



EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI RUMAH SAKIT X BERDASARKAN PERBANDINGAN KUALITAS AIR INLET DAN OUTLET DENGAN PENDEKATAN DATA TEMPORAL BERBEDA

Nabila Nalalizza Mahmud¹, Nindy Callista Elvania²

^{1,2}Prodi Ilmu Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bojonegoro, Indonesia
Email: nalalizzanabila@gmail.com

Abstract

Hospital wastewater treatment plays a crucial role because it directly impacts environmental quality and public health, particularly due to its potentially hazardous pollutant content. This study aimed to assess the effectiveness of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) at Hospital X by comparing the quality of wastewater at the inlet and outlet. The method used was a quantitative descriptive approach with data collection techniques in the form of field observations, sampling, and laboratory tests. Air samples were analyzed based on physical, chemical, and microbiological parameters, namely Total Suspended Solids, pH, Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, ammonia, and total coliform. The analysis results showed a decrease in concentrations of most parameters after the treatment process, with efficiencies of 66.59% for Total Suspended Solids, 88.89% for Biological Oxygen Demand, and 91.27% for Chemical Oxygen Demand. The pH value was still within the quality standards. However, the ammonia concentration increased, although still below the permissible limit. Overall, the WWTP performance was considered effective in reducing the pollutant load, and the treated wastewater met applicable standards, although optimization of the nitrification process was required.

Keywords: Wastewater Treatment Plant, WWTP Effectiveness, Water Quality

Abstrak

Pengolahan limbah cair rumah sakit memiliki peran penting karena berhubungan langsung dengan kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat, terutama karena kandungan pencemar yang berpotensi berbahaya. Penelitian ini dilakukan untuk menilai efektivitas kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit X melalui perbandingan kualitas air limbah pada bagian *inlet* dan *outlet*. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data berupa observasi lapangan, pengambilan sampel, serta analisis laboratorium. Sampel air limbah dianalisis berdasarkan parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi, yaitu *Total Suspended Solid*, pH, *Biological Oxygen Demand*, *Chemical Oxygen Demand*, amonia, dan total coliform. Hasil analisis menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi pada sebagian besar parameter setelah proses pengolahan, dengan efisiensi sebesar 66,59% untuk *Total Suspended Solid*, 88,89% untuk *Biological Oxygen Demand*, dan 91,27% untuk *Chemical Oxygen Demand*. Nilai pH masih sesuai dengan baku mutu. Namun, konsentrasi amonia mengalami peningkatan meskipun masih di bawah batas yang diperbolehkan. Secara keseluruhan, kinerja IPAL dinilai efektif dalam menurunkan beban pencemar dan hasil olahan air limbah telah memenuhi standar yang berlaku, meskipun diperlukan optimalisasi pada proses nitrifikasi.

Kata Kunci: Pengolahan Air Limbah, Efektivitas IPAL, Kualitas Air

1. Pendahuluan

Pelayanan kesehatan kepada masyarakat diselenggarakan melalui berbagai fasilitas, salah satunya rumah sakit yang berperan dalam upaya preventif, kuratif, promotif, maupun rehabilitatif (Nurdiana Fitri, 2017). Di sisi lain, kompleksitas aktivitas yang berlangsung di rumah sakit dengan dukungan teknologi dan sumber daya yang besar menyebabkan timbulnya limbah dalam jumlah yang cukup tinggi. Limbah yang dihasilkan tersebut berpotensi menimbulkan dampak terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia apabila tidak dikelola secara tepat (Makaraung et al., 2022). Seiring dengan meningkatnya jumlah dan perkembangan fasilitas pelayanan kesehatan, risiko pencemaran lingkungan juga semakin besar. Hal ini terutama berkaitan dengan limbah yang dihasilkan dari berbagai kegiatan operasional, khususnya limbah cair yang dapat menurunkan kualitas lingkungan apabila dibuang tanpa melalui proses pengolahan yang memadai. Dengan demikian, pengolahan limbah menjadi aspek yang tidak dapat dipisahkan dari operasional rumah sakit (Nurhayati dan Soleh Apip, 2021).

