

Evaluasi Pengelolaan dan Pemanfaatan Limbah Cair Perumda Air Minum Tirto Negro Sragen

Yudi Prasetyo¹, Yonathan Suryo Pambudi²

^{1,2} Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Kristen Teknologi Solo
e-mail: yudipras090786@gmail.com

Abstrak

Pengelolaan limbah cair dari instalasi pengolahan air minum perlu dievaluasi karena residu proses koagulasi, sedimentasi, dan pencucian filter berpotensi menimbulkan beban pencemaran apabila dibuang langsung ke badan air. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi sistem pengelolaan limbah cair di Perumda Air Minum Tirto Negro Kabupaten Sragen serta mengidentifikasi potensi pemanfaatannya. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan strategi studi kasus tunggal terpancang. Data dikumpulkan melalui wawancara mendalam dengan informan kunci, observasi lapangan, dan dokumentasi, kemudian dianalisis menggunakan model interaktif Miles dan Huberman melalui reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair terutama berasal dari pencucian filter dan pengurasan bak sedimentasi dengan karakteristik padatan tersuspensi tinggi, sisa koagulan aluminium, serta kandungan besi dan mangan yang berfluktuasi sesuai sumber air baku dan musim. Sistem pengelolaan eksisting masih konvensional karena limbah dialirkan langsung ke saluran irigasi tanpa pengolahan khusus. Kendala utama mencakup keterbatasan teknis, rendahnya prioritas manajerial, lemahnya koordinasi, keterbatasan sarana prasarana, dan belum adanya pemantauan kualitas limbah secara rutin. Potensi pemanfaatan yang paling realistis adalah resirkulasi air pencucian filter, pengeringan lumpur untuk bahan substitusi industri lokal, media tanam non-pangan, serta kolaborasi pengelolaan limbah dengan pemerintah daerah. Penelitian ini merekomendasikan pembangunan unit pengolahan lumpur sederhana, penyusunan prosedur operasional, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, dan kemitraan pemanfaatan limbah berbasis ekonomi sirkular.

Kata Kunci: Limbah Cair, Instalasi Pengolahan Air Minum, Pengelolaan Limbah, Perumda Air Minum, Ekonomi Sirkular

Abstract

Liquid waste management from drinking water treatment plants needs to be evaluated because residues from coagulation, sedimentation, and filter washing processes may create pollution loads when discharged directly into water bodies. This study aimed to evaluate the liquid waste management system at Perumda Air Minum Tirto Negro, Sragen Regency, and

to identify its utilization potential. The study used a qualitative approach with an embedded single case study strategy. Data were collected through in-depth interviews with key informants, field observations, and documentation, and were analyzed using the Miles and Huberman interactive model through data reduction, data display, and conclusion drawing. The results show that liquid waste mainly originates from filter backwashing and sedimentation tank draining, characterized by high suspended solids, residual aluminum coagulant, and iron and manganese contents that fluctuate according to raw water sources and seasonal conditions. The existing management system remains conventional because wastewater is discharged directly into irrigation channels without specific treatment. The main constraints include technical limitations, low managerial priority, weak coordination, limited infrastructure, and the absence of routine wastewater quality monitoring. The most realistic utilization potentials include filter backwash water recirculation, sludge drying for local industrial substitute materials, non-food planting media, and waste management collaboration with the local government. This study recommends constructing a simple sludge treatment unit, preparing standard operating procedures, strengthening human resource capacity, and developing circular economy-based partnerships for waste utilization.

Keywords : Liquid Waste, Water Treatment Plant, Waste Management, Municipal Water Company, Circular Economy

LATAR BELAKANG

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia dan salah satu indikator penting pencapaian pembangunan berkelanjutan, terutama tujuan keenam yang menekankan akses terhadap air bersih dan sanitasi layak. Pemenuhan kebutuhan tersebut di Indonesia banyak dilaksanakan oleh perusahaan daerah air minum melalui pengolahan air baku menjadi air yang memenuhi syarat kesehatan. Proses pengolahan air minum secara konvensional umumnya meliputi koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, serta distribusi kepada pelanggan. Rangkaian proses tersebut efektif menghasilkan air minum, tetapi pada saat yang sama menghasilkan residu berupa air pencucian filter dan lumpur sedimentasi yang harus dikelola secara benar (Crittenden et al., 2012; Kawamura, 2000).

Residu pengolahan air minum yang menggunakan koagulan berbasis aluminium dikenal sebagai *alum sludge* atau *water treatment sludge*. Limbah tersebut dapat mengandung aluminium hidroksida, padatan tersuspensi, bahan organik alami, partikel tanah liat, besi, mangan, dan berbagai kontaminan yang dipisahkan dari air baku. Karakteristiknya sangat ditentukan oleh kualitas air baku, dosis koagulan, kondisi musim, serta kinerja unit pengolahan. Apabila dibuang langsung ke badan air, lumpur pengolahan air dapat meningkatkan kekeruhan, menyebabkan pendangkalan, mengubah kondisi kimia air, dan mengganggu ekosistem akuatik (Babatunde & Zhao, 2007; Zhao et al., 2021).

