

EVALUASI PENGELOLAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) APARTEMEN: STUDI KASUS EMPAT APARTEMEN DI JAKARTA TIMUR

Yuzzaini Dwi Kurniawati¹, Ipung Fitri Purwanti²

Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia^{1,2}

Email: ipung_fp@its.ac.id²

Abstrak

Pengelolaan IPAL merupakan komponen penting dalam menjaga kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat, terutama di lingkungan padat penduduk dan meningkatnya pembangunan hunian vertikal di Jakarta Timur dengan jumlah penduduk terbanyak di Jakarta berdasarkan data BPS 2023. Apartemen merupakan hunian yang menghasilkan air limbah setiap harinya berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik, berdasarkan pada kondisi eksisting yang ada di lapangan, didapati masih adanya apartemen yang belum mengelola IPAL dengan baik seperti tidak beroperasinya IPAL secara optimal. Aspek teknis dan aspek Sumber Daya Manusia (SDM) sangat berperan dalam pengelolaan IPAL di Apartemen dalam mengoperasikan dan memelihara sistem IPAL. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengelolaan IPAL Apartemen ditinjau dari aspek teknis dan SDM dengan studi kasus empat apartemen di Jakarta Timur. Metode yang digunakan adalah pengambilan sampel air limbah domestik di empat apartemen dengan kategori *low rise*, *medium rise*, dan *high rise* kemudian dibandingkan dengan standar yang ditetapkan dalam Permen LHK No. 68 Tahun 2016. Kemudian dilakukan evaluasi teknis berdasarkan kapasitas, baku mutu, dan efisiensi penyisihan. Analisis SDM dilakukan secara deskriptif untuk menilai kompetensi serta kebiasaan penghuni dalam pengelolaan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa apartemen dengan kategori *low rise* dan *high rise* telah memenuhi baku mutu, kapasitas, dan efisiensi penyisihan yang diharapkan. Dari aspek SDM, manajemen dan operator di apartemen-apartemen tersebut memiliki kompetensi dalam pengelolaan IPAL, sedangkan pada apartemen kategori *medium rise* masih belum memenuhi baku mutu dan efisiensi penyisihan yang diharapkan hal ini disebabkan karena unit IPAL yang mengalami kerusakan pada blower dan tidak tersedianya operator yang memiliki sertifikat kompetensi dalam mengoperasikan IPAL.

Kata Kunci: Apartemen, Air limbah, IPAL

Abstract

IPAL management is an important component in maintaining environmental quality and public health, especially in densely populated areas and the increasing development of vertical housing in East Jakarta with the largest population in Jakarta based on BPS 2023 data. Apartments are residences that produce waste water every day, which has the potential to pollute the environment if not managed well, based on the existing conditions in the field, it was found that there were still apartments that had not managed the IPAL properly, such as the IPAL not operating optimally. Technical aspects and Human Resources (HR) aspects play a very important role in managing IPAL in Apartments in operating and maintaining the IPAL system. This research aims to evaluate the management of IPAL Apartments in

terms of technical and human resource aspects with a case study of four apartments in East Jakarta. The method used is taking domestic wastewater samples in four apartments in the low rise, medium rise and high rise categories and then comparing them with the standards set in Minister of Environment and Forestry Regulation No. 68 of 2016. Then a technical evaluation is carried out based on capacity, quality standards and allowance efficiency. HR analysis is carried out descriptively to assess the competency and habits of residents in environmental management. The research results show that apartments in the low rise and high rise categories have met the expected quality standards, capacity and allowance efficiency. From the HR aspect, management and operators in these apartments have competence in managing IPALs, whereas in medium rise category apartments they still do not meet the expected quality standards and allowance efficiency. This is due to the IPAL unit having damage to the blower and the unavailability of qualified operators. have a competency certificate in operating IPAL.