Secara umum, limbah merupakan hasil sisa buangan dari suatu kegiatan atau proses yang pada kondisitertentu sudah tidak memiliki nilai guna dan berpotensi mencemari lingkungan (Wulandari, 2020). Dalam konteks rumah sakit, limbah yang dihasilkan memiliki karakteristik yang lebih kompleks dibandingkan limbah domestik, karena mengandung berbagai zat berbahaya, seperti mikroorganisme patogen, zat kimia, dan senyawa beracun lainnya (Mulasari, 2011). Limbah tersebut juga berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan, termasuk pencemaran lingkungan serta penyebaran penyakit (Purwanto, 2019). Selain itu, karakteristik limbah rumah sakit cenderung lebih kompleks dibandingkan limbah domestik biasa karena berasal dari berbagai sumber kegiatan yang berbeda (Baeti et al., 2022). Keberagaman sumber limbah ini menyebabkan variasi kandungan pencemar yang memerlukan penanganan khusus sesuai jenisnya (Fauziah, 2012).

Salah satu limbah yang perlu mendapatkan perhatian khusus adalah limbah cair (Rachmawati, 2020). Limbah ini umumnya berasal dari berbagai kegiatan operasional seperti pelayanan medis, laboratorium, laundry, dan sanitasi. Kandungan dalam limbah cair tersebut dapat berupa bahan organik, zat kimia, serta mikroorganisme yang berpotensi membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia (Rawis et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan sistem pengolahan yang mampu menurunkan kadar pencemar sebelum dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah cair di rumah sakit umumnya dilakukan melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Elis Sugihartini et al., 2013). Sistem ini berfungsi untuk mengolah limbah sehingga kualitas air buangan memenuhi standar yang ditetapkan. Keberadaan IPAL menjadi sangat penting dalam upaya pengendalian pencemaran, karena melalui proses ini diharapkan beban pencemar dapat dikurangi secara signifikan (Ulfa & Yugi Nurmansyah, 2023). Selain itu, efektivitas kinerja IPAL juga sangat bergantung pada kondisi operasional, pemeliharaan unit pengolahan, serta kestabilan beban limbah yang masuk ke dalam sistem (Rachmawati, 2020).

Rumah Sakit X merupakan salah satu rumah sakit tipe C yang telah memiliki fasilitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengolah limbah cair dari berbagai aktivitas operasional. Keberadaan IPAL memiliki peran penting dalam mendukung pengelolaan lingkungan rumah sakit, mengingat limbah cair yang dihasilkan berpotensi mengandung bahan organik, senyawa kimia, mikroorganisme patogen yang dapat menimbulkan pencemaran apabila tidak diolah secara optimal (Sukir et al., 2023). Meskipun IPAL telah beroperasi secara aktif, kinerja sistem pengolahan tidak selalu berjalan optimal. Kondisi operasional seperti fluktuasi debit dan beban limbah, serta gangguan teknis pada unit pengolahan, dapat mempengaruhi efektivitas proses pengolahan air limbah. Hal ini berpotensi menyebabkan kualitas air limbah hasil olahan belum sepenuhnya stabil, khususnya pada parameter tertentu seperti amonia yang sangat dipengaruhi oleh proses biologis (Waluyo et al., 2022). Oleh karena itu, evaluasi terhadap kinerja IPAL perlu dilakukan untuk memastikan bahwa sistem pengolahan mampu menurunkan kadar pencemar secara efektif serta menghasilkan air limbah yang sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Di Indonesia, Pengelolaan air limbah rumah sakit mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 yang mengatur batas maksimum kandungan pencemar sebelum air limbah dibuang ke lingkungan.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji efektivitas kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) melalui perbandingan kualitas air limbah pada bagian *inlet* dan *outlet*, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan menggunakan data yang diambil pada periode waktu yang sama sehingga belum mempertimbangkan keterbatasan data temporal yang sering terjadi di lapangan. Dalam praktik operasional, ketersediaan data yang tidak seragam, perbedaan waktu pengambilan sampel, serta fluktuasi debit dan beban limbah dapat mempengaruhi validitas dan representativitas hasil evaluasi. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa karakteristik limbah cair rumah sakit yang kompleks, seperti kandungan senyawa organik, zat kimia, dan mikroorganisme patogen, menjadikan proses pengolahan biologis konvensional tidak selalu berjalan optimal (Adityosulindro et al., 2023). Selain itu, perubahan kondisi operasional seperti beban organik dan suplai oksigen juga dapat mempengaruhi efisiensi penyisihan parameter pencemar dalam sistem IPAL. Salah satu parameter yang penting namun masih relatif jarang dibahas secara mendalam adalah amonia, yang berkaitan erat dengan proses nitrifikasi dalam sistem pengolahan biologis. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kadar amonia pada effluent IPAL masih dapat melebihi baku mutu akibat kurang optimalnya proses aerasi dan aktivitas mikroorganisme nitrifikasi (Nugroho et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa evaluasi kinerja IPAL tidak hanya bergantung pada nilai efisiensi penurunan parameter, tetapi juga pada kondisi operasional dan ketersediaan data yang digunakan dalam analisis.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) melalui perbandingan kualitas air limbah pada tahap sebelum dan setelah proses pengolahan, menilai kesesuaian hasil pengolahan terhadap baku mutu yang berlaku, serta menganalisis implikasi penggunaan data dari periode waktu yang berbeda terhadap validitas hasil evaluasi. Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi: bagaimana efektivitas kinerja IPAL berdasarkan perbandingan kualitas air limbah pada *inlet* dan *outlet*, apakah hasil pengolahan telah