Isu pengelolaan *water treatment sludge* menjadi perhatian global karena volume timbulannya terus meningkat seiring pertumbuhan kebutuhan air minum. Castro-Jiménez et al. (2024) menunjukkan bahwa *water treatment sludge* memiliki komposisi mineral yang signifikan, seperti aluminium oksida, silikon dioksida, dan besi oksida, sehingga di satu sisi

berpotensi menimbulkan beban pencemaran, tetapi di sisi lain juga memiliki peluang pemanfaatan kembali. Di banyak negara berkembang, residu instalasi pengolahan air masih dibuang langsung ke badan air atau tempat pembuangan akhir, padahal praktik ini dapat berdampak terhadap kualitas air, air tanah, dan kehidupan akuatik (Ahmad et al., 2017; Vishwajith et al., 2023).

Perumda Air Minum Tirta Negoro Kabupaten Sragen merupakan penyedia layanan air bersih utama di Kabupaten Sragen. Perusahaan ini menggunakan kombinasi sumber air baku, yaitu air permukaan dari Sungai Bengawan Solo dan air tanah dari sumur dalam. Kombinasi sumber ini menghasilkan karakteristik limbah yang relatif kompleks. Air permukaan membawa sedimen dan material organik yang cenderung meningkat pada musim hujan, sedangkan air tanah di beberapa wilayah membawa kandungan mineral seperti besi dan mangan. Kondisi tersebut menuntut sistem pengelolaan limbah yang mampu mengakomodasi fluktuasi volume dan karakteristik limbah.

Hasil observasi awal dalam skripsi menunjukkan bahwa Perumda Air Minum Tirta Negoro belum memiliki sistem pengolahan lumpur yang memadai. Limbah dari pencucian filter dan pengurasan bak sedimentasi masih dialirkan menuju saluran irigasi yang bermuara ke badan air tanpa pengolahan khusus. Praktik tersebut berpotensi tidak sejalan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup serta Peraturan Daerah Kabupaten Sragen Nomor 3 Tahun 2025 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang menekankan kewajiban pelaku usaha untuk mengendalikan pencemaran dan mengelola limbah dari kegiatan operasionalnya.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa limbah instalasi pengolahan air minum dapat dimanfaatkan kembali melalui prinsip pengurangan, penggunaan kembali, dan pemulihan sumber daya. Ahmad et al. (2016) menekankan pengelolaan *sludge* berbasis konsep 3R, sedangkan Koley et al. (2025) menunjukkan bahwa pemanfaatan *sludge* dapat mendukung peningkatan kualitas air dan pengurangan beban lingkungan. Sucahyo et al. (2018) meneliti pemanfaatan lumpur PDAM Cilacap sebagai bahan batu bata, sedangkan Prayitno dan Rahma (2022) mengkaji penggunaan lumpur sebagai bahan campuran paving block. Mahanna et al. (2024) dan Bhusal et al. (2025) menunjukkan peluang pemanfaatan lumpur berbasis alum untuk bahan konstruksi. Selain itu, Sousa et al. (2025), Landwehrkamp et al. (2025), dan Pajak et al. (2023) menempatkan lumpur pengolahan air sebagai adsorben potensial untuk penyisihan polutan. Penelitian Shawal et al. (2023) dan El Amri et al. (2025) juga mengarah pada pemulihan koagulan dan resirkulasi lumpur sebagai strategi ekonomi sirkular.

Meskipun penelitian tentang karakterisasi, pengolahan, dan pemanfaatan lumpur air minum telah berkembang, kajian spesifik mengenai Perumda Air Minum Tirta Negoro Sragen belum banyak dilakukan. Kesenjangan utama terletak pada belum tersedianya kajian yang menggabungkan karakteristik limbah, sistem pengelolaan eksisting, kendala implementasi, dan potensi pemanfaatan dalam satu studi kasus. Penelitian ini memiliki kebaruan karena memotret kondisi pengelolaan limbah pada perusahaan daerah air minum dengan kombinasi sumber air permukaan dan air tanah serta menekankan rekomendasi aplikatif yang dapat dilakukan secara bertahap sesuai kapasitas perusahaan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakteristik limbah cair, sistem pengelolaan eksisting, kendala yang dihadapi, dan potensi pemanfaatan limbah cair di Perumda Air Minum Tirto Negro Kabupaten Sragen. Hasil kajian diharapkan dapat menjadi dasar perbaikan tata kelola limbah, penyusunan prioritas pengolahan, dan pengembangan pemanfaatan limbah yang mendukung prinsip ekonomi sirkular di sektor penyediaan air minum daerah.