Keywords: Apartments, Wastewater, WWTP

Pendahuluan

Pertumbuhan populasi di perkotaan dan peningkatan pembangunan apartemen di kota-kota besar seperti Jakarta Timur telah menyebabkan peningkatan signifikan dalam produksi air limbah domestik. Air limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari lingkungan, mengancam kesehatan masyarakat, dan merusak ekosistem air. Oleh karena itu, pengelolaan air limbah menjadi isu kritis dalam manajemen lingkungan perkotaan. Menurut pusat penelitian Pengembangan Perkotaan dan Lingkungan DKI Jakarta, mengindikasikan bahwa 80% sumber pencemaran sungai di Jakarta berasal dari limbah rumah tangga, sedangkan 20% berasal dari limbah industry (Setianto & Fahritsani, 2019; Wirawan, 2019). Implikasi dari temuan ini menekankan pentingnya penanganan limbah domestik rumah tangga untuk mengurangi dampak negatif terhadap kualitas air di wilayah metropolitan DKI Jakarta.

Pemerintah melalui Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup melakukan upaya untuk menjamin perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, setiap usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan air limbah wajib mengolah air limbah terlebih dahulu sebelum dilepas kembali ke media lingkungan. Salah satunya adalah usaha kegiatan properti yaitu apartemen yang menghasilkan air limbah domestik juga wajib melakukan penanganan air limbah domestik sebelum dibuang ke badan air.

Penelitian terdahulu telah banyak membahas analisis kegagalan dalam sistem IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) itu sendiri. Suparmadja (2015) mengidentifikasi berbagai masalah teknis yang menyebabkan inefisiensi dalam sistem IPAL. Simamora & Kurniati (2009) menyoroti pentingnya pemeliharaan dan pengelolaan yang baik dalam menjaga kinerja IPAL. Rimantho (2019) mengkaji kegagalan operasional yang sering terjadi dalam pengolahan air limbah, sementara Annisa (2022) mengemukakan tantangan dalam implementasi teknologi pengolahan limbah yang efektif. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut kurang memberikan perhatian pada evaluasi pengelola air limbah di apartemen-apartemen di kawasan urban yang padat penduduk seperti Jakarta Timur ditinjau dari aspek teknis dan aspek sumber daya manusia, sehingga pada penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengelolaan IPAL secara spesifik pada aspek teknis dan aspek sumber daya manusia di empat apartemen di Jakarta Timur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang berguna untuk meningkatkan pengelolaan air limbah domestik di lingkungan perkotaan khususnya pada apartemen, sehingga dapat membantu mengurangi dampak negatif terhadap kualitas air

dan lingkungan di Jakarta Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengelolaan IPAL Apartemen ditinjau dari aspek teknis dan SDM dengan studi kasus empat apartemen di Jakarta Timur.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengambilan sampel air limbah domestik di empat apartemen dengan kategori apartemen *low rise*, *medium rise*, dan *high rise* kemudian dilakukan pengambilan sampel air limbah dilakukan pada dua titik utama, yaitu *inlet* (sebelum masuk ke sistem IPAL) dan *outlet* (setelah keluar dari sistem IPAL) yang selanjutnya dilakukan analisis di laboratorium untuk mengukur berbagai parameter kualitas air sesuai dengan baku mutu limbah domestik yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Kemudian dilakukan evaluasi teknis berdasarkan kapasitas, kesesuaian terhadap baku mutu, dan efisiensi penyisihan pada masing-masing IPAL apartemen.

Penelitian ini juga melibatkan observasi lapangan dan wawancara dengan pengelola, operator IPAL dan penghuni apartemen di masing-masing apartemen untuk mengidentifikasi bagaimana aspek SDM pada pengelolaan air limbah di Apartemen. Data yang diperoleh dari observasi lapangan dan wawancara dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi pengelolaan IPAL. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis untuk meningkatkan pengelolaan air limbah di apartemen-apartemen di Jakarta Timur.