memenuhi baku mutu yang ditetapkan, serta bagaimana implikasi penggunaan data dari periode waktu yang berbeda terhadap validitas hasil evaluasi. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan pendekatan evaluasi kinerja IPAL berbasis keterbatasan data yang lebih adaptif terhadap kondisi lapangan, serta mengidentifikasi parameter yang masih memerlukan optimalisasi, khususnya amonia sebagai indikator kinerja proses biologis (Abdul et al., 2020). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam upaya peningkatan efektivitas sistem pengolahan limbah cair rumah sakit secara lebih optimal dan berkelanjutan.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif untuk menggambarkan kinerja pengolahan limbah cair pada Instalasi pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit X. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kualitas air limbah pada titik *inlet* dan *outlet* guna mengetahui efektivitas proses pengolahan. Penelitian dilaksanakan di unit IPAL Rumah Sakit X pada periode Januari hingga Februari 2026, dengan memanfaatkan data primer berupa observasi lapangan serta data sekunder berupa hasil uji laboratorium kualitas air limbah yang diperoleh dari pihak instansi.

Pengambilan sampel dilakukan pada dua titik, yaitu *inlet* dan *outlet* IPAL, menggunakan metode *grab sampling* yang merepresentasikan kondisi operasional serta alur proses pengolahan air limbah yang berlangsung. Data *inlet* diperoleh dari hasil pengujian laboratorium pada bulan Maret 2024, sedangkan data *outlet* berasal dari pengujian bulan Desember 2025. Jumlah sampel yang dianalisis dalam penelitian ini sebanyak ($n = 1$) untuk masing-masing titik berdasarkan data sekunder yang tersedia. Perbedaan periode waktu pengambilan data ini disebabkan oleh keterbatasan ketersediaan data, sehingga menjadi salah satu pertimbangan dalam interpretasi hasil penelitian.

Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi, yaitu *Total Suspended Solids* (TSS), pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), amonia (NH_3), serta total coliform. Analisis parameter dilakukan di laboratorium dengan metode yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan konsentrasi parameter pencemar pada *inlet* dan *outlet* IPAL. Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi kecenderungan perubahan kualitas air limbah serta mengevaluasi kinerja sistem pengolahan. Efektivitas pengolahan dihitung berdasarkan persentase penurunan konsentrasi antara kondisi *inlet* dan *outlet* menggunakan rumus:

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\%$$

Dimana C_{in} merupakan konsentrasi parameter pada *inlet* dan C_{out} merupakan konsentrasi pada *outlet*. Hasil perhitungan efektivitas kemudian dibandingkan dengan baku mutu air limbah yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 untuk menilai kesesuaian hasil pengolahan terhadap standar yang berlaku.

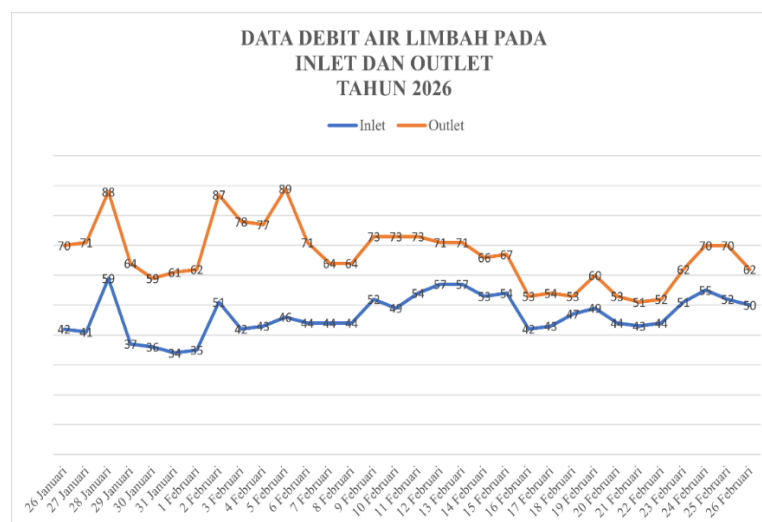
Penelitian ini memiliki keterbatasan berupa penggunaan data *inlet* dan *outlet* yang