Tipe Artikel

Artikel ini merupakan artikel asli hasil penelitian. Naskah disusun dari penelitian skripsi mengenai evaluasi sistem pengelolaan limbah cair dan potensi pemanfaatannya di Perumda Air Minum Tirto Negro Kabupaten Sragen.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan strategi studi kasus tunggal terpancang. Pendekatan kualitatif dipilih karena tujuan penelitian bukan untuk menguji hubungan statistik, melainkan memahami secara mendalam kondisi pengelolaan limbah cair, kendala operasional, dan peluang pemanfaatan limbah pada satu objek penelitian tertentu. Studi kasus tunggal terpancang digunakan karena fokus penelitian telah ditentukan sejak awal, yaitu sistem pengelolaan limbah cair di Perumda Air Minum Tirto Negro Kabupaten Sragen.

Penelitian dilaksanakan di Perumda Air Minum Tirto Negro Kabupaten Sragen yang beralamat di Jalan Ronggowarsito Nomor 18, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah. Pelaksanaan penelitian berlangsung pada rentang Oktober 2025 sampai April 2026, mencakup pengumpulan materi, perizinan, observasi lapangan, wawancara, dokumentasi, penyusunan hasil, dan revisi. Unit analisis penelitian adalah sistem pengelolaan limbah cair yang meliputi sumber limbah, prosedur operasional, sumber daya manusia yang terlibat, dokumen pengelolaan, serta potensi pemanfaatan limbah.

Sumber data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi kondisi fisik instalasi, alur pembuangan limbah, kegiatan *backwash*, pengurasan sedimentasi, dan kondisi lingkungan sekitar titik pembuangan. Data primer juga diperoleh melalui wawancara mendalam semi-terstruktur dengan informan kunci, yaitu Kepala Sub Bagian Laboratorium, Operator Produksi, dan Kepala Instalasi Pengolahan Air. Data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan, regulasi lingkungan, literatur ilmiah, data operasional, dan hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan pengelolaan lumpur instalasi pengolahan air minum.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara mendalam, dan dokumentasi. Observasi diarahkan untuk merekam kondisi aktual pengelolaan limbah dari sumber hingga titik pembuangan. Wawancara diarahkan pada empat tema utama, yaitu karakteristik limbah cair, sistem pengelolaan eksisting, kendala pengelolaan, dan potensi pemanfaatan limbah. Dokumentasi digunakan untuk memperkuat data observasi dan wawancara melalui telaah dokumen operasional, foto, arsip perusahaan, regulasi, dan literatur.

Analisis data menggunakan model interaktif Miles et al. (2014), yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Reduksi data dilakukan dengan memilah informasi yang relevan dengan rumusan masalah. Penyajian data dilakukan dalam bentuk uraian naratif dan tabel ringkasan agar pola temuan lebih mudah dibaca. Penarikan kesimpulan dilakukan secara bertahap dengan membandingkan hasil wawancara, observasi, dokumentasi, dan literatur. Validitas data diperkuat melalui triangulasi sumber dan teknik, yaitu membandingkan keterangan antar informan serta mencocokkan hasil wawancara dengan kondisi lapangan dan dokumen pendukung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perumda Air Minum Tirto Negoro merupakan Badan Usaha Milik Daerah yang menjalankan fungsi pelayanan air bersih di Kabupaten Sragen. Perusahaan ini telah berkembang dari pengelola sarana air bersih menjadi Perusahaan Umum Daerah berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Sragen Nomor 17 Tahun 2019. Cakupan pelayanan perusahaan tersebar melalui beberapa cabang wilayah, dengan pelanggan aktif sekitar puluhan ribu sambungan rumah tangga dan nonrumah tangga. Dari sisi visi, perusahaan menempatkan profesionalisme dan wawasan lingkungan sebagai orientasi organisasi. Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa aspek pengelolaan limbah belum sepenuhnya sejalan dengan visi tersebut.

Proses pengolahan air di Perumda Air Minum Tirto Negoro pada dasarnya mengikuti alur konvensional yang meliputi pengambilan air baku, koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, penampungan, dan distribusi. Pada setiap tahap tersebut, khususnya sedimentasi dan filtrasi, terbentuk residu yang harus dikelola. Limbah cair dominan berasal dari pencucian filter atau *backwash* dan pengurasan bak sedimentasi. Limbah tambahan berasal dari kegiatan penunjang, seperti laboratorium dan aktivitas domestik, meskipun volumenya lebih kecil dibandingkan limbah proses utama.

Karakteristik limbah cair menunjukkan perbedaan sesuai sumber air baku. Pada unit yang mengolah air dari Sungai Bengawan Solo, limbah cenderung berwarna cokelat pekat karena membawa sedimen halus, material aluvial, dan flok hasil koagulasi. Beban sedimen meningkat pada musim hujan akibat erosi dan limpasan permukaan di daerah tangkapan air. Pada unit yang menggunakan sumur dalam, limbah *backwash* lebih menonjolkan warna kecokelatan atau kehitaman yang mengindikasikan kandungan besi dan mangan dari media filtrasi. Kondisi ini menjadikan limbah Perumda Air Minum Tirto Negoro tidak hanya berupa lumpur kimiawi dari proses koagulasi, tetapi juga membawa mineral khas air tanah.