Air limbah yang dihasilkan oleh apartemen adalah air limbah domestik, secara umum pengelolaan air di apartemen melibatkan beberapa tahap utama: pengumpulan, pengolahan, dan pembuangan. Pada tahap pengumpulan, air limbah dari berbagai unit apartemen dikumpulkan melalui jaringan pipa yang dirancang khusus untuk mengalirkan limbah menuju Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Proses pengolahan pada IPAL di empat apartemen yang menjadi lokasi studi adalah pengolahan biologis yaitu *extended aeration* dan *Rotating Biological Reactor* (RBC).

Hasil dan Pembahasan

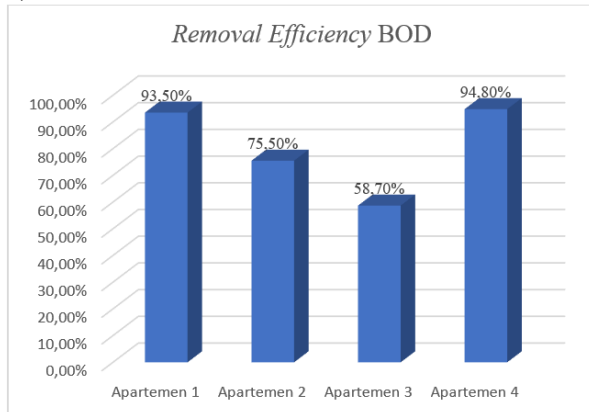
Berdasarkan hasil survei, Apartemen 1 yang termasuk dalam kategori *low rise* memiliki IPAL dengan kapasitas 100 m³/hari menggunakan teknologi *Rotating Biological Contactor* (RBC), yang terdiri dari grit chamber, bak pengendap awal, tiga unit RBC, bak pengendap akhir, dan bak klorinasi. Apartemen 2 yang tergolong kategori *medium rise* memiliki IPAL berkapasitas 180 m³/hari dengan teknologi *extended aeration*. Sementara itu, Apartemen 3, juga dalam kategori *medium rise*, memiliki IPAL berkapasitas 150 m³/hari dengan teknologi *extended aeration*. Terakhir, Apartemen 4, yang termasuk kategori *high rise*, memiliki IPAL berkapasitas 500 m³/hari dengan teknologi *extended aeration*. Dari keempat apartemen tersebut, tiga di antaranya menggunakan teknologi IPAL *extended aeration*, dengan unit-unit yang dimiliki adalah *grease trap*, *grit chamber*, *equalization tank*, *aeration tank*, *sedimentation tank*, *chlorination tank*, dan *effluent tank*.

Hasil analisis fisik pada titik outlet menunjukkan bahwa air di Apartemen 1 dan 4 memiliki warna bening, sedangkan air di Apartemen 2 berwarna keruh dan di Apartemen 3 berwarna kuning. Selanjutnya, analisis laboratorium dilakukan terhadap sampel air dari titik inlet dan outlet, yang menunjukkan variasi dalam efisiensi pengolahan air limbah di masing-masing apartemen.

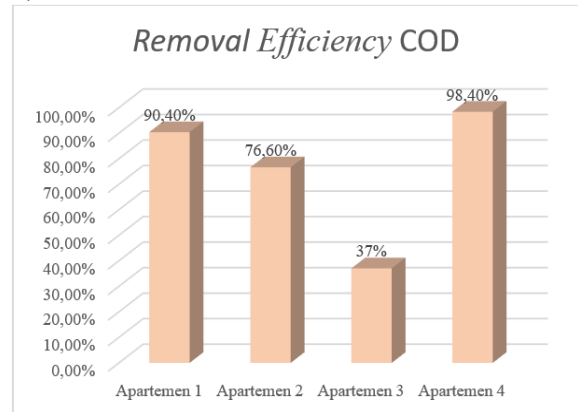
Berdasarkan Analisa di laboratorium diperoleh perhitungan sesuai tabel berikut :

Evaluasi Pengelolaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Apartemen: Studi Kasus Empat Apartemen di Jakarta Timur

