

# Analisis Efektivitas Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit X

Dimas Bagus Nugroho<sup>1</sup>, Nindy Callista Elvania<sup>1</sup> and Solikhati Indah Purwaningrum<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Bojonegoro, Bojonegoro

\* Correspondence author: [sindahpurwaningrum@gmail.com](mailto:sindahpurwaningrum@gmail.com); Telp: -

Received: 12 August 2025; Accepted: 13 August 2025; Published: 30 September 2025

## Abstract

*Hospital wastewater contains pathogenic microorganisms, toxic chemicals, and radioactive substances harmful to health and the environment. Hospital X is a type C hospital with a land area of 10,022 m<sup>2</sup>, a building area of 44,898 m<sup>2</sup>, and 173 beds, generating wastewater with parameters such as TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, ammonia, phosphate, and E. coli. Based on January 2024 testing results at the outlet of the Wastewater Treatment Plant (WWTP), three parameters approached the quality limits set by the East Java Governor Regulation No. 72 of 2013. This condition is due to the WWTP's long years of operation and new building construction that increased the treatment load. This study aims to identify the characteristics of wastewater and treated water, and to analyze the effectiveness of Hospital X's WWTP in managing wastewater to be safe for the community and environment. Samples were taken by grab sampling at the inlet and outlet with a volume of 2000 mL. Laboratory results showed ammonia (0.22 mg/L) and phosphate (2.922 mg/L) exceeded quality standards due to insufficient aeration time, causing low dissolved oxygen and inhibiting microorganisms from decomposing NH<sub>3</sub> and PO<sub>4</sub>. The E. coli level (350 MPN/100 mL) met quality standards. Effectiveness calculations showed a significant 96.23% reduction in E. coli, indicating successful disinfection. However, ammonia reduction was only 45.89% and still exceeded limits, while phosphate increased with an effectiveness of -6.22%, indicating phosphate treatment failure. These results highlight the need to optimize aeration and phosphate treatment in Hospital X's WWTP.*

**Keywords:** Wastewater, Hospital, WWTP, Effectiveness

## Abstrak

Air limbah rumah sakit mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia beracun, dan zat radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Rumah Sakit X merupakan rumah sakit tipe C dengan luas lahan 10.022 m<sup>2</sup>, luas bangunan 44.898 m<sup>2</sup>, dan 173 tempat tidur, menghasilkan air limbah dengan parameter TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, amonia, fosfat, dan E. coli. Berdasarkan hasil pengujian Januari 2024 pada outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), tiga parameter mendekati batas baku mutu SK Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Kondisi ini dipengaruhi oleh IPAL yang telah beroperasi bertahun-tahun dan pembangunan gedung baru yang meningkatkan beban pengolahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik air limbah dan air hasil pengolahan serta menganalisis efektivitas kinerja IPAL Rumah Sakit X dalam mengelola air limbah agar aman bagi masyarakat dan lingkungan. Sampel diambil menggunakan metode grab sampling pada inlet dan outlet dengan volume 2000 mL. Hasil laboratorium menunjukkan parameter amonia (0,22 mg/L) dan fosfat (2,922 mg/L)

tidak memenuhi baku mutu, disebabkan kurangnya waktu aerasi yang menyebabkan kadar oksigen terlarut rendah dan menghambat mikroorganisme dalam menguraikan NH<sub>3</sub> dan PO<sub>4</sub>. Parameter E. coli (350 MPN/100 mL) memenuhi standar baku mutu. Perhitungan efektivitas menunjukkan penurunan E. coli signifikan sebesar 96,23%, menandakan keberhasilan desinfeksi. Namun, penurunan amonia hanya 45,89% dan masih melebihi batas baku mutu, sedangkan fosfat mengalami peningkatan dengan efektivitas -6,22%, mengindikasikan kegagalan pengolahan fosfat. Hasil ini menyoroti perlunya optimalisasi proses aerasi dan pengolahan fosfat pada IPAL Rumah Sakit X.

**Kata kunci:** Air Limbah, Rumah Sakit, IPAL, Efektivitas

## 1. Pendahuluan

Rumah sakit merupakan salah satu fasilitas pelayanan publik yang berfokus pada bidang kesehatan. Selain memberikan pelayanan kesehatan, rumah sakit juga dapat menjadi medium penularan penyakit sebab dalam kegiatan operasionalnya rumah sakit akan menghasilkan limbah baik berupa limbah medis maupun limbah non medis yang berbentuk padat, cair, maupun gas(1). Mengacu pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204/Menkes/SK/X/2004, rumah sakit sebagai tempat pelayanan kesehatan tidak hanya menjadi lokasi bagi orang sakit maupun sehat berkumpul, tetapi juga berpotensi menjadi sumber penularan penyakit serta menyebabkan pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan. Air limbah rumah sakit, menurut peraturan yang sama, air limbah adalah air buangan yang mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia beracun, dan zat radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan(2). Oleh sebab itu, pengelolaan limbah cair rumah sakit harus dilakukan dengan pengolahan yang memenuhi standar yang ditetapkan, mengingat dampak negatif yang dapat ditimbulkan pada kesehatan masyarakat.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan nomor 7 tahun 2019, pengelolaan air limbah melibatkan penyaluran, pengolahan, dan pemeriksaan limbah untuk mengurangi ancaman terhadap kesehatan dan lingkungan dari air limbah. Air limbah dari rumah sakit mengandung zat polutan yang dapat mencemari lingkungan dan menyebabkan masalah kesehatan(3). Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan pengolahan terhadap air limbah sebelum dibuang ke lingkungan agar sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan dalam peraturan hukum yang berlaku.