Ketiadaan data uji laboratorium khusus untuk limbah menjadi keterbatasan penting dalam pengelolaan eksisting. Informan menyatakan bahwa parameter limbah belum dipantau secara rutin, sehingga perusahaan belum memiliki profil kuantitatif yang lengkap mengenai *Total Suspended Solids* (TSS), pH, sisa klor, aluminium, besi, mangan, *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Biological Oxygen Demand* (BOD). Dalam konteks pengendalian pencemaran, ketiadaan data ini membuat perusahaan sulit mengevaluasi kepatuhan terhadap baku mutu, menghitung beban pencemar, dan menentukan desain unit pengolahan yang tepat. Kondisi ini berbeda dengan beberapa studi lain yang telah melakukan karakterisasi laboratorium, seperti Barakwan et al. (2019) dan Fitri (2019).

Tabel 1. Perbandingan karakteristik limbah dengan baku mutu

No	Parameter	Satuan	Karakteristik Limbah di PDAM Sragen	Baku Mutu	Dampak Jika Melebihi Ambang Batas
1	TSS	mg/L	Sangat tinggi, terutama saat pengurasan sedimentasi dan musim hujan	50-100	Pendangkalan saluran drainase dan gangguan ekosistem perairan
2	pH	-	Fluktuatif dan berpotensi asam akibat penggunaan koagulan alum	6,0-9,0	Gangguan biota akuatik dan potensi korosi jaringan pipa
3	Sisa klor	mg/L	Dapat terdeteksi dari air <i>backwash</i> setelah proses desinfeksi	1,0	Bersifat toksik bagi mikroorganisme air
4	Besi (Fe)	mg/L	Cenderung tinggi pada unit yang menggunakan sumber air sumur dalam	5,0	Warna karat, bau logam, dan endapan pada saluran air
5	Mangan (Mn)	mg/L	Menonjol pada wilayah dengan kandungan mineral tinggi	2,0	Endapan hitam pada saluran air dan tanah

Sumber: Hasil observasi dan wawancara, 2026.

Tabel 1 menunjukkan bahwa parameter prioritas yang perlu dipantau adalah TSS, pH, sisa klor, besi, dan mangan. TSS menjadi parameter paling mendesak karena karakteristik air baku Sungai Bengawan Solo sangat dipengaruhi musim. Pada musim hujan,

peningkatan kekeruhan air baku menyebabkan peningkatan dosis koagulan dan frekuensi pengurasan sedimentasi. Akibatnya, volume dan densitas lumpur meningkat. Tanpa unit pengendapan atau pengeringan yang memadai, residu tersebut dapat terbawa ke saluran irigasi dan memperbesar risiko pendangkalan.

Sistem pengelolaan limbah cair eksisting masih bersifat konvensional. Limbah dari *backwash*, pengurasan sedimentasi, dan kegiatan penunjang dikumpulkan melalui saluran drainase internal, kemudian dialirkan menuju saluran irigasi yang bermuara ke badan air. Belum terdapat bak penampung awal, *thickener*, *sludge drying bed*, atau unit *dewatering* yang secara khusus dirancang untuk memisahkan fasa padat dan cair. Dengan demikian, proses pengurangan beban pencemar sebelum pembuangan belum berjalan secara optimal.

Temuan tersebut menunjukkan ketidaksesuaian antara kondisi eksisting dan kewajiban pengelolaan lingkungan. Regulasi nasional dan daerah mewajibkan pelaku usaha mengelola limbah agar tidak menyebabkan pencemaran serta memperkuat perlindungan dan pengelolaan lingkungan di tingkat daerah (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, 2021; Peraturan Daerah Kabupaten Sragen Nomor 3 Tahun 2025, 2025). Pembuangan langsung tanpa pengolahan berpotensi menimbulkan risiko administratif, reputasional, dan ekologis bagi perusahaan, terutama karena badan air penerima memiliki fungsi sosial dan ekonomi bagi masyarakat sekitar.

Risiko pencemaran lingkungan tidak hanya berkaitan dengan volume limbah, tetapi juga kandungan kimianya. Lumpur hasil koagulasi berpotensi membawa aluminium sisa koagulan, sedangkan air tanah membawa besi dan mangan yang tertangkap pada media filtrasi. Fitri (2019) menemukan bahwa pembuangan lumpur PDAM dapat meningkatkan risiko terhadap kualitas air sungai. Castro-Jiménez et al. (2024) juga menekankan pentingnya karakterisasi *sludge* untuk menentukan opsi pengelolaan yang memadai. Oleh karena itu, Perumda Air Minum Tirta Negoro perlu memulai pemantauan rutin dan penyusunan data dasar karakteristik limbah sebagai prasyarat perencanaan teknologi pengolahan.