berasal dari periode waktu berbeda, sehingga berpotensi mempengaruhi validitas hasil analisis akibat adanya kemungkinan perubahan kondisi operasional IPAL dan beban limbah. Selain itu, keterbatasan jumlah data ($n = 1$) menyebabkan penelitian ini tidak menggunakan uji statistik inferensial, sehingga hasil yang diperoleh bersifat evaluatif dan memberikan gambaran umum kinerja sistem pengolahan air limbah.

3. Hasil dan Pembahasan

Debit Air Limbah pada *Inlet* dan *Outlet*

Pengukuran debit air *inlet* dan *outlet* dilakukan untuk mengetahui jumlah aliran limbah cair yang masuk dan keluar dari IPAL sebagai dasar evaluasi kinerja pengolahan. Untuk mempermudah interpretasi, hasil pengukuran debit air limbah pada *inlet* dan *outlet* disajikan dalam bentuk grafik:



Gambar 1. Grafik debit air limbah pada *inlet* dan *outlet* IPAL rumah sakit X Tahun 2026

Berdasarkan hasil pengukuran pada pertengahan bulan Januari hingga Februari 2026 total debit air limbah yang masuk (*inlet*) sebesar 1.494 m³ dengan rata-rata 46,69 m³/hari, sedangkan debit air yang keluar (*outlet*) sebesar 2.139 m³ dengan rata-rata 66,84 m³/hari. Perbedaan antara debit *inlet* dan *outlet* menunjukkan adanya akumulasi aliran dari berbagai sumber internal rumah sakit serta kemungkinan kontribusi dari air tambahan seperti air domestik atau infiltrasi. Secara operasional, peningkatan debit pada *outlet* dapat mempengaruhi waktu tinggal hidraulik (*hydraulic retention time*), yang berperan penting dalam efektivitas proses pengolahan biologis. Waktu tinggal yang terlalu singkat dapat menurunkan efisiensi penguraian bahan organik, khususnya pada parameter BOD, COD, dan amonia.

Kualitas Air limbah pada Sampel Air *Inlet* dan *Outlet*

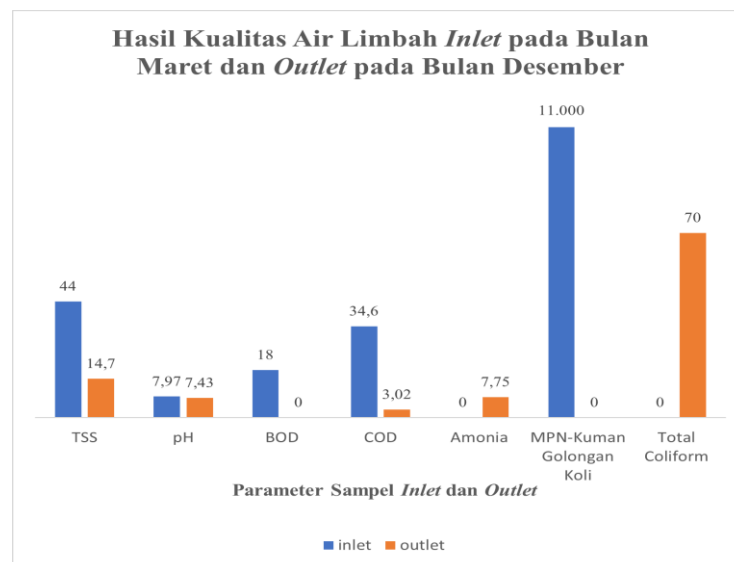
Untuk mengetahui kondisi kualitas air limbah sebelum dan sesudah proses pengolahan, dilakukan analisis terhadap beberapa parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi. Hasil pengujian kualitas air limbah pada titik *inlet* dan *outlet* IPAL disajikan pada Tabel 1 sebagai dasar evaluasi kinerja sistem pengolahan.