Rumah Sakit X, yang merupakan rumah sakit tipe C, terletak di pusat kota dengan luas lahan 10.022 m<sup>2</sup> dan luas bangunan 44.898 m<sup>2</sup>, serta memiliki 173 tempat tidur, dan menghasilkan air limbah dengan parameter TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, amonia, fosfat, dan E. Coli yang sudah memenuhi standar baku mutu limbah rumah sakit. Namun, hasil pengujian bulan Januari 2024 pada outlet IPAL menunjukkan tiga parameter yang mendekati batas baku mutu berdasarkan SK Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013, yaitu amonia sebesar

0,07 mg/L dari ambang 0,1 mg/L, fosfat 1,62 mg/L dari ambang 2 mg/L, dan *E. Coli* sebanyak 9.300 MPN/100 ml dari batas 10.000 MPN/100 ml.

Tingginya ketiga kadar parameter tersebut disebabkan oleh aktivitas rumah sakit, misalnya amonia bersumber dari pemecahan protein seperti daging dan darah. Fosfat bersumber dari penggunaan deterjen pada aktivitas *laundry* (4). *E. Coli* bersumber pada kotoran manusia. Amonia dan Fosfat memicu pertumbuhan alga yang berlebihan (eutrofikasi), mengurangi kadar oksigen dalam air, dan menyebabkan kematian biota air. *E. Coli* sebagai bakteri patogen dapat mencemari sumber air minum dan makanan, menyebabkan berbagai penyakit infeksi pada manusia (5).

Penelitian mengenai efektivitas operasional Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di rumah sakit sangat penting mengingat limbah cair rumah sakit memiliki potensi risiko yang signifikan terhadap kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Data menunjukkan bahwa hanya sekitar 36% rumah sakit di Indonesia yang telah memiliki IPAL, dan dari jumlah tersebut, hanya sekitar 52% yang mampu mengolah limbah cair hingga memenuhi standar baku mutu lingkungan (6). Salah satu isu utama yang perlu mendapat perhatian adalah efektivitas dan daya tahan IPAL dalam jangka panjang, khususnya mengenai lamanya sistem tersebut dapat beroperasi secara optimal.

IPAL yang telah beroperasi selama bertahun-tahun tanpa evaluasi yang mendalam berpotensi menghasilkan efluen yang tidak memenuhi standar baku mutu lingkungan, sehingga dapat menyebabkan pencemaran dan berdampak negatif pada kesehatan masyarakat sekitar. Penilaian kinerja IPAL secara rutin sangat diperlukan untuk memastikan kualitas pengolahan air limbah tetap optimal serta mengidentifikasi berbagai masalah seperti kurangnya perawatan atau ketidakefisienan desain. Penelitian ini juga berfokus pada pengembangan solusi pengelolaan limbah medis yang lebih efektif agar IPAL tidak hanya memenuhi persyaratan lingkungan, tetapi juga mendukung kelangsungan operasional rumah sakit. Mengingat IPAL di Rumah Sakit X telah beroperasi selama belasan tahun dan diiringi dengan pembangunan gedung baru yang berpotensi meningkatkan beban pengolahan, analisis efektivitas kinerja IPAL menjadi hal yang sangat penting untuk mengantisipasi kemungkinan penurunan performa sistem dan mencegah pencemaran lingkungan. Studi ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang bermanfaat dalam meningkatkan manajemen limbah medis sekaligus menjaga kesehatan masyarakat dan kelestarian lingkungan.

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan memanfaatkan data hasil pengujian laboratorium. Tujuannya adalah untuk memperoleh gambaran mengenai kualitas air limbah, kualitas air setelah pengolahan, serta efektivitas pengolahan berdasarkan parameter yang diteliti. Sebagai langkah awal, studi pendahuluan dilakukan dengan metode pengambilan sampel secara grab sampling. Sampel air limbah diambil pada satu waktu untuk memastikan data yang diperoleh mencerminkan kondisi kualitas air limbah secara akurat dan konsisten. Sampel diambil di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit X pada dua titik, yaitu pada bagian inlet (air limbah sebelum pengolahan) dan outlet (air hasil pengolahan). Sampel air diambil pada dua titik, yaitu pada inlet (air limbah sebelum diproses) dan outlet (air hasil pengolahan), masing-masing sebanyak 2000 ml dalam botol sampel. Pengambilan sampel di inlet bertujuan untuk mengetahui kondisi kualitas air sebelum menjalani proses pengolahan, sedangkan sampel di outlet digunakan untuk melihat hasil akhir dari proses tersebut.

Selanjutnya, data yang diperoleh diolah melalui pengujian di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup untuk menentukan kualitas air. Parameter yang dianalisis meliputi aspek kimia dan biologi, yaitu amonia ( $\text{NH}_3$ ), fosfat ( $\text{PO}_4$ ), dan E. Coli. Pengolahan data penelitian menggunakan metode analisis eksploratif. Hasil pengujian parameter kimia dan biologi tersebut kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan dibandingkan dengan standar baku mutu air limbah yang tertuang dalam SK Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah untuk industri dan/atau kegiatan usaha lainnya. Semua data yang diolah dianalisis untuk menghasilkan informasi yang relevan guna mencapai tujuan penelitian. Berdasarkan proses analisis dan pengolahan data tersebut, kesimpulan penelitian dapat ditarik. Metode analisis data menggunakan metode Analisis efisiensi pengolahan dilakukan dengan menggunakan rumus (7)(8):

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{\text{Nilai Parameter Inlet} - \text{Nilai Parameter Outlet}}{\text{Nilai Parameter Inlet}} \times 100\%$$

## 3. Hasil penelitian

Berdasarkan hasil penelitian, proses pengolahan air limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit X menggunakan sistem kombinasi aerobik dan anaerobik. Proses ini meliputi beberapa tahap, yaitu unit pengolahan inlet, bak ekualisasi, filtrasi,

sedimentasi, aerasi, dan klorinasi dan air hasil pengolahan akan ditampung pada kolam indikator.