Kendala pengelolaan limbah dapat dikelompokkan menjadi kendala teknis, manajerial, dan sarana prasarana. Kendala teknis meliputi penurunan efisiensi unit sedimentasi dan filtrasi akibat penumpukan kerak mineral, belum tersedianya sistem pengeringan lumpur yang memadai, dan ketiadaan instrumentasi kontrol dosis koagulan. Belum adanya hubungan otomatis antara sensor kekeruhan dan pompa dosis kimia dapat menyebabkan *overdosing* koagulan pada saat air baku sangat keruh. Kondisi ini memperbesar biaya operasional dan meningkatkan kompleksitas karakteristik limbah.

Kendala manajerial tampak pada rendahnya prioritas pengelolaan limbah dibandingkan target produksi dan distribusi air kepada pelanggan. Pengelolaan limbah masih dipandang sebagai beban biaya, bukan sebagai bagian dari proses produksi yang berkelanjutan. Koordinasi antarbagian juga belum kuat. Informasi dari laboratorium belum selalu terhubung dengan tindakan teknis di bagian produksi atau perencanaan. Selain itu, belum terdapat indikator kinerja khusus untuk pengelolaan limbah dan belum tersedia pelatihan berkala mengenai teknologi *sludge treatment*, pemantauan baku mutu, dan pemanfaatan residu.

Kendala sarana prasarana berkaitan dengan kapasitas bak penampungan yang terbatas, pipa pembuangan yang sudah tua, keterbatasan alat pengerukan lumpur, dan minimnya prasarana pemantauan kualitas pada titik outlet. Keterbatasan ini menyebabkan respons perusahaan terhadap timbulan limbah bersifat reaktif. Apabila terjadi peningkatan kekeruhan air baku pada musim hujan, sistem eksisting tidak memiliki cadangan kapasitas yang cukup untuk menampung dan mengolah peningkatan volume lumpur secara terkendali.

Dari sisi potensi pemanfaatan, literatur menunjukkan bahwa lumpur instalasi pengolahan air minum dapat menjadi sumber material bernilai. Kandungan aluminium, silika, dan besi membuka peluang pemanfaatan sebagai bahan konstruksi, adsorben, sumber pemulihan koagulan, serta media tanam non-pangan. Namun, potensi tersebut harus disesuaikan dengan kondisi lokal, kemampuan teknis, ketersediaan lahan, akses pasar, dan kebutuhan investasi. Untuk Perumda Air Minum Tirta Negoro, prioritas harus dimulai dari strategi yang sederhana, murah, dan dapat segera diterapkan.

Resirkulasi air backwash merupakan opsi paling realistis untuk tahap awal. Air hasil pencucian filter yang masih relatif dapat diolah kembali dapat dialirkan ke unit awal pengolahan melalui modifikasi perpipaan dan penambahan pompa sirkulasi. Strategi ini dapat mengurangi volume limbah yang dibuang sekaligus meningkatkan efisiensi pemakaian air baku. El Amri et al. (2025) menunjukkan bahwa resirkulasi lumpur dalam proses pengolahan air dapat menurunkan kebutuhan bahan kimia dan memberi manfaat ekonomi. Meskipun kondisi Sragen memerlukan uji teknis tersendiri, prinsip resirkulasi dapat menjadi langkah awal menuju sistem tertutup yang lebih berkelanjutan.

Pemanfaatan lumpur kering untuk industri lokal juga relevan karena Sragen memiliki aktivitas kerajinan dan bahan bangunan yang dapat menjajaki penggunaan material substitusi. Lumpur kering dari *sludge drying bed* berpotensi menjadi bahan campuran produk berbasis tanah liat seperti batu bata, genteng, atau *paving block* dalam skala uji coba. Hasil penelitian Sucahyo et al. (2018), Prayitno dan Rahma (2022), Mahanna et al. (2024), dan Bhusal et al. (2025) mendukung arah pemanfaatan tersebut, meskipun implementasi di Sragen tetap memerlukan uji kualitas produk dan uji keamanan lingkungan.

Pemanfaatan sebagai media tanam non-pangan dapat diterapkan sebagai program percontohan internal, misalnya untuk penghijauan area kantor atau stabilisasi lahan tidak produktif. Opsi ini relatif mudah, tetapi harus dilakukan secara hati-hati karena lumpur dapat mengandung aluminium atau logam lain. Oleh karena itu, penggunaan untuk tanaman pangan tidak disarankan sebelum ada uji toksisitas dan uji kandungan logam. Untuk tahap awal, campuran lumpur kering dengan bahan organik dapat dikembangkan sebagai media tanam ornamental atau tanaman penghijauan nonkonsumsi.