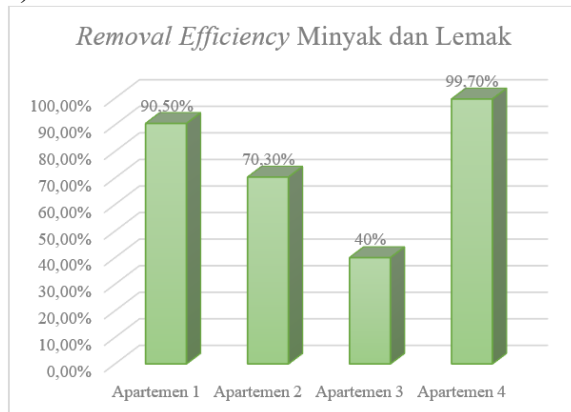
a)



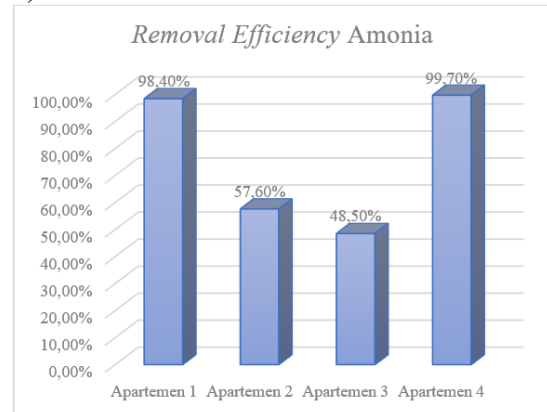
b)



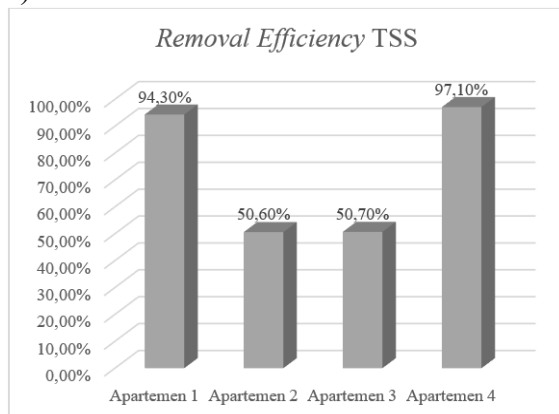
c)



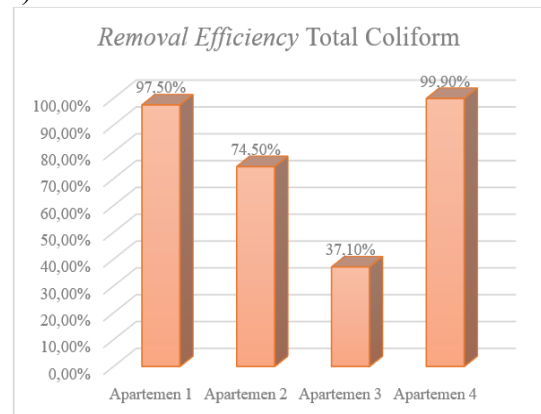
d)



e)



f)



Gambar 1. Grafik Efisiensi Penyisihan Berdasarkan Hasil Analisa Laboratorium

Berdasarkan nilai hasil uji laboratorium nilai efisiensi penyisihan TSS menunjukkan bahwa sistem pengolahan air limbah di apartemen 1, 2 dan 4 efektif dalam menghilangkan partikel padat sehingga memenuhi baku mutu sesuai Permen 68 Tahun 2016. Pada pemisahan minyak dan lemak apartemen saat ini menggunakan *grease trap* sehingga minyak dan lemak yang dihasilkan dari penghuni apartemen dapat berkurang sesuai ditunjukkan pada Tabel 1 bahwa *grease trap* dapat menurunkan kadar minyak dan

lemak sebesar 90-95%, akan tetapi pada apartemen 3 menunjukkan nilai efisiensi yang rendah, hal ini disebabkan karena kondisi IPAL apartemen 3 belum dilakukan pemeliharaan secara rutin, selain itu kondisi blower yang mati juga mengakibatkan sistem aerasi yang tidak cukup kuat atau tidak merata dapat menyebabkan minyak dan lemak tidak terdispersi dengan baik, mengurangi kontak dengan mikroorganisme (Mubarokah, 2010).