### 3.1 Karakteristik Air Limbah (inlet)

**Tabel 3.1** Hasil Pengujian Karakteristik Air Limbah Inlet Rumah Sakit X

No	Parameter	Satuan	Metode	Baku Mutu	Hasil	Keterangan
1	NH <sub>3</sub>	mg/L	IKM/7.2.2/DLHP-TBN (Spektropotometri)	0,1	0,512	Tidak Memenuhi
2	PO <sub>4</sub>	mg/L	APHA 24rd Ed., 4500-P D, 2023	2	2,722	Tidak Memenuhi
3	MPN Kuman Golongan Koli ( Total Coliform)	MPN/100 mL	APHA 24rd Ed., 9221-B, 2023	10.000	9.300	Memenuhi

*Sumber: Data Prbadi Peneliti (2025)*

#### 3.1.1. Hasil Analisis Karakteristik Parameter Amonia (NH<sub>3</sub>)

Berdasarkan karakteristik air limbah pada tabel 4.1 dapat dilihat bahwa karakteristik air limbah parameter amonia (NH<sub>3</sub>) menunjukkan nilai *inlet* 0,512 mg/L yang mana hasil tersebut sangat tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Limbah cair dari rumah sakit mengandung berbagai senyawa organik serta bahan kimia yang mengandung nitrogen. Hal ini berasal dari berbagai aktivitas rumah sakit, seperti penggunaan alat medis, proses diagnostik, dan pembuangan sisa biologis. Senyawa nitrogen tersebut kemudian mengalami proses oksidasi oleh bakteri yang menghasilkan amonia dalam limbah cair. Selain itu, tingginya aktivitas operasional rumah sakit juga menyebabkan peningkatan kadar amonia yang masuk ke instalasi pengolahan air limbah (IPAL) (7). Amonia ini terutama berasal dari penguraian asam amino oleh bakteri, serta dari berbagai sumber lain seperti limbah laundry, ruang rawat inap, ruang operasi, dan area pencucian alat laboratorium (8).

Kadar amonia yang melebihi batas aman bisa menimbulkan masalah estetika, seperti munculnya bau tidak sedap. Selain itu, amonia berlebih juga dapat menyebabkan eutrofikasi, yaitu pertumbuhan alga dan mikroalga yang berlebihan. Akibatnya, air menjadi keruh dan berbau busuk karena alga yang mati mengalami pembusukan. Lebih jauh, saat limbah dengan kandungan amonia tinggi dilepaskan ke perairan, oksigen terlarut dalam air akan berkurang karena oksigen digunakan dalam proses nitrifikasi amonia (9).

### 3.1.2 Hasil Analisis Karakteristik Air Limbah Parameter Fosfat (PO<sub>4</sub>)

Berdasarkan data pada tabel 3.1, terlihat bahwa kadar fosfat (PO<sub>4</sub>) pada air limbah inlet mencapai 2,740 mg/L, nilai ini jauh melampaui batas baku mutu yang berlaku. Fosfat dalam limbah rumah sakit berasal dari berbagai sumber, seperti limbah domestik, limbah klinis, dan aktivitas laboratorium. Tingginya konsentrasi fosfat ini umumnya disebabkan oleh penggunaan deterjen yang mengandung fosfat, limbah urin, serta proses medis dan penelitian yang melibatkan senyawa fosfat (10). Fosfat sendiri biasanya terdapat dalam deterjen sebagai zat yang membantu mengangkat kotoran dan membentuk busa. Kandungan fosfat yang tinggi dalam air limbah berpotensi menimbulkan dampak lingkungan serius, seperti eutrofikasi, di mana terjadi pertumbuhan alga yang berlebihan sehingga menurunkan kualitas air dan mengancam keseimbangan ekosistem perairan (11).

### 3.1.3 Hasil Analisis Karakteristik Air Limbah Parameter *E. Coli* ( *Total Coliform* )

Berdasarkan hasil analisis, kadar *Total Coliform* pada inlet air limbah sudah memenuhi ketentuan baku mutu sesuai dengan Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Pengujian menunjukkan nilai *Total Coliform* pada inlet sebanyak 9.300 MPN/100 mL, yang berarti masih di bawah ambang batas yang diperbolehkan yaitu 10.000 MPN/100 mL. Dengan begitu, konsentrasi *Total Coliform* pada air limbah rumah sakit ini dapat dikatakan sesuai dengan standar kualitas yang berlaku. Sumber utama keberadaan *E. Coli* dalam limbah rumah sakit biasanya berasal dari feses manusia. Kontaminasi ini bisa terjadi melalui berbagai aktivitas di rumah sakit, seperti pembuangan limbah medis yang mengandung feses pasien, limbah domestik dari kamar mandi pasien dan petugas, serta limbah dari dapur yang berpotensi terkontaminasi (12).