Kolaborasi dengan Pemerintah Kabupaten Sragen juga penting karena isu limbah tidak berdiri sendiri. Pemerintah daerah sedang memiliki kepentingan dalam penguatan pengelolaan limbah domestik dan sanitasi. Perumda Air Minum Tirta Negoro dapat menjajaki peran kelembagaan dalam layanan limbah terjadwal atau dukungan pengembangan infrastruktur pengolahan. Kolaborasi ini dapat membantu perusahaan memperoleh dukungan pembiayaan, memperkuat kepatuhan regulasi, dan mengintegrasikan pengelolaan limbah air minum dengan agenda lingkungan daerah.

Tabel 2. Prioritas rekomendasi pemanfaatan limbah

Prioritas	Jenis Pemanfaatan	Tingkat Kesulitan	Manfaat	Keterangan
1	Resirkulasi air <i>backwash</i>	Rendah	Tinggi	Mudah, murah, dan dapat segera direalisasikan
2	Pemanfaatan untuk industri lokal	Rendah	Sedang	Membutuhkan kemitraan dan uji material sederhana
3	Media tanam non-pangan	Rendah	Rendah	Cocok untuk pilot project dan edukasi publik
4	Kolaborasi dengan Pemkab Sragen	Sedang	Tinggi	Memerlukan koordinasi lintas sektor
5	Pemulihan koagulan	Tinggi	Tinggi	Membutuhkan investasi dan uji laboratorium
6	Bahan konstruksi massal	Tinggi	Tinggi	Membutuhkan investasi, standardisasi, dan uji kualitas

Sumber: Analisis peneliti, 2026.

Berdasarkan Tabel 2, strategi pengelolaan sebaiknya dilakukan secara bertahap. Tahap pertama adalah pengendalian sumber melalui pemantauan kualitas limbah, pembuatan bak penampung awal, dan resirkulasi air *backwash*. Tahap kedua adalah pembangunan *sludge drying bed* sederhana untuk mengurangi kadar air lumpur dan menghasilkan lumpur kering yang lebih mudah ditangani. Tahap ketiga adalah pengembangan pemanfaatan bersama mitra lokal. Tahap keempat, setelah data laboratorium dan kapasitas kelembagaan tersedia, perusahaan dapat mempertimbangkan teknologi yang lebih kompleks seperti pemulihan koagulan, adsorben, atau pemanfaatan bahan konstruksi massal.

Secara teoretis, temuan penelitian ini memperkuat pandangan bahwa limbah instalasi pengolahan air minum tidak hanya harus dilihat sebagai beban, tetapi juga sebagai sumber daya sekunder. Pendekatan ekonomi sirkular menempatkan residu sebagai material yang perlu dikurangi, dipulihkan, dan dimanfaatkan kembali. Namun, transisi menuju ekonomi sirkular tidak dapat dilakukan secara instan. Untuk konteks perusahaan daerah dengan keterbatasan investasi, strategi yang realistis adalah memulai dari langkah murah, berbasis

data, dan mudah diawasi. Dengan demikian, penguatan pemantauan dan pengolahan dasar merupakan fondasi sebelum pengembangan pemanfaatan bernilai ekonomi.

Keterbatasan utama penelitian ini adalah tidak dilakukannya uji laboratorium terhadap sampel limbah. Data karakteristik limbah diperoleh dari observasi, wawancara, dan perbandingan dengan literatur sejenis. Oleh sebab itu, rekomendasi yang bersifat teknis masih perlu dilengkapi dengan pengujian parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi. Penelitian lanjutan juga perlu melakukan analisis tekno-ekonomi untuk menentukan kelayakan investasi *sludge drying bed*, *belt filter press*, atau sistem resirkulasi. Meskipun demikian, penelitian ini memberikan gambaran awal yang penting mengenai arah perbaikan sistem pengelolaan limbah cair di Perumda Air Minum Tirta Negoro Kabupaten Sragen.

Agar rekomendasi dapat diterapkan secara realistis, perbaikan pengelolaan limbah perlu disusun sebagai peta jalan bertahap. Tahap jangka pendek harus diarahkan pada penguatan data dasar, karena keputusan teknis tidak dapat dibuat tanpa informasi kualitas dan kuantitas limbah yang memadai. Perusahaan perlu menetapkan titik pantau outlet, frekuensi pengujian, parameter prioritas, format pencatatan, dan alur pelaporan internal. Data awal tersebut menjadi dasar untuk menghitung beban pencemar, memperkirakan kapasitas bak penampung, serta menentukan kebutuhan teknologi yang proporsional.

Tahap jangka menengah dapat diarahkan pada pembangunan unit pengolahan sederhana yang sesuai dengan kemampuan perusahaan. *Sludge drying bed* menjadi pilihan awal karena biaya investasi dan operasional relatif lebih rendah dibandingkan teknologi dewatering mekanik. Unit ini dapat digunakan untuk mengurangi kadar air lumpur, memudahkan pengangkutan, dan menyediakan bahan kering untuk uji pemanfaatan. Rekomendasi ini sejalan dengan perencanaan unit pengolahan lumpur pada Perumda Air Minum Kota Padang (Azizah et al., 2024) dan studi pengolahan lumpur IPA Taman Kota Jakarta Barat yang mempertimbangkan penggunaan *belt filter press* untuk reduksi volume lumpur (Julian et al., 2015). Apabila volume lumpur meningkat dan lahan terbatas, perusahaan dapat mempertimbangkan *belt filter press* atau *filter press* setelah tersedia analisis biaya manfaat yang jelas.