Tabel 1. Efisiensi Removal dengan IPAL Extended Aeration

No.	Unit Operasi	Efisiensi Penyisihan	
1.	<i>Grease Trap</i>	Oil & Grease	: 90 – 95%**
2.	<i>Grit Chamber</i>	TSS	: 0-10%*
3.	Bak Pengendap Pertama	TSS	: 50 – 65%*
		COD	: 30 – 40%*
		BOD	: 30 – 40%*
4.	<i>Extended Aeration</i>	BOD	: 80 – 90%*
		COD	: 80 – 90%*
		Ammonia	: 90 – 98%*
5.	<i>Secondary Sedimentation</i>	TSS	: 50 – 65%*
		BOD	: 30 – 40%*
		COD	: 30 – 40%*
6.	<i>Chlorination Tank</i>	Total	: 95 – 99,999%**
		Coliform	
7.	<i>Effluent Tank</i>	-	

Sumber : *Qasim (1986), **Permen PUPR No. 04/PRT/M/2017, 2017

Efisiensi penurunan COD pada apartemen 1, 2, dan 4 tergolong tinggi menunjukkan bahwa proses pengolahan berhasil dalam mengurangi bahan organik dan polutan kimiawi lainnya. Hasil effluent pada parameter COD ketiga apartemen tersebut juga memenuhi baku mutu. Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa sistem *extended aeration* dapat menurunkan kandungan COD pada bak sedimentasi dan bak aerasi. Bak aerasi dapat menurunkan COD 80-90%, pada bak aerasi terdapat blower (*loop blower aerator*) yang diletakkan pada dasar bak aerasi yang berfungsi untuk mencampur air limbah agar tetap dalam keadaan homogen. Selama periode aerasi terjadi proses adsorpsi, flokulasi, dan oksidasi bahan-bahan organik. Saat ini kondisi suplai udara yang berasal dari blower pada apartemen 3 tidak terpenuhi maka IPAL belum bekerja secara optimal sehingga mengakibatkan efisiensi penurunan COD yang rendah. Faktor yang mempengaruhi tingginya nilai COD adalah kurang lamanya waktu aerasi. COD memerlukan kebutuhan oksigen yang lebih tinggi daripada BOD karena bahan – bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme ikut teroksidasi (Adeogun et al., 2011; Setyono, 2019). Faktor lain yang dapat menyebabkan tingginya nilai COD karena sebagian besar bahan organik yang tidak dapat teroksidasi oleh bakteri aerob atau terjadi secara kimia (Setyono, 2019).

Efisiensi penurunan BOD yang tinggi menunjukkan bahwa proses aerasi sangat efektif dalam mengurangi beban organik pada apartemen 1, 2, dan 4. Sedangkan pada IPAL apartemen 3 masih rendah untuk penurunan BOD, hal ini dapat disebabkan karena kurang maksimalnya *surface aerator* yang berfungsi menyuplai udara ke dalam air limbah, sehingga oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk membantu proses penguraian bahan organik kurang (Setyono, 2019). Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi rendahnya *removal* BOD diantaranya adalah rendahnya oksigen pada bak