Tabel 1. Hasil kualitas air limbah *inlet* pada bulan maret dan *outlet* pada bulan desember

No.	Parameter	Inlet	Outlet	Satuan	Metode
A.	Fisika				
1	TSS	44,0	14,7	mg/L	SNI 6989.3:2019
B.	Kimia				
1	pH	7,97	7,43	-	SNI 6989.11:2019
2	BOD	18,0	<2,00	mg/L	SNI 6989.72:2009
3	COD	34,6	3,02	mg/L	SNI 6989.2:2019
4	Amonia	-	7,75	mg/L	SNI 06-6989.30-2005
C.	Mikrobiologi				
1	MPN-Kuman Golongan Koli	11.000	-	MPN/100 ml	SNI 06-4158-1996
2	Total Coliform	-	70,0	MPN/100 ml	SNI 06-4158-1996

Sumber: Hasil Pengujian Sampel Inlet Bulan Maret 2024 dan Outlet Bulan Desember 2025

Untuk memperjelas perbandingan konsentrasi parameter kualitas air limbah antara *inlet* dan *outlet*, data juga disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:

**Gambar 2.** Grafik perbandingan kualitas air pada *inlet* dan *outlet*

Berdasarkan grafik, terlihat bahwa sebagian besar parameter mengalami penurunan konsentrasi setelah proses pengolahan, kecuali amonia yang menunjukkan peningkatan. Data pada Tabel 1 dan Gambar 2 Hasil analisis kualitas air limbah menunjukkan adanya perubahan konsentrasi parameter setelah melalui proses pengolahan dalam sistem IPAL. Secara umum, terjadi penurunan pada parameter fisika dan kimia seperti TSS, BOD, dan COD, serta penurunan cukup besar pada parameter mikrobiologi. Namun demikian, parameter amonia menunjukkan peningkatan konsentrasi yang mengindikasikan adanya keterbatasan dalam proses pengolahan biologis. Perlu diketahui bahwa parameter pada *inlet* dan *outlet* mengacu pada regulasi yang berbeda. Data *inlet* menggunakan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, sedangkan data *outlet* telah mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Perbedaan standar ini berpotensi mempengaruhi interpretasi tingkat pencemaran, karena masing-masing regulasi memiliki batas baku mutu yang berbeda.

Pada bagian *inlet*, air limbah yang masuk ke dalam IPAL masih berupa limbah mentah dari berbagai aktivitas rumah sakit, sehingga kandungan pencemarnya relatif tinggi. Nilai TSS sebesar 44,0 mg/L menunjukkan tingginya konsentrasi padatan tersuspensi yang berpotensi mengganggu proses pengolahan. Selain itu, nilai BOD (18,0 mg/L) dan COD (34,6 mg/L) mengindikasikan adanya kandungan bahan organik yang cukup besar, yang memerlukan proses biodegradasi lebih lanjut. Proses biodegradasi ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, pH, dan ketersediaan oksigen terlarut yang menentukan aktivitas mikroorganisme dalam sistem pengolahan. Parameter mikrobiologi MPN kuman golongan koli sebesar 11.000 MPN/100 ml juga menunjukkan tingginya tingkat kontaminasi biologis pada limbah cair sebelum pengolahan. Setelah melalui proses pengolahan, terjadi penurunan konsentrasi yang signifikan pada seluruh parameter. Nilai TSS menurun menjadi 14,7 mg/L yang menunjukkan efektivitas proses sedimentasi dalam menghilangkan padatan tersuspensi. Penurunan BOD menjadi kurang dari 2,00 mg/L dan COD menjadi 3,02 mg/L menunjukkan bahwa proses biologis dalam IPAL mampu menguraikan bahan organik secara optimal.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Aqla, (2025) yang menyatakan bahwa sistem IPAL berbasis proses biologis mampu menurunkan nilai BOD dan COD secara signifikan melalui aktivitas mikroorganisme dalam unit aerasi. Penurunan parameter ini juga menunjukkan bahwa kondisi operasional IPAL relatif mendukung proses biodegradasi. Berbeda dengan parameter lainnya, konsentrasi amonia pada *outlet* tercatat sebesar 7,75 mg/L, yang menunjukkan adanya peningkatan dibandingkan kondisi *inlet*. Hal ini mengindikasikan bahwa proses nitrifikasi belum berlangsung secara optimal. Proses nitrifikasi berlangsung secara bertahap melalui oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat, sehingga ketidakseimbangan kondisi operasional dapat menyebabkan akumulasi amonia dalam sistem. Secara ilmiah, proses nitrifikasi memerlukan kondisi aerob yang stabil, ketersediaan oksigen terlarut yang cukup, serta keberadaan bakteri nitrifikasi seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*.