## 3.2 Kualitas Air Hasil Pengolahan ( *Outlet* )

**Tabel 3.2** Hasil Pengujian Karakteristik Air Limbah *Outlet* Rumah Sakit X

No	Parameter	Satuan	Metode	Baku Mutu	Hasil	Keterangan
1	NH <sub>3</sub>	mg/L	IKM/7.2.2/DLHP-TBN (Spektropotometri)	0,1	0,227	Tidak Memenuhi
2	PO <sub>4</sub>	mg/L	APHA 24rd Ed., 4500-P D, 2023	2	2,922	Tidak Memenuhi
3	MPN Kuman Golongan Koli ( <i>Total Coliform</i> )	MPN/100 mL	APHA 24rd Ed., 9221-B, 2023	10.000	350	Memenuhi

### 3.2.1 Hasil Analisis Air Hasil Pengolahan Parameter Amonia ( $\text{NH}_3$ )

Berdasarkan data pada tabel 4.2, kadar amonia ( $\text{NH}_3$ ) pada outlet udara diukur sebesar 0,227 mg/L, yang berarti masih di atas batas toleransi yang ditetapkan yaitu 0,1 mg/L. Amonia dalam limbah cair rumah sakit ini dihasilkan dari proses penguraian asam amino oleh berbagai jenis bakteri aerob maupun anaerob. Pada kondisi pH rendah, amonia ini berubah menjadi ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), di mana amonia sendiri terdapat dalam bentuk yang tereduksi. Sumber amonia tersebut berasal dari berbagai area di rumah sakit, seperti laundry, ruang bedah, toilet, tempat cuci alat laboratorium, dan dapur (13).

Kondisi amonia yang belum turun secara signifikan di outlet IPAL ini menunjukkan adanya masalah serius pada proses nitrifikasi, yaitu tahap di mana bakteri mengubah amonia menjadi bentuk yang lebih aman. Gangguan tersebut biasanya disebabkan oleh kondisi operasional yang kurang optimal, seperti pH udara yang tidak sesuai dan kadar oksigen terlarut (DO) yang rendah, yang memperlambat aktivitas mikroorganisme. Selain itu, beban amonia yang tinggi pada air limbah masuk (inlet) yang melebihi kapasitas desain IPAL serta desain sistem pengolahan yang kurang tepat juga berperan dalam kegagalan menurunkan kadar amonia (14).

Di sisi lain, tingginya kadar amonia juga bisa disebabkan oleh kurangnya pemeliharaan unit IPAL. Data menunjukkan bahwa pembersihan terakhir hanya dilakukan pada tahun 2024, yang memungkinkan terjadinya akumulasi padatan dan biofilm. Kondisi ini menghambat kinerja aerasi dan bioreaktor, sehingga kemampuan IPAL untuk mengolah amonia menurun. Selain itu, proses aerasi tidak berjalan selama 24 jam penuh karena adanya timer pada blower yang mematikan aerasi dari pukul 20.00 sampai 05.00. Waktu aerasi yang terbatas ini menyebabkan kadar oksigen terlarut rendah, sehingga mikroorganisme kurang optimal dalam menjalankan proses penguraian.

Jika limbah cair dengan kandungan amonia melebihi standar yang dibuang ke lingkungan, dampaknya bisa sangat serius. Salah satu bahaya utamanya adalah toksisitas langsung terhadap organisme udara. Selain itu, amonia yang berlebihan juga dapat memicu eutrofikasi, yaitu pertumbuhan alga yang tidak terkendali dan menyebabkan Blooming. Hal ini dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut secara drastis ketika alga mati dan terurai oleh bakteri, sehingga menciptakan kondisi kekurangan oksigen (anoksik) yang berbahaya bagi kehidupan akuatik (15).

Untuk mengatasi kadar amonia yang tinggi, beberapa strategi efektif bisa diterapkan. Salah satunya adalah menggunakan metode adsorpsi dengan zeolit, yang menurut penelitian mampu mengurangi kadar amonia hingga sekitar 98,92%, menunjukkan potensi besar sebagai bahan adsorben (16). Alternatif lainnya adalah mengganti media filter dengan arang aktif, yang telah terbukti mampu menurunkan kadar amonia sekitar 86,57% melalui proses filtrasi dan adsorpsi di permukaan (17). Penanganan lain yang dapat dilakukan adalah penambahan klorin berupa kaporit. Sebuah penelitian di Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang menunjukkan bahwa dosis kaporit antara 650 sampai 850 mg/L mampu menurunkan kadar amonia hingga lebih dari 98% secara efektif (13). Selain langkah-langkah tersebut, optimalisasi durasi aerasi sangatlah penting. Pengoperasian aerasi secara terus-menerus selama 24 jam memastikan pasokan oksigen terlarut tetap cukup, sehingga proses nitrifikasi dan denitrifikasi oleh mikroorganisme berjalan maksimal. Berbagai penelitian mengonfirmasi bahwa peningkatan waktu aerasi dapat meningkatkan efisiensi penghilangan amonia hingga mencapai hampir 99,88%, karena kondisi aerobik yang stabil sangat diperlukan untuk mendukung aktivitas bakteri pengurai nitrogen (18).

### **3.2.2 Hasil Pengujian Karakteristik Air Hasil Pengolahan Parameter Fosfat ( $PO_4$ )**

Berdasarkan data pada tabel 3.2 kadar fosfat di outlet air limbah tercatat sebesar 2,922 mg/L, yang berarti masih di atas batas toleransi yang ditetapkan yaitu 2 mg/L. Fosfat dalam limbah rumah sakit berasal dari berbagai sumber, salah satunya adalah deterjen dan disinfektan yang digunakan secara rutin untuk mencuci linen, membersihkan permukaan, serta mensterilkan alat medis. Produk-produk tersebut mengandung senyawa fosfat yang berfungsi sebagai agen pengikat atau bahan pembersih. Selain itu, obat-obatan yang mengandung fosfat dan tidak sepenuhnya terurai dalam tubuh pasien juga ikut berkontribusi terhadap kandungan fosfat pada air limbah (19).

