamenulis. id/2021/07/14/ pengantar-teknik-lingkungan/](https://kitamenulis.id/2021/07/14/pengantar-teknik-lingkungan/).
- Ega Saputra, Nida Annisa, Muhammad Rizky, Cahya Darmawan. 2025. "Peran Analisis Dampak Mengenai Lingkungan Dalam Mewujudkan Tujuan Sustainable Development Goals (SDGs)." *Jurnal Ilmiah Pendidikan IPS* 3(4): 218–32. doi:<https://doi.org/10.62383/sosial.v3i4.1375>.
- Evianti, Elsa, Dwi Irawan, Firda Ayu Amalia, and Sri Wibawani Wahyuning Astuti. 2024. "Analisis Pola Kinerja BUMDES Dalam Upaya Peningkatan Pendapatan Asli Desa." *RATIO: Reviu Akuntansi Kontemporer Indonesia* 5(2): 116–27. doi:<https://doi.org/10.30595/ratio.v5i2.20101>.
- Gunawan, Ivan Andri, Ika Muthya Anggraini, and Julianti Marbun. 2024. "Strategi Pengembangan Sanitasi Sub Sektor Air Limbah Domestik Dengan Matriks IFAS Dan EFAS Di Kabupaten Sekadau." 3: 13–20.
- Hauna Tsabitul Azmi. 2024. "Penegakan Hukum Lingkungan Terhadap Pencemaran Limbah Industri: Tinjauan Terhadap Perlindungan Masyarakat Kelas Bawah." *LITRA: Jurnal Hukum Lingkungan Tata Ruang dan Agraria* 4(1): 1–15. doi:<https://doi.org/10.23920/litra.v4i1>.

- Hutama, Ageng Rizky, Emma Yuliani, and Tri Budi Prayogo. 2025. "Analisis Kualitas Air Menggunakan Metode Indeks Pencemaran, CCME-WQI, Dan QUAL2Kw Pada Sungai Amprong, Kota Malang, Jawa Timur." *jurnal teknologi dan rekayasa sumberdaya air* 5(1): 209–19. doi:<https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2025.005.01.021>.
- jdih.po. 2024. *Peraturan Daerah Kota Pontianak Nomor 3 Tahun 2024*. Republik Indonesia: <https://peraturan.bpk.go.id/2024perda003>. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/2024perda003.pdf.
- Junardi, Riyandi. 2023. "Penilaian Status Kualitas Air Sungai Kapuas Kecil Kalimantan Barat Menggunakan Biota Benthik." *ILMU LINGKUNGAN* 22(1): 184–92. doi:10.14710/jil.22.1.184-192.
- Khawarizmi, Salsa Az Zahra Al, Syifa Rahmah, and Silvia Khoerotul Hisania. 2025. "KEBIJAKAN HUKUM TERHADAP MASALAH PENCEMARAN AIR SUNGAI DAN DAMPAKNYA TERHADAP LINGKUNGAN LEGAL POLICIES ON RIVER POLLUTION AND ITS IMPACT ON THE ENVIRONMENT." *Penelitian Ilmiah Interdisipliner* 9(12): 192–96. <https://sejurnal.com>.
- Marbun, Julianti, Sondang Sylvia Manurung, Shandra Rahsia Andina, Andrima, and Ismanto. 2025. "Pengelolaan Taman Wisata Landak Berbasis Lahan Bekas PETI Untuk Pemulihan Lingkungan Di Desa Mandor Kalimantan Barat." *Pengabdian Dharma Wacana* 6(1): 84–95. doi:<https://doi.org/10.37295/jpdw.v6i1.593>.
- Marbun, Julianti, Sondang Sylvia Manurung, and Johnny Maruli Tua Sianturi. 2025. "Transformasi Lahan Pascatambang Di Taman Wisata Landak Menjadi Ekowisata Dengan Penerapan Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan." *Teknologi Lingkungan Lahan Basah* 13(2): 255–63. doi:<https://doi.org/10.26418/jtlb.v13i2.93622>.
- Marbun, Julianti, Shandra Andina Rahsia, Muji Listyo Widodo, Universitas Panca Bhakti, and Kalimantan Barat. 2024. "Strategi Pengelolaan Lingkungan Di Daerah Aliran Sungai Tayan Dalam Mengurangi Pencemaran Sungai." 7: 120–36.
- Marinu Waruwu. 2023. "Pendekatan Penelitian Pendidikan: Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif Dan Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method)." *jurnal pendidikan tambusu* 7(1): 1–15. doi:<https://doi.org/10.31004/jptam.v7i1.6187>.
- Purwono, Fuad Hasyim, Annida Unatiq Ulya, Nurwulan Purnasari, Ronnawan Junatm oko. 2021. *Guepedia Metodologi Penelitian (Kuantitatif, Kualitatif Dan Mix Method)*. mei 2021. ed. Guepedia. Surakarta: Gupedia.
- Simarmata, M. M, L Masthura, V Agustine, I Iswahyudi, J Marbun, A Fauzia, and R Nabilah. 2023. "Tata Ruang Dan Lingkungan." In 1, kita menulis, 1–120. <https://kitamenulis.id/2023/11/15/tata-ruang-dan-lingkungan/>.
- Siregar, Syahriani. 2024. "Penambangan Emas Di Sungai Berisiko Rusak Lingkungan." *Pontianak Post*: 1. <https://pontianakpost.jawapos.com/nasional/1464014905/penambangan-emas-di-sungai-berisiko-rusak-lingkungan>.
- Sumargo, Bagus. 2020. *Teknik Sampling*. 1st ed. jakarta: UNJ Press.
- United Nation. 2025. "Strategi Nasional Dan Integrasi SDGS." *United Nation Web*: 1. <https://localisedgs-indonesia.org/17-sdgs>.
- Usop, Tari Budayanti. 2025. *Kota Sungai Dan Keberlanjutan: Prespektif Arsitektur Dan Budaya*. 1st ed. ed. Mira Muarrifah Zein, Ali Hasan, Sony Herdiana, T. Yuliyanti. Depublish Digital. https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=p8BVEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=pemantauan+kualitas+lingkungan+yang+tepat,+dapat+menjadi+solusi+untuk+mengurangi+dampak+pencemaran+Sungai+Kapuas+&ots=bgCY6RB0wn&sig=PIc53AiAtZaWORhTfMu_evImn1Y&redir_esc=y#v=onep.