Peningkatan amonia ini juga dilaporkan dalam beberapa penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa parameter amonia sering menjadi indikator keterbatasan kinerja IPAL, terutama pada kondisi aerasi yang kurang optimal. Menurut *United States Environmental Protection Agency* (EPA), amonia dalam jumlah tinggi dapat bersifat toksik bagi organisme perairan serta berkontribusi terhadap penurunan kualitas air, sehingga pengendaliannya dalam sistem IPAL menjadi sangat penting.

Pada parameter mikrobiologi, terjadi penurunan yang sangat signifikan dari MPN kuman golongan koli sebesar 11.000 MPN/100 ml pada *inlet* menjadi Total Coliform sebesar 70 MPN/100 ml pada *outlet*. Hasil ini menunjukkan bahwa proses desinfeksi dalam IPAL berjalan efektif dalam menurunkan jumlah mikroorganisme patogen. Meskipun parameter yang digunakan berbeda, hal ini tidak menunjukkan ketidaksesuaian data, melainkan disesuaikan dengan tujuan pemantauan pada masing-masing tahap pengolahan (Palopo, 2025). Hasil penelitian ini juga konsisten dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa parameter organik seperti BOD dan COD umumnya lebih mudah diturunkan dibandingkan parameter nitrogen. Hal ini disebabkan karena proses pengolahan biologis lebih efektif dalam menguraikan bahan organik

dibandingkan proses nitrifikasi yang memerlukan kondisi operasional yang lebih spesifik dan stabil.

Efektivitas *Inlet* dan *Outlet* IPAL dengan Baku Mutu Air Limbah

Pengolahan air limbah bertujuan untuk menurunkan konsentrasi bahan pencemar agar memenuhi standar yang ditetapkan sebelum dibuang ke lingkungan. Untuk memastikan hal tersebut, diperlukan kegiatan pemantauan dan evaluasi kualitas air pada kondisi awal dan setelah pengolahan. Adapun hasil analisis efektivitas pada bagian *inlet* dan *outlet* IPAL Rumah Sakit X ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan efektivitas *inlet* dan *outlet* ipal

Parameter	Satuan	Inlet	Outlet	Baku Mutu PermenLH No. 68 Tahun 2016	Efektivitas (%)	Ket.
TSS	mg/L	44,0	14,7	30	66,59%	Efektif dan Memenuhi
pH	-	7,97	7,43	6 – 9	-	Efektif dan Memenuhi
BOD	mg/L	18,0	<2,00	30	88,89%	Efektif dan Memenuhi
COD	mg/L	34,6	3,02	100	91,27%	Efektif dan Memenuhi
Amonia	mg/L	0,40	7,75	10	-1.837,5%	Memenuhi tapi tidak efektif

Sumber: Hasil Analisis

Kinerja IPAL perlu dievaluasi secara berkala untuk memastikan bahwa sistem pengolahan air limbah masih berfungsi secara optimal dalam menurunkan beban pencemar. Evaluasi tersebut dapat dilakukan dengan membandingkan hasil analisis laboratorium antara air limbah pada *inlet* dan *outlet*, kemudian menghitung persentase efektivitas penurunannya. Parameter efektivitas menjadi indikator penting karena menunjukkan sejauh mana unit pengolahan mampu mengurangi konsentrasi pencemar, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam menilai keberhasilan proses pengolahan serta menentukan kebutuhan perbaikan atau optimalisasi sistem.

Hasil analisis menunjukkan bahwa Sebagian besar parameter mengalami penurunan yang signifikan. Parameter TSS mengalami penurunan dari 44,0 mg/L menjadi 14,7 mg/L dengan tingkat efisiensi sebesar 66,59%, yang menunjukkan kemampuan unit pengendapan dalam mengurangi padatan tersuspensi. Parameter BOD menurun dari 18,0 mg/L menjadi kurang dari 2,00 mg/L dengan efisiensi minimal sebesar 88,89%, sedangkan COD menurun dari 34,6 mg/L menjadi 3,02 mg/L dengan efisiensi sebesar 91,27%. Tingginya nilai efisiensi pada BOD dan COD mengindikasikan bahwa proses biologis dalam IPAL, khususnya aktivitas mikroorganisme, berjalan dengan baik dalam menguraikan bahan organik.