Tahap lanjutan diarahkan pada pembentukan kemitraan pemanfaatan limbah. Kerja sama dengan industri kerajinan, pelaku usaha bahan bangunan, perguruan tinggi, dan pemerintah daerah diperlukan untuk menguji mutu produk, keamanan lingkungan, serta model bisnis pemanfaatan. Pada tahap ini, perusahaan tidak hanya menurunkan beban pencemaran, tetapi juga membangun citra sebagai penyedia layanan air minum yang berwawasan lingkungan. Strategi ini sejalan dengan pendekatan hierarkis pengelolaan *sludge*, yaitu mengutamakan pengurangan, penggunaan kembali, pemulihan, dan pembuangan akhir yang aman (Zwane et al., 2024).

Tabel 3. Peta jalan perbaikan pengelolaan limbah cair

Tahap	Fokus Tindakan	Pelaksana Utama	Luaran yang Diharapkan
Jangka pendek	Pemantauan kualitas limbah, penyusunan	Laboratorium, produksi, dan bagian	Data dasar limbah dan standar kerja

	SOP, dan pencatatan volume backwash	teknik	pengelolaan
Jangka menengah	Pembangunan bak penampung awal, resirkulasi <i>backwash</i> , dan <i>sludge drying bed</i> sederhana	Direksi dan bagian teknik	Penurunan volume limbah cair dan lumpur lebih mudah ditangani
Jangka lanjutan	Kemitraan pemanfaatan lumpur kering dengan industri lokal dan perguruan tinggi	Manajemen, pemerintah daerah, dan mitra lokal	Produk uji coba dan skema ekonomi sirkular
Jangka panjang	Kajian teknologi dewatering mekanik, pemulihan koagulan, dan pemanfaatan material massal	Direksi, konsultan, dan lembaga penelitian	Model pengelolaan limbah yang lebih mandiri dan berkelanjutan

Sumber: Sintesis hasil penelitian, 2026.

SIMPULAN

Limbah cair Perumda Air Minum Tirta Negoro Sragen terutama berasal dari backwash filter dan pengurasan sedimentasi dengan karakteristik padatan tersuspensi tinggi, sisa koagulan aluminium, serta indikasi besi dan mangan yang dipengaruhi sumber air baku dan musim. Pengelolaan eksisting belum memadai karena limbah masih dibuang langsung tanpa pengolahan khusus. Kendala utama meliputi aspek teknis, manajerial, sarana prasarana, dan minimnya pemantauan kualitas. Perusahaan disarankan memulai perbaikan melalui pemantauan rutin, pembangunan *sludge drying bed* sederhana, resirkulasi air *backwash*, penyusunan prosedur operasional, pelatihan sumber daya manusia, serta kemitraan pemanfaatan limbah berbasis ekonomi sirkular.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T., Ahmad, K., & Alam, M. (2016). Sustainable Management Of Water Treatment Sludge Through 3R Concept. *Journal Of Cleaner Production*, 124, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.073>
- Ahmad, T., Ahmad, K., & Alam, M. (2017). Sludge Quantification At Water Treatment Plant And Its Management Scenario. *Environmental Monitoring And Assessment*, 189(453), 1-10. <https://doi.org/10.1007/S10661-017-6166-1>
- Azizah, R. N., Mardiamon, R., & Fajar, M. (2024). Perencanaan Bangunan Pengolahan Lumpur Studi Kasus: Perumda Air Minum Kota Padang (IPA Lubuk Paraku). *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 9(2), 94-101.