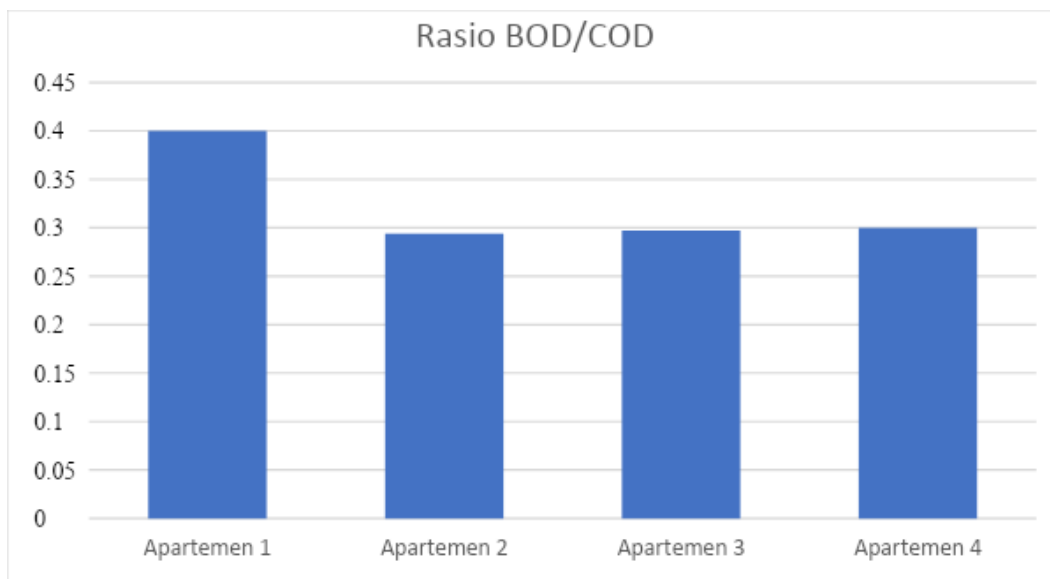
aerasi, konsentrasi MLSS yang rendah, nutrisi yang kurang seimbang, dan suhu yang bervariasi, sesuai pada Tabel 1 penurunan secara *extended aeration* pada tahap aerasi dapat menurunkan BOD 80-90%, sehingga dapat disimpulkan bahwa penurunan BOD dan COD yang rendah pada IPAL disebabkan karena:

- Konsentrasi oksigen terlarut dalam reaktor kurang, yang disebabkan oleh tidak kontinyunya reaktor beroperasi. Hal ini mempengaruhi *specific growth rate* dari bakteri pengurai BOD dan COD (Alim & Noor, 2022).
- Faktor desain aerator IPAL eksisting yang belum sesuai dengan kriteria (Phitamara et al., 2023).
- Fluktuasi temperatur yang tajam sehingga mengganggu pertumbuhan bakteri di reaktor (Alim & Noor, 2022).
- Ratio BOD5 dengan Total *Kjeldahl* Nitrogen (TKN) (Alim & Noor, 2022).

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa amonia dapat mengalami penurunan di bak aerasi, di dalam tahap ini terjadi proses nitrifikasi yang membutuhkan oksigen. Nitrifikasi adalah proses biologis di mana bakteri mengoksidasi amonia (NH_3) menjadi nitrat (NO_3^-) kemudian bakteri denitrifikasi mengurangi nitrat menjadi nitrogen gas, sehingga adanya suplai oksigen pada bak aerasi ini sangat penting dalam proses penurunan amonia pada IPAL. Efisiensi amonia pada apartemen 2 dan 3 memiliki nilai yang rendah hal ini dapat disebabkan karena kurangnya suplai oksigen untuk proses nitrifikasi.

Total coliform adalah indikator kualitas mikrobiologi air dan kehadiran patogen, efisiensi penurunan hampir sempurna pada apartemen 4 ini mengindikasikan bahwa sistem desinfeksi sangat efektif. Pada apartemen ini menggunakan klorinasi untuk proses desinfektannya. Penurunan ini penting untuk memastikan bahwa air limbah yang dibuang tidak mengandung mikroorganisme berbahaya yang dapat mencemari sumber air dan membahayakan kesehatan manusia.

Perhitungan rasio BOD dan COD dimaksudkan untuk mengetahui tingkat *biodegradable* limbah. Rasio BOD dan COD yang diperoleh dari hasil perhitungan pada 4 apartemen pada gambar 2.