Namun demikian, Parameter amonia menunjukkan nilai efisiensi negatif sebesar -1.837,5% yang menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi setelah pengolahan. Meskipun nilai tersebut masih berada di bawah baku mutu (10 mg/L), kondisi ini menunjukkan bahwa proses nitrifikasi belum berjalan secara optimal. Peningkatan mengindikasikan bahwa proses nitrifikasi, yaitu oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat oleh bakteri, belum berjalan secara optimal.

Beberapa faktor yang paling mempengaruhi kinerja IPAL, antara lain debit dan beban limbah yang berfluktuasi, kondisi operasional unit pengolahan (seperti aerasi yang kurang optimal), serta aktivitas mikroorganisme dalam reaktor biologis. Kurangnya waktu tinggal (*hydraulic retention time*) dan ketidakseimbangan nutrisi juga dapat mempengaruhi efektivitas proses pengolahan, khususnya pada parameter amonia. Oleh

karena itu, pengelolaan operasional yang konsisten dan pemantauan rutin sangat diperlukan untuk menjaga stabilitas dan efektivitas kinerja IPAL (Kurnianingtyas et al., 2020).

Salah satu kendala yang ditemukan selama pelaksanaan operasional sistem pengolahan IPAL adalah terjadinya gangguan pada unit aerasi, yaitu kerusakan pada *blower*. *Blower* berperan sebagai penyedia oksigen terlarut yang sangat penting dalam mendukung proses pengolahan biologis di bak aerasi. Kerusakan pada *blower* menyebabkan suplai oksigen menjadi tidak optimal, sehingga menurunkan aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Kondisi ini berdampak pada penurunan efisiensi proses pengolahan, terutama pada parameter BOD, COD, dan amonia. Keterbatasan suplai oksigen juga dapat menghambat proses nitrifikasi, sehingga masih ditemukan kandungan amonia pada air limbah hasil olahan (*outlet*) IPAL.

4. Simpulan

Hasil penelitian yang dilakukan di Rumah Sakit X menunjukkan adanya perbedaan kualitas air limbah yang cukup nyata antara kondisi sebelum dan sesudah pengolahan di IPAL. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan konsentrasi beberapa parameter seperti TSS, BOD, COD, dan Total Coliform setelah melalui proses pengolahan, yang menandakan bahwa sistem IPAL mampu mengurangi beban pencemar secara efektif. Selain itu, hasil analisis pada *outlet* menunjukkan bahwa sebagian besar parameter telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Namun demikian, peningkatan konsentrasi amonia pada *outlet* menunjukkan bahwa proses nitrifikasi belum berjalan secara optimal. Hal ini mengindikasikan adanya keterbatasan pada kondisi operasional, khususnya terkait suplai oksigen dan kestabilan proses biologis.

Berdasarkan hasil penelitian, rekomendasi teknis yang dapat dilakukan antara lain adalah optimalisasi unit aerasi melalui perbaikan dan pemeliharaan *blower*, pengendalian waktu tinggal hidraulik (*hydraulic retention time*), serta pemantauan rutin terhadap kondisi mikroorganisme dalam reaktor biologis. Upaya ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengolahan, khususnya dalam menurunkan parameter amonia. Kontribusi penelitian ini terletak pada penyediaan gambaran evaluatif kinerja IPAL rumah sakit berdasarkan analisis perbandingan kualitas air *inlet* dan *outlet* serta efektivitas penurunan parameter pencemar. Hasil ini dapat menjadi referensi bagi pengelola IPAL dalam melakukan evaluasi dan perbaikan sistem pengolahan limbah cair. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan data dengan periode waktu yang sama serta jumlah sampel yang lebih banyak agar memungkinkan dilakukan analisis statistik yang lebih kuat. Selain itu, penelitian lanjutan dapat difokuskan pada kajian mendalam terkait proses nitrifikasi dan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerjanya dalam sistem IPAL rumah sakit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan apresiasi kepada instansi terkait atas pemberian izin serta dukungan fasilitas selama proses penelitian berlangsung. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak yang telah membantu dalam pengumpulan data hingga penyusunan artikel, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dan dipublikasikan dengan baik.