Dalam pengujian, terlihat adanya kenaikan kadar fosfat dari inlet sebesar 2,741 mg/L menjadi 2,922 mg/L di outlet. Hal ini menunjukkan adanya sumber fosfat tambahan yang masuk atau kurangnya efisiensi dalam proses penghilangan fosfat antara inlet dan outlet. Salah satu penyebab kenaikan ini bisa berasal dari pelepasan fosfat yang larut kembali dari endapan atau sedimen yang menumpuk dalam sistem perpipaan atau bak penampungan yang terlarut kembali dalam air (20). Kondisi operasional IPAL yang kurang optimal turut menjadi faktor utama meningkatnya kadar fosfat. Misalnya, proses aerasi yang tidak berjalan maksimal karena adanya pengaturan waktu (*timer*) sehingga aerasi tidak

berlangsung selama 24 jam penuh. Padahal, aerasi sangat penting untuk menjaga kondisi aerobik yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme pengurai fosfat. Kekurangan aerasi dapat menyebabkan pelepasan fosfat kembali ke dalam air limbah (21). Selain itu, kondisi anoksik akibat aerasi yang kurang baik juga memicu fosfat yang sebelumnya terikat dalam biomassa mikroorganisme atau lumpur aktif terlepas ke dalam air. Oleh sebab itu, menjaga sistem aerasi agar terus bekerja optimal sangat penting agar fenomena pelepasan fosfat berkurang (22).

Selain aerasi, proses sedimentasi dan filtrasi yang tidak berjalan optimal juga berkontribusi terhadap kenaikan kadar fosfat. Dalam tahap koagulasi-flokulasi, penggunaan koagulan seperti tawas atau feri klorida dengan dosis yang tidak tepat akan menurunkan efektivitas pengikatan fosfat (20). Waktu tinggal di bak pengendap yang kurang cukup juga menyebabkan pengendapan fosfat tidak maksimal. Di samping itu, kurangnya media adsorben seperti arang aktif dan zeolit dalam proses filtrasi menyebabkan serapan senyawa fosfat menjadi kurang efektif (23).

Untuk mengatasi masalah tingginya kadar fosfat dalam air limbah, beberapa metode bisa diterapkan. Salah satunya adalah pengolahan biologis dengan menggunakan biofilm anaerob-aerob, yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan fosfat secara alami. Studi di Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Wahidin Sudiro Husodo Mojokerto menunjukkan bahwa metode ini mampu menurunkan kadar fosfat hingga sekitar 34,44% (20). Selain itu, penambahan koagulan berupa larutan kapur juga efektif untuk menurunkan fosfat, dengan tingkat pengurangan mencapai 82,46%, meskipun metode ini menghasilkan jumlah limbah padat (sludge) yang cukup banyak selama proses koagulasi (24). Metode lain yang menjanjikan adalah penggunaan fitobiofilm dengan media genteng dan tanaman enceng gondok. Penelitian menunjukkan bahwa cara ini dapat menurunkan kadar fosfat secara signifikan, dengan efisiensi antara 73,24% hingga 92,2%, tergantung lama waktu detensi, yaitu selama 6, 12, atau 24 jam (23).

### **3.2.3 Hasil Pengujian Karakteristik Air Hasil Pengolahan Parameter *E. Coli* (*Total Coliform*)**

Berdasarkan hasil pengujian kualitas air limbah, parameter *Most Probable Number* (MPN) untuk bakteri golongan koli (*Total Coliform*) menunjukkan angka sebesar 350 MPN/100 mL. Nilai ini jauh di bawah batas maksimal yang ditentukan dalam Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, yaitu 10.000 MPN/100 mL. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa efluen air limbah rumah sakit sudah

memenuhi standar yang berlaku untuk parameter *Total Coliform*. MPN *Total Coliform* yang sangat rendah ini menjadi indikator kuat bahwa instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di rumah sakit berfungsi dengan sangat baik. Proses desinfeksi yang diterapkan dalam sistem IPAL terbukti efektif menurunkan jumlah bakteri secara signifikan. Penurunan bakteri *Escherichia coli* melalui desinfeksi dengan klorin terjadi karena klorin mampu menghambat aktivitas respirasi dan merusak dinding sel mikroorganisme, sehingga menyebabkan kematian sel bakteri. Klorin bereaksi dengan berbagai senyawa organik dan mikroorganisme dalam air, sehingga sangat efektif menurunkan konsentrasi *E. coli* hingga tingkat yang cukup rendah (25).

Hasil penurunan *E. coli* pada IPAL ini juga didukung oleh berbagai penelitian lain. Sebagai contoh, studi di RSUD dr. H. Koesnadi Bondowoso menunjukkan bahwa penggunaan klorin dengan dosis antara 1,5 mg/L sampai 2 mg/L mampu menurunkan kadar *E. coli* sebesar 99,36% hingga 99,83% (26). Penelitian lain di sebuah rumah sakit di Samarinda yang menggunakan tablet klorin dengan dosis 100 hingga 400 gram juga melaporkan penurunan bakteri coliform sebesar 39,09% hingga 100%, tergantung jumlah tablet yang diberikan (27). Selain itu, metode desinfeksi dengan sinar UV sudah terbukti efektif, seperti pada penelitian di Rumah Sakit Ibu dan Anak Sadewa Yogyakarta yang melaporkan penurunan kadar *E. coli* hingga 99,9% setelah perlakuan UV (28).