Gambar 2. Rasio BOD/COD pada efluen IPAL

Hasil perhitungan Gambar 2 menunjukkan bahwa rasio BOD/COD pada masing-masing lokasi berkisar antara 0,2 sampai dengan 0,4 dimana angka tersebut masih berada berkisar antara 0,1 dan 1,0 kondisi ini disebut *Biodegradable*, dimana kondisi ini menunjukkan air limbah masih dapat diolah secara biologis (Samudro & Mangkoedihardjo, 2010).

Analisis perbandingan debit eksisting dengan debit maksimal dilakukan untuk mengetahui kapasitas pengolahan eksisting terhadap kapasitas maksimal IPAL saat ini apakah masih sesuai atau tidak. Debit eksisting diperoleh dari tabulasi penggunaan air bersih masing-masing apartemen yang dirata-rata kemudian dikali 80%, dimana air limbah yang dihasilkan adalah 80% dari penggunaan air bersih (Republik Indonesia, 2017). Perbandingan debit rencana dan debit eksisting dapat terlihat sesuai pada tabel berikut:

Tabel 2. Debit Maksimal dan Debit Eksisting

Lokasi IPAL	Debit Maksimal (m3/detik)	Debit Eksisting (m3/detik)
Apartemen 1	0,001157407	0,000539
Apartemen 2	0,002083333	0,001251
Apartemen 3	0,001736111	0,00109
Apartemen 4	0,005787037	0,0027864

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan kapasitas maksimum debit air limbah yang dihasilkan diketahui masing-masing apartemen masih dibawah kapasitas maksimal IPAL, sehingga apabila dibandingkan antara kapasitas pengolahan aktual dengan kapasitas maksimal IPAL yang tersedia saat ini, keempat apartemen tidak melebihi kapasitas, maka IPAL tidak mengalami *overload*.

Aspek teknis memegang peranan penting dalam pengelolaan air limbah di apartemen, termasuk perawatan yang optimal dan pengoperasian Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP). Selain aspek teknis, aspek sumber daya manusia juga sangat penting dalam pengelolaan air limbah di apartemen. Berdasarkan hasil observasi langsung dan wawancara dengan pengelola IPAL di empat apartemen, ditemukan bahwa pengelola apartemen 1 memiliki latar belakang pendidikan D3 Kimia dan telah mengikuti pelatihan pengelolaan air limbah. Pengelola apartemen 4 memiliki latar belakang pendidikan S1 Teknik Lingkungan dan sudah memiliki sertifikat kompetensi. Sementara itu, pengelola IPAL di apartemen lain memiliki pendidikan terakhir SMA/SMK dan belum memiliki sertifikat kompetensi. Apartemen 1 dan 4 memiliki sumber daya manusia yang memahami operasional IPAL, sehingga pengelolaan IPAL di kedua apartemen tersebut berjalan dengan baik. Kompetensi dan keterampilan SDM yang memadai sangat penting untuk memastikan bahwa sistem pengolahan air limbah berfungsi secara optimal dan memenuhi standar baku mutu sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Berdasarkan wawancara dengan operator IPAL, masih terdapat penghuni apartemen yang membuang sampah ke dalam saluran IPAL, yang menunjukkan kurangnya kesadaran penghuni mengenai pemeliharaan IPAL. Partisipasi aktif penghuni apartemen dalam praktik pengelolaan limbah sangat penting untuk menjaga kualitas air limbah yang akan dibuang ke saluran pembuangan. Tindakan seperti pemisahan awal limbah rumah tangga, pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya, dan pembuangan lemak serta minyak dengan cara yang tepat dapat secara signifikan

mengurangi beban yang harus ditangani oleh Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Quraini et al., 2022; Siswati et al., 2017).