- Babatunde, A. O., & Zhao, Y. Q. (2007). Constructive Approaches Towards Water Treatment Works Sludge Management: An International Review Of Beneficial Re-Uses. *Critical Reviews In Environmental Science And Technology*, 37(2), 129-164. <https://doi.org/10.1080/10643380600776239>
- Barakwan, R. A., Trihadiningrum, Y., & Bagastyo, A. Y. (2019). Characterization Of Alum Sludge From Surabaya Water Treatment Plant, Indonesia. *Journal Of Ecological Engineering*, 20(5), 7-13. <https://doi.org/10.12911/22998993/104619>
- Bhusal, M.R., Fonseka, C.W., Muthukumaran, S. *Et Al*. Water Treatment Sludge As A Partial Cement Replacement Material: Preliminary Investigations And Future Perspectives. *Innov. Infrastruct. Solut.* **10**, 447 (2025). <https://doi.org/10.1007/S41062-025-02236-Y>
- Castro-Jiménez, C. C., Saldarriaga-Molina, J. C., & García, E. F. (2024). Physical-Chemical Characterisation Of An Alum-Based Water Treatment Sludge In Different Raw Water Turbidity Scenarios. *Heliyon*, 10(17), E37579. <https://doi.org/10.1016/J.Heliyon.2024.E37579>
- Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, G. (2012). *MWH's Water Treatment: Principles And Design* (3rd Ed.). John Wiley & Sons.
- El Amri, R., Zahnoune, R., Boudouch, O. *Et Al*. Optimization Of Sludge Recirculation For Sustainable Water Treatment At Ait Massoud Dam Morocco. *Discov Water* **5**, 54 (2025). <https://doi.org/10.1007/S43832-025-00252-8>
- Fitri, H. (2019). Dampak Pembuangan Lumpur Perusahaan Daerah Air Minum Kota Pontianak Terhadap Kualitas Air Sungai Kapuas. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1-10. <https://doi.org/10.26418/Jtlb.V1i1.1899>
- Julian, D. A., Lindu, M., & Winarni, W. (2015). Studi Pengolahan Lumpur Instalasi Pengolahan Air Minum Taman Kota - Jakarta Barat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 24(1), 45-58. <https://doi.org/10.5614/Jtl.2020.24.1.5>
- Kawamura, S. (2000). *Integrated Design And Operation Of Water Treatment Facilities* (2nd Ed.). John Wiley & Sons.
- Koley, S., Singh, G. D., Khwairakpam, M., & Kalamdhad, A. S. (2025). Sustainable Water Treatment: Leveraging Drinking Water Treatment Sludge For Enhanced Water Quality. *Environmental Technology*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/09593330.2025.2547045>
- Landwehrkamp, L., Bogunovic-Koljaja, M., Sultana, M., Ivancev-Tumbas, I., & Panglisch, S. (2025). A Systematic Approach Towards A Zero-Waste Water Treatment: Clay-Carbon Composite Adsorbents Made From Drinking Water Treatment Sludge. *Npj Clean Water*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/S41545-025-00507-W>
- Mahanna, H., Salah, H., Mansour, A., Elareed, A., Abadel, A. A., Nehdi, M. L., & Tahwia, A. M. (2024). Eco-Efficient Reuse Of Alum-Based Water Treatment Sludge Into Structural Sintering Bricks. *Case Studies In Construction Materials*, 20, E03011. <https://doi.org/10.1016/J.Cscm.2024.E03011>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook* (3rd Ed.). SAGE Publications.

- Pajak, M., Król, A., & Tora, B. (2023). Alum Sludge As An Adsorbent For Inorganic And Organic Pollutants Removal From Aqueous Solutions: A Review. *International Journal Of Environmental Science And Technology*, 20, 10953-10978. <https://doi.org/10.1007/S13762-023-04854-4>
- Peraturan Daerah Kabupaten Sragen Nomor 3 Tahun 2025 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. (2025).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. (2021).
- Prayitno, A. H., & Rahma, N. S. (2022). Paving Block Ramah Lingkungan Berbasis Lumpur Dari Instalasi Pengolahan Air Minum. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan*, 17(1), 9-15.
- Shawal, N. B. M., Razali, N. A., Hairom, N. H. H., Yatim, N. I. I., Kasan, N., & Hamzah, S. (2023). Parametric Study Of Coagulant Recovery From Water Treatment Sludge Toward Water Circular Economy. *Water Science And Technology*, 88(12). <https://doi.org/10.2166/Wst.2023.398>
- Sousa, D., Bernardo, M., Matos, I. Et Al. Key Properties Of Drinking Water Treatment Residuals For Their Effective Reuse As Phosphate Adsorbents. *Environ. Process*. 12, 39 (2025). <https://doi.org/10.1007/S40710-025-00780-4>
- Sucahyo, E. S., Firdaus, N. A., & Lintang, L. (2018). Pengelolaan Dan Pemanfaatan Limbah Lumpur PDAM Cilacap. *Jurnal Georafflesia*, 3(2), 96-104.
- Vishwajith, A. G. H., Mahanama, K. R. R., & Wijesinghe, L. P. R. J. (2023). Investigation On The Effective Disposal Of Sludge From A Water Treatment Plant. *Water Practice And Technology*, 18(1), 130-139. <https://doi.org/10.2166/Wpt.2022.160>
- Zhao, Y. Q., Liu, R., & Wei, J. (2021). Waterworks Sludge: An Underrated Material For Beneficial Reuse In Water And Environmental Engineering. *Waste And Biomass Valorization*, 12, 4239-4251. <https://doi.org/10.1007/S12649-020-01232-W>
- Zwane, Q. I., Tshangana, C. S., Mahlangu, O. T., Snyman, L. W., Msagati, T. A. M., & Muleja, A. A. (2024). Hierarchical Approach To The Management Of Drinking Water Sludge Generated From Alum-Based Treatment Processes. *Processes*, 12(9), 1863. <https://doi.org/10.3390/Pr12091863>