### 3.3 Efektivitas Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit X

**Tabel 3.3** Efektivitas Kinerja IPAL Rumah Sakit X

NO	Parameter	Konsentrasi Inlet	Konsentrasi Outlet	Efektivitas
1	NH <sub>3</sub>	0,512 Mg/L	0,227 Mg/L	45,89 %
2	PO <sub>4</sub>	2,741 Mg/L	2,922 Mg/L	-6,22 %
3	MPN Kuman Golongan Koli ( <i>Total Coliform</i> )	9.300 MPN/100 ML	350 MPN/100 ML	96,23 %

Sumber : Data Primer Peneliti (2025)

#### 3.3.1 Efektivitas Kinerja Unit Pengolahan berdasarkan Parameter Amonia (NH<sub>3</sub>)

Berdasarkan data yang tercantum pada tabel 3.3, efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit (RS) yang hanya mampu menurunkan kadar amonia sebesar 45,86% tergolong kurang optimal jika dibandingkan dengan standar efektivitas IPAL rumah sakit pada umumnya yang biasanya jauh lebih tinggi. Persentase 45,86% ini berarti hampir separuh kandungan amonia masih tersisa setelah proses pengolahan, menandakan bahwa sistem IPAL tersebut belum berjalan secara maksimal. Beberapa faktor dapat menjadi penyebab kondisi ini, seperti ketidakefisienan sistem pengolahan

yang digunakan, karakter limbah rumah sakit yang belum sepenuhnya sesuai dengan teknologi yang ada, waktu tinggal limbah yang kurang memadai untuk proses degradasi amonia, minimnya aerasi atau penambahan bahan kimia pendukung, serta kondisi operasional IPAL yang belum terjaga dengan baik (13).

Amonia menjadi parameter penting karena sifatnya yang korosif dan berpotensi menimbulkan iritasi serta pencemaran lingkungan serius apabila tidak ditangani dengan baik (18). Oleh sebab itu, efektivitas penurunan amonia yang masih rendah seperti ini perlu mendapat perhatian khusus. Diperlukan evaluasi mendalam sekaligus perbaikan sistem pengolahan agar mampu memenuhi standar baku mutu lingkungan yang berlaku. Langkah-langkah yang bisa dilakukan antara lain adalah meningkatkan sistem pengolahan, menambah aerasi, memasukkan bahan kimia yang dapat membantu proses penguraian amonia, serta memperpanjang waktu tinggal limbah di dalam IPAL.

Jika dibandingkan dengan hasil di fasilitas lain, efektivitas IPAL di Rumah Sakit X yang sebesar 45,89% termasuk dalam kategori sedang. Sebagai perbandingan, sebuah penelitian di RSUD Abdul Wahab Sjahranie Samarinda melaporkan efektivitas penurunan amonia hingga mencapai 99,88%, dengan kadar amonia inlet sebesar 15,17 mg/L dan turun drastis menjadi 0,017 mg/L di outlet. Keberhasilan tersebut dipengaruhi oleh penggunaan metode konvensional dengan waktu tinggal limbah sekitar 24 jam, peningkatan aerasi, serta penambahan bahan kimia yang mempercepat proses degradasi amonia. Hal ini menjadi gambaran betapa pentingnya pengelolaan yang tepat untuk mendapatkan hasil pengolahan yang optimal (18).

Selain itu, penelitian lain mengungkapkan bahwa kombinasi filtrasi, adsorpsi dengan karbon aktif yang dibuat dari limbah teh, dan nanofiltrasi mampu menurunkan kadar amonia hingga 95% dengan kombinasi filtrasi dan adsorpsi saja, dan bahkan mencapai 100% saat ditambahkan proses nanofiltrasi (29). Temuan ini menegaskan pentingnya pengoptimalan proses aerasi serta penggunaan bahan kimia pendukung untuk meningkatkan efektivitas pengolahan amonia di fasilitas IPAL. Dengan menggabungkan teknologi ini, pengolahan limbah bisa lebih maksimal sehingga dapat memenuhi standar lingkungan yang ketat dan mengurangi risiko pencemaran yang mungkin timbul akibat keberadaan amonia dalam efluen.

### **3.3.2 Efektivitas Kinerja Unit Pengolahan berdasarkan Parameter Fosfat ( $PO_4$ )**

Efektivitas pengolahan fosfat di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit yang tercatat sebesar -6,22% menunjukkan kegagalan total dalam proses penghilangan

fosfat. Nilai negatif ini berarti IPAL tidak hanya gagal mengurangi kandungan fosfat, tetapi justru menjadi sumber pencemar dengan melepaskan fosfat ke dalam air hasil pengolahan. Akibatnya, konsentrasi fosfat di *outlet* menjadi lebih tinggi dibandingkan di *inlet*. Kondisi ini dapat terjadi karena pelepasan kembali fosfat dari endapan atau sedimen yang menumpuk dalam pipa atau bak penampungan, ketidakefisienan pengolahan fosfat secara biologis maupun kimiawi, serta adanya sumber fosfat tambahan sepanjang proses pengolahan (20).

Selain itu, fenomena tersebut sering kali dipengaruhi oleh kondisi kekurangan atau bahkan ketiadaan oksigen yang memicu bakteri khusus bernama *Phosphate Accumulating Organisms* (PAOs) untuk melepaskan fosfor yang sebelumnya mereka simpan. Saat berada dalam tekanan oksigen rendah, bakteri ini bukannya mengakumulasi tetapi malah melepaskan fosfor kembali ke air, sebuah proses yang dikenal sebagai pelepasan fosfor sekunder (*secondary phosphorus release*) (22).

