

KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DI RSPI SULIANTI SAROSO

MULYA TIARDJIONO¹, SITI MAEMUN^{2,3,4*}, NURLAELA¹, FAJAR DWI
SETYAWATI¹, EKA ERLIS NURHENIFAH¹, YEYEN ANGGRAENI¹, KUNTI
WIJIARTI², TIARA ZAKIYAH PRATIWI², RIVALDIANSYAH²

1. Instalasi Kesehatan Lingkungan dan K3, RSPI Sulianti Saroso
 2. Tim Kerja Penelitian, RSPI Sulianti Saroso
 3. Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Respati Indonesia
 4. Kolegium Epidemiologi Kesehatan
- Email: muntee83@gmail.com

ABSTRAK

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit berperan penting dalam mencegah pencemaran lingkungan akibat aktivitas pelayanan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air limbah pada outlet IPAL RSPI Sulianti Saroso selama periode 2022–2024. Penelitian menggunakan desain kuantitatif deskriptif dengan memanfaatkan data sekunder hasil pengujian laboratorium yang dilakukan secara berkala oleh Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta dan laboratorium pihak ketiga. Parameter yang dianalisis meliputi pH, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), total padatan tersuspensi (TSS), minyak dan lemak, amoniak, total koliform, zat organik (KMnO₄), serta senyawa aktif biru metilen (MBAS). Hasil utama penelitian menunjukkan bahwa seluruh parameter fisik, kimia, dan biologi air limbah pada outlet IPAL selama periode pengamatan secara konsisten berada di bawah ambang batas baku mutu, dengan nilai pH stabil pada rentang yang dipersyaratkan serta konsentrasi BOD, COD, TSS, amoniak, dan total koliform yang terkendali meskipun terjadi fluktuasi bulanan. Data dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rerata, median, dan tren tahunan. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja IPAL RSPI Sulianti Saroso efektif dalam mengolah limbah cair rumah sakit dan memenuhi ketentuan lingkungan yang berlaku. Pemantauan dan evaluasi secara berkelanjutan tetap diperlukan untuk menjaga stabilitas kinerja dan keberlanjutan pengelolaan lingkungan rumah sakit.

Kata kunci: air limbah rumah sakit; IPAL; kualitas air limbah; baku mutu lingkungan

ABSTRACT

Hospital wastewater treatment plants (WWTPs) play an important role in preventing environmental pollution from healthcare activities. This study aimed to analyze wastewater quality at the WWTP outlet of Sulianti Saroso Infectious Disease Hospital during 2022–2024. A quantitative descriptive design was applied using secondary data obtained from routine laboratory analyses conducted by the regional environmental health laboratory of DKI Jakarta province and a third-party laboratory. The parameters analyzed included pH, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), oil and grease, ammonia, total coliforms, organic substances (KMnO₄), and methylene blue active substances (MBAS). The main results showed that all physical, chemical, and biological parameters of wastewater at the WWTP outlet consistently met the established quality standards throughout the observation period, with pH values remaining within the permissible range and controlled concentrations of BOD, COD, TSS, ammonia, and total coliform despite monthly fluctuations. Data were analyzed descriptively using mean and median values and annual trend analysis. These findings indicate that the WWTP at Sulianti Saroso Infectious Disease Hospital has been operating effectively in treating hospital wastewater and complying with environmental regulations. Continuous monitoring and periodic evaluation are recommended to maintain performance stability and ensure sustainable environmental management.

Keywords: hospital wastewater; wastewater treatment plant; wastewater quality; environmental quality standards

1. PENDAHULUAN

Rumah sakit merupakan fasilitas kesehatan yang memiliki peran penting dalam upaya meningkatkan derajat kesehatan masyarakat. Fasilitas ini mencakup berbagai unit pelayanan seperti balai pengobatan dan tempat praktik dokter, serta didukung oleh sarana penunjang lainnya, termasuk ruang operasi, laboratorium, farmasi, administrasi, dapur, layanan laundry, dan sistem pengelolaan sampah maupun limbah (Malaysia Ministry of Health 2017). Meskipun rumah sakit memberikan manfaat besar bagi masyarakat sebagai tempat penyembuhan, keberadaannya juga berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan apabila limbah yang dihasilkan tidak dikelola secara memadai (Asrun, Sihombing, and Nuraeni 2020; Wulandari and Wahyudin 2018).