5. Referensi

- Abdul, D., Sjahranie, W., Pramaningsih, V., Wahyuni, M., Ade, M., & Saputra, W. (2020). KANDUNGAN AMONIA PADA IPAL RUMAH SAKIT UMUM. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 34–44.
- Adityosulindro, S., Phitamara, A., & Astuti, S. K. (2023). Asesmen Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit XYZ. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 15, 146–160.
- Aqla, F. H. (2025). *Analisis Pengaruh Kualitas Air Limbah di Sumber Terhadap Operasional IPAL Komunal Tirto Mili*. Universitas Islam Indonesia.
- Baeti, M. K., Raharjo, M., Yunita Dewanti, N. A., & Sulistiyani, S. (2022). Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Rumah Sakit Umum Roemani Muhammadiyah Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 10(3), 281–289. <https://doi.org/10.14710/jkm.v10i3.32736>
- Elis Sugihartini, ferry Kriswandana, & Hadi Suryono. (2013). : hasil kemudian Sumber - Sumber Limbah Cair. *XI(3)*.
- Fauziah, N. (2012). Sistem Pengolahan Limbah Cair Di Rumah Sakit Ortopedi Prof. Dr. R. Soeharso Surakarta. In *Skripsi : Program Studi Kedokteran USM Surakarta*.
- Kurnianingtyas, E., Prasetya, A., & Yuliansyah, A. T. (2020). Kajian Kinerja Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal (Studi Kasus: IPAL Komunal Kalisong, Kelurahan Sembung, Kecamatan Tulungagung, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur). *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5, 62–70. <https://doi.org/https://doi.org/10.33084/mitl.v5i1.1372>
- Makaraung, T. E., Mangangka, I. R., & Legrans, R. R. I. (2022). Analisa Efektivitas Pengolahan Limbah Cair RSUD Noongan. *Jurnal TEKNO : Htpps://Ejournal.Unsrat.Ac.Id/*, 20, 511–518.
- Mulasari, S. A. (2011). Analisis Pengelolaan Sampah Medis Rumah Sakit Umum Daerah Wirosaban Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional "Home Care" Kerjasama Fakultas Farmasi Dan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan*, 109–118.
- Nugroho, D. B., Elvania, N. C., & Purwaningrum, S. I. (2025). Analisis Efektivitas Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit X. *Jurnal EnviScience*, 9, 238–253.
- Nurdiana Fitri. (2017). Pelaksanaan Promosi Kesehatan di Rumah Sakit Universitas Airlangga surabaya. *Jurnal Promkes*, 5(2), 217–231.
- Nurhayati dan Soleh Apip. (2021). Analisis Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Di Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Sumedang. *Jurnal TechLINK*, 5(2), 17–25.
- Palopo, U. C. (2025). Biogenerasi : Jurnal Pendidikan Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(3), 1773–1779. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v10i3.6551> Accepted
- Purwanto, S. (2019). *Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pada Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Selasih Kabupaten Pelalawan*. Universitas Islam Riau.
- Rachmawati, L. A. (2020). Pengelolaan Limbah Medis Padat Dan Limbah Cair Rumah Sakit Onkologi Surabaya. *Universitas Airlangga*, 1–86.
- Rawis, L., Mangangka, I. R., & Legrans, R. R. . (2022). Analisis Kinerja Instalansi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Bhayangkara Tingkat III Manado. *Tekno*, 20, 233–243. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/view/42567>
- Sukir, S., Wicaksono, R. R., & Aniriani, G. W. (2023). Evaluasi Kuantitas Limbah Medis Sebelum Dan Selama Pandemi Covid-19 Sebagai Pengendalian Pencemaran Di Rumah Sakit "Aisyiyah Bojonegoro. *Jurnal EnviScience (Environment Science)*, 7(1), 20–29. <https://doi.org/10.30736/jev.v7i1.409>
- Ulfa, M. U., & Yugi Nurmansyah. (2023). Analisis Kualitas Limbah Cair di Rumah Sakit Umum Daerah Besemah Kota Pagar Alam. *Health Care: Jurnal Kesehatan*, 12(2), 282–289. <https://doi.org/10.36763/healthcare.v12i2.415>
- Waluyo, J., Wigati, S. M., Rachmadhani, S., Pranoto, I. S., & Cahyani, Y. P. (2022). Evaluasi Kinerja IPAL Individual SANFAB ST 600 dengan Penambahan Anaerobic Granule Bacteria terhadap Outlet IPAL Domestik di Dusun. *Journal of Chemical Engineering*, 6(1), 1–13. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.20961/equilibrium.v6i1.61498>
- Wulandari, D. (2020). Sistem Pengolahan Limbah Cair RSUD Sayang Rakyat. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201*, 2(1), 41–49.