Efektivitas penurunan fosfat pada IPAL Rumah Sakit X tergolong sangat rendah, hanya sekitar 6,22%. Angka ini jauh di bawah efektivitas yang dilaporkan di fasilitas lain, seperti di RSUD Sunan Kalijaga Demak yang berhasil mencapai penurunan fosfat sebesar 82,16% melalui kombinasi proses biologis dan kimiawi secara terpadu (30). Penelitian di RSUD Ahmad Yani Surabaya juga melaporkan angka penurunan yang signifikan, yaitu 75,55%, dengan menggunakan metode anaerob equalization dan menambahkan larutan kaporit sebagai koagulan (31). Rendahnya kinerja pengolahan fosfat di IPAL Rumah Sakit X menunjukkan bahwa diperlukan penerapan langkah tambahan, seperti proses koagulasi kimia atau teknologi biofilm, untuk lebih efektif mengikat dan mengendapkan fosfat sehingga hasil pengolahan dapat memenuhi standar lingkungan yang berlaku.

### **3.3.3 Efektivitas Kinerja Unit Pengolahan berdasarkan Parameter *E. Coli* (Total Coliform)**

Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit X dengan tingkat efektivitas sebesar 96,23% pada parameter *E. coli* menunjukkan bahwa sistem pengolahan yang diterapkan sangat berhasil dalam mengurangi jumlah bakteri *E. coli*. Bakteri ini merupakan indikator penting yang menunjukkan adanya kontaminasi dari limbah domestik dan medis. Penurunan yang signifikan ini mengindikasikan bahwa proses pengolahan mampu menekan risiko pencemaran mikrobiologis secara optimal, sehingga air limbah yang dilepas ke lingkungan sudah memenuhi standar baku mutu yang ditentukan oleh peraturan pemerintah.

Dengan efektivitas lebih dari 90% pada parameter *E. coli*, IPAL tersebut juga membantu mengurangi potensi penyebaran penyakit yang berasal dari limbah rumah sakit. Hal ini sangat penting karena *E. coli* sering digunakan sebagai penanda untuk menilai tingkat sanitasi dan keamanan air limbah. Angka efektivitas 96,23% menunjukkan bahwa pengolahan ini telah berjalan dengan sangat baik dan air limbah yang dibuang tidak akan menimbulkan risiko kesehatan masyarakat yang signifikan. Namun demikian, pemantauan dan pemeliharaan yang rutin tetap diperlukan agar kinerja IPAL dapat terus terjaga dan stabil sesuai dengan standar baku mutu lingkungan yang berlaku (32).

#### 4. Kesimpulan

Hasil pengujian air limbah inlet IPAL Rumah Sakit X menunjukkan konsentrasi Amonia (NH<sub>3</sub>) sebesar 0,512 mg/L, Fosfat (PO<sub>4</sub>) sebesar 2,741 mg/L, dan Total Coliform sebesar 9300 MPN/100 mL, yang keseluruhannya belum memenuhi baku mutu berdasarkan SK Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 kecuali parameter total coliform. Setelah proses pengolahan, konsentrasi amonia menurun menjadi 0,227 mg/L, total coliform turun drastis menjadi 350 MPN/100 mL, namun fosfat justru meningkat menjadi 2,922 mg/L. Dari ketiga parameter tersebut, hanya total coliform yang sudah memenuhi standar baku mutu, sedangkan Amonia dan Fosfat masih belum memenuhi ketentuan.

Secara umum, efektivitas kinerja IPAL Rumah Sakit X cukup baik dengan nilai efektivitas untuk Amonia sebesar 45,89% dan Total Coliform sebesar 96,23%. Namun, efektivitas pengolahan untuk parameter Fosfat menunjukkan nilai negatif sebesar -6,22%, yang menandakan bahwa pengolahan belum berhasil menurunkan kandungan Fosfat dalam air limbah. Dengan demikian, perlu adanya upaya perbaikan khusus pada pengolahan Fosfat agar seluruh parameter dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan..

#### Daftar Pustaka

1. Anggraini S, Asmadi, Trisnawat E. Analisis swot kinerja sistem pengolahan air limbah (ipal) rumah sakit umum dr. Soedarso pontianak. Jurnal Mahasiswa dan Penelitian Kesehatan - JuManTi. 2014;1(1):116–25.
2. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 1204/Menkes/Sk/X/2004 Tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit. Jakarta; 2004.

3. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2019 Tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit. 7 Indonesia; 2019.
4. Suharto B, Anugroho F, Kusuma Putri F. Penurunan Kadar Fosfat Air Limbah Laundry Menggunakan Kolom Adsorpsi Media Granular Activated Carbon (GAC) Degradation Phosphate Level of Laundry Wastewater Using Column Adsorption with Granular Activated Carbon (GAC) Media. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 2020;36–46.
5. Rahayu WP, Nurjanah S, Komalasari E. *Escherichia coli: Patogenitas, Analisis, dan Kajian Risiko*. IPB Press. Bogor; 2018. 1–151 p.
6. Baiq Dina Hardianti ARH. Pendekatan Aplikasi DEWATS Dalam Manajemen Limbah Cair Rumah Sakit. *Jurnal Biologi Tropis*. 2017;17(2):28–34.
7. Abduh M, Gafur A, Ikhtiar M, BAharuddin A, Puspitasari A. Efisiensi Instalasi Pengolahan Air Limbah Dalam Menurunkan Parameter Kimia Di Rsud Lagaligo Kecamatan Wotu. *Window of Public Health*. 2024;5(1):97–108.
8. Pramaningsih V, Wahyuni M, Saputra MAW. Kandungan Amonia Pada Ipal Rumah Sakit Umum Daerah Abdul Wahab Sjahranie, Samarinda. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*. 2020;6(1):34–44.
9. Mariyana, Joko T, Nurjazuli. Efektivitas Kaporit Dalam Menurunkan Kadar Amoniak Dan Bakteri Koliform Dari Limbah Cair Rsud Tugurejo Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*. 2015;3(1):533–9.
10. SUMARDININGSIH S, LOLO EU, WIDIANTO W. Pengaruh Pemberian Poli Aluminium Chlorida Terhadap Kadar Phospat Dan Total Dissolved Solid Pada Air Limbah Rumah Sakit Ortopedi Prof. Dr. R. Soeharso Surakarta. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*. 2019;24(1).
11. Portunata. Optimalisasi Sistem IPAL RSUD DR . Soedarso Pontianak. *Jurnal Teknik Sipil*. 2016;16:326–66.
12. Afriliani DN, Nurjazuli N, Dewanti NAY. Penilaian Proses Pengolahan Limbah Cair di Rumah Sakit Bhayangkara Tk.I R. Said Sukanto Jakarta. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*. 2020;19(4):290–6.
13. Tatag KP, Sulistyani, Raharjo M, Suhartono. Efektivitas Penurunan Kadar Amoniak Dan Kadar Fosfat di Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Sunan Kalijaga Demak. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2018;6:2356–3346.