Rumah sakit yang higienis merupakan fasilitas pelayanan kesehatan yang dirancang, dioperasikan, dan dipelihara dengan memperhatikan aspek kebersihan lingkungan, termasuk kebersihan bangunan, area sekitar, sistem pengelolaan sampah dan limbah cair, penyediaan air bersih, serta pengendalian hama dan hewan pengganggu. Namun, upaya menjaga kebersihan lingkungan rumah sakit menjadi tantangan yang cukup kompleks karena dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti budaya, perilaku masyarakat, kondisi lingkungan, faktor sosial, dan kemajuan teknologi (Haque dkk. 2020).

Limbah cair yang dihasilkan rumah sakit mengandung berbagai zat berbahaya seperti bakteri, virus, senyawa kimia, dan residu obat-obatan yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat di sekitarnya (Janik-Karpinska dkk. 2023; Parida dkk. 2022). Salah satu sumber limbah yang perlu diwaspadai adalah limbah dari laboratorium, karena mengandung bahan kimia yang sulit terurai melalui proses aerasi maupun metode *activated sludge*. Limbah jenis ini sering mengandung logam berat dan bersifat infeksius, sehingga perlu dilakukan proses sterilisasi atau netralisasi sebelum dibuang ke lingkungan. Sebagai contoh, limbah dari proses foto rontgen mengandung zat radioaktif yang berbahaya. Walaupun kesadaran terhadap bahaya limbah rumah sakit semakin tinggi, lemahnya penerapan dan pengawasan regulasi pemerintah mengenai pengelolaan limbah menyebabkan hanya sebagian kecil rumah sakit yang memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) khusus untuk pengelolaannya.

Limbah rumah sakit mengandung berbagai jenis mikroorganisme, yang bervariasi tergantung pada tipe rumah sakit, metode pengolahan sebelum pembuangan, serta fasilitas yang tersedia, seperti laboratorium dan klinik. Beberapa di antaranya bersifat patogen. Seperti limbah lainnya, limbah rumah sakit juga mengandung senyawa organik dan anorganik, dengan kadar yang dapat dianalisis menggunakan parameter seperti pH, BOD, COD, serta uji mikrobiologi (Majumder dkk. 2021).

Manajemen limbah rumah sakit menjadi aspek krusial dalam menjaga sanitasi lingkungan fasilitas kesehatan, dengan tujuan melindungi masyarakat dari risiko pencemaran akibat limbah berbahaya serta mencegah infeksi nosokomial (Ibáñez-Cruz, Vergara-Florián, and Algoner 2025). Pelaksanaan pengelolaan ini membutuhkan kolaborasi berbagai pihak, termasuk pengelola atau penanggung jawab rumah sakit, penyedia layanan kesehatan, pakar serta lembaga yang memberikan dukungan teknis, serta sektor swasta yang menyediakan sarana dan fasilitas pendukung.