Dalam penelitian ini, kuesioner disebarakan kepada penghuni apartemen dengan metode *random sampling* untuk mengukur tingkat pengetahuan mereka mengenai pengelolaan air limbah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar penghuni tidak menyadari adanya IPAL di apartemen mereka. Penghuni hanya mengetahui bahwa air limbah domestik yang mereka hasilkan dibuang ke dalam *septic tank*.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa apartemen dalam kategori *low rise* dan *high rise* telah memenuhi standar baku mutu, kapasitas, serta efisiensi penyisihan yang diharapkan. Manajemen dan operator di apartemen-apartemen tersebut memiliki kompetensi dan pengetahuan yang memadai mengenai operasional IPAL, sehingga pengelolaan IPAL berjalan dengan baik. Sebaliknya, apartemen dalam kategori *medium rise* belum memenuhi standar baku mutu dan efisiensi penyisihan yang diharapkan, yang disebabkan adanya kerusakan pada unit IPAL. Selain itu, penelitian ini menemukan bahwa kurangnya pemahaman dan partisipasi penghuni dalam pengelolaan limbah juga berkontribusi terhadap kurang optimalnya pengelolaan IPAL. Oleh karena itu, peningkatan pelatihan sumber daya manusia dan kesadaran penghuni mengenai pentingnya pengelolaan limbah yang baik sangat diperlukan untuk memastikan sistem pengelolaan air limbah berfungsi secara optimal.

BIBLIOGRAFI

- Adeogun, A. O., Chukwuka, A. V., & Ibor, O. R. (2011). Impact of abattoir and saw-mill effluents on water quality of upper Ogun River (Abeokuta). *American Journal of Environmental Sciences*, 7(6), 525.
- Alim, M. S., & Noor, R. (2022). Efisiensi Removal Bod Pada Conventional Activated Sludge Termodifikasi Attached Growth Media Di Ipal Rsud Ulin. *Barometer*, 7(1), 44–52.
- Annisa, A. (2022). *Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian Ispa Pada Lansia Di Wilayah Kerja Puskesmas Banjarbaru Utara Kota Banjarbaru*. Universitas Islam Kalimantan MAB.
- Mubarokah, I. (2010). Gabungan metode aerasi dan adsorpsi dalam menurunkan fenol dan cod pada limbah cair ukm batik purnama di desa kliwonan kecamatan masaran kabupaten sragen tahun 2010. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Phitamara, A., Adityosulindro, S., & Astuti, S. K. (2023). Asesmen Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit XYZ. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 15(2), 146–160.
- Quraini, N., Busyairi, M., & Adnan, F. (2022). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Berbasis Masyarakat Kelurahan Masjid Samarinda Seberang. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 6(1), 1–11.
- Republik Indonesia. (2017). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik. *Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia*.
- Rimantho, D. (2019). Analisis risiko potensi kegagalan proses penjernihan air limbah

- industri farmasi dengan pendekatan metode AHP. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 18(1), 79–86.
- Samudro, G., & Mangkoedihardjo, S. (2010). Review On BOD, COD And Bod/Cod Ratio: A Triangle Zone For Toxic, Biodegradable And Stable Levels. *International Journal of Academic Research*, 2(4).
- Setianto, H., & Fahritsani, H. (2019). Faktor determinan yang berpengaruh terhadap pencemaran sungai musi kota Palembang. *Media Komunikasi Geografi*, 20(2), 186–198.
- Setyono, T. R. I. (2019). *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Margasari Di Kota Balikpapan*. Universitas Islam Indonesia.
- Simamora, Y., & Kurniati, N. (2009). Analisis risiko pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL) PT Ajinomoto berdasarkan konsep manajemen risiko lingkungan. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Siswati, M., Syafrudin, S., & Sriyana, S. (2017). Uji Kriteria Manajemen dalam Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(1), 77–90.
- Suparmadja, A. (2015). *Analisis Risiko Dan Optimasi Kinerja Ipal Rumah Sakit Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA)*. Institut Technology Sepuluh Nopember.
- Wirawan, M. (2019). Kajian Kualitatif Pengelolaan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta. *Jurnal Riset Jakarta*, 12(2).

Copyright holder:

Yuzzaini Dwi Kurniawati, Ipung Fitri Purwanti (2024)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