14. Haris A, Hamzani S. Pengaruh Kapur Terhadap Efisiensi Penurunan Amoniak ( NH<sub>3</sub> ) Air Limbah Rumah Sakit Umum Daerah Pangeran Jaya Sumitra Kotabaru Tahun 2024. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*. 2025;1(12):2074–86.
15. Harahap S. Pencemaran Perairan Akibat Kadar Amoniak yang Tinggi dari Limbah Cair Industri Tempe. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 2015;20:38–48.
16. Mustafa, Kurniawan A, Djalil MS. Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Penurunan Beban Pencemar Pada Limbah Cair Rumah Sakit Menggunakan Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)*. 2023;10(1):176–82.
17. Benyamin Y, Suwari, Darmakusuma D. Efektivitas Pengolahan Limbah Cair RSUD Kefamenanu Melalui Proses Filtrasi. *Jurnal Biologi Edukasi*. 2020;12(2):43–7.
18. Pramaningsih V, Wahyuni M, Saputra MAW. Kandungan Amonia Pada Ipal Rumah Sakit Umum Daerah Abdul Wahab Sjahrane, Samarinda. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*. 2020;6(1):34–44.
19. Sabli TE, Zahrah S. Reduksi Kandungan Fosfat Dalam Air Limbah Deterjen Menggunakan Sistem Rawa Bambu. *Jurnal Dinamika Pertanian* . 2015;30(2):101–8.
20. Cahyaningrum DP, Eri IR, Sari E. Efektivitas Penggunaan Anaerob-Aerob Biofilter Dalam Menurunkan Kadar Fosfat. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*. 2020;11(3):86–9.
21. Bastom BM. Kajian Efek Aerasi Pada Kinerja Biofilter Aerob Dengan Media Bioball Untuk Pengolahan Air Limbah Budidaya Tambak Udang. *Repositori ITS. Institut Teknologi Sepuluh November*; 2015.
22. Klein E, Weiler J, Wagner M, Čelikić M, Niemeyer CM, Horn H, et al. Enrichment of phosphate-accumulating organisms (PAOs) in a microfluidic model biofilm system by mimicking a typical aerobic granular sludge feast/famine regime. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2022;106(3):1313–24.
23. Utami AR, Mahmudah L. Penurunan Kadar Fosfat Dalam Limbah Rumah Sakit Dengan Menggunakan Reaktor Fitobiofilm. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*. 2018;3(1).
24. Astuti WTD, Joko T, Dewanti NAY. Efektivitas Larutan Kapur Dalam Menurunkan Kadar Fosfat Pada Limbah Cair RSUD Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2016;4(3):941–8.
25. Safe Drink Water Commite. *Drinking Water and Health, Volume. Vol. 20, JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. 1984. 955–956 p.

26. Julianto A, Rupiwardani I, Sari D, Studi PS, Lingkungan STIKes Widyagama Husada Malang K, Widyagama Husada Malang Stik. Perbedaan penurunan kandungan bakteri *Escherichia coli* dengan pemberian klorin pada limbah cair RSUD Dr. H. Koesnadi Bondowoso. *Jurnal Kesehatan Tambusai*. 2023;4(3):2307–13.
27. Mulyati SA, Azizah M, Srikandi S, Maidaswar M, Atikah N. The Effectiveness of Chlorine Tablets to Reducing Coliform in Wastewater Treatment Plant. *Sains Natural: Journal of Biology and Chemistry*. 2022;12(1):10–6.
28. Winarti C. Penurunan bakteri total coliform pada air limbah rumah sakit terhadap pengaruh lama waktu penyinaran dengan sinar ultra violet. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. 2020;20(1):52–7.
29. Ariani S, Nasir S, Melwita E. Effective Ammonia Removal from Hospital Wastewater by Using a Combination of Filtrations and Bio-Adsorbent from Tea Waste. *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability*. 2023;
30. Tatag KP, Sulistyani, Raharjo M, Suhartono. Efektivitas Penurunan Kadar Amoniak Dan Kadar Fosfat di Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Sunan Kalijaga Demak. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2018;6:2356–3346.
31. ANGGRAINI L. PEMERIKSAAN KUALITAS LIMBAH CAIR DENGAN PARAMETER AMONIA BEBAS (NH<sub>3</sub>-N) DAN FOSFAT (PO<sub>4</sub>) (STUDI KASUS: RUMAH SAKIT ISLAM AHMAD YANI SURABAYA). *Repository University of Nadhatul Ulama Surabaya*. 2024.
32. Dewi IU, Azizah R, Husnina Z, Sumantri A, Qomariah N, Suhariono S, et al. Effectiveness of Wastewater Treatment Installation and Liquid Waste Quality in Dr. Soetomo General Hospital, Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2022;14(1):45–54.