Dalam rangka meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, khususnya di daerah perkotaan, pembangunan rumah sakit semakin meningkat. Akan tetapi, apabila kualitas efluen limbah rumah sakit tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan, limbah tersebut berpotensi

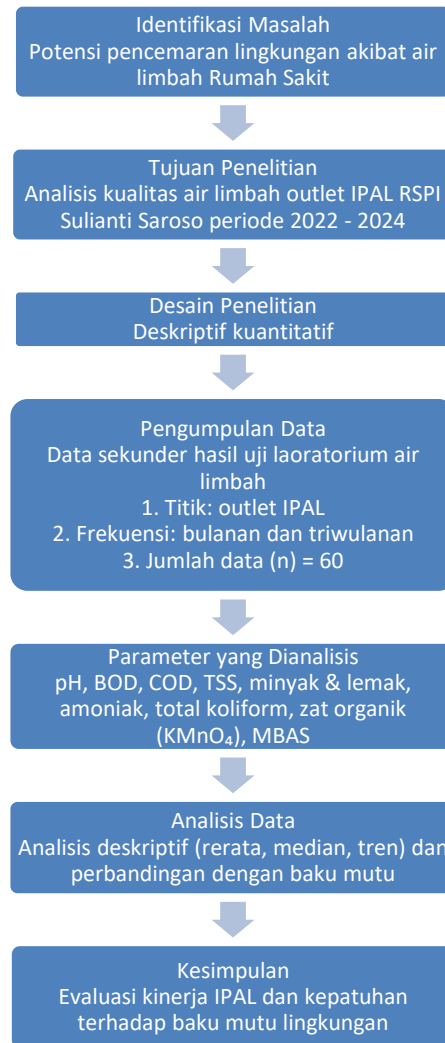
mencemari lingkungan sekitar dan menyebabkan gangguan kesehatan. Limbah rumah sakit diketahui mengandung berbagai mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit seperti demam tifoid, kolera, disentri, dan hepatitis (Bhandari dkk. 2023; Parida dkk. 2022). Oleh karena itu, pengolahan limbah rumah sakit sebelum dibuang ke lingkungan sangatlah penting. Penelitian ini dilakukan untuk menggambarkan kualitas air limbah pada outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RSPI Sulianti Saroso selama periode 2022–2024 berdasarkan parameter fisik, kimia, dan biologi. Selain itu, penelitian ini menilai kesesuaian kualitas air limbah tersebut terhadap baku mutu limbah cair rumah sakit yang berlaku serta mengidentifikasi tren perubahannya selama periode pengamatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air limbah di RSPI SS dengan meninjau beberapa parameter, yaitu pH, BOD, COD, total padatan tersuspensi (TSS), kandungan minyak dan lemak, kadar amonia, total koliform, zat organik (KMnO_4), serta senyawa aktif metilen biru (MBAS).

2. METODE

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif yang bersifat deskriptif, bertujuan untuk menganalisis kualitas air limbah di RSPI Sulianti Saroso berdasarkan parameter pH, BOD (mg/L), COD (mg/L), zat padat tersuspensi (TSS), minyak dan lemak, amoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) (mg/L), total koliform (MPN/100 mL), zat organik (KMnO_4), serta senyawa akibat biru metilen (MBAS) (mg/L). Pengambilan sampel dilakukan di titik outlet setelah tahap pengolahan limbah, dengan pengujian triwulanan oleh Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah (LLHD) Provinsi DKI Jakarta serta pengujian bulanan oleh Laboratorium Lingkungan PT. Unilab Perdana, sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 dan Permenlhk No. 68 Tahun 2016. Penelitian dilakukan di RSPI Sulianti Saroso pada Februari 2025, menggunakan data sekunder dari Instalasi K3 dan Kesling. Pengolahan data dilakukan secara deskriptif dengan perangkat lunak Microsoft excel, ditampilkan dalam bentuk tabular, teks, atau gambar dengan analisis rerata, deviasi baku, median, frekuensi, dan persentase.

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan kualitas air limbah pada outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RSPI Sulianti Saroso selama periode 2022–2024. Data yang digunakan merupakan data sekunder hasil pengujian laboratorium kualitas air limbah yang dilakukan secara bulanan oleh Laboratorium Lingkungan PT Unilab Perdana (12 kali per tahun) dan triwulanan oleh Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta (4 kali per tahun). Dengan demikian, total frekuensi pengambilan sampel selama tiga tahun pengamatan adalah 48 kali pengujian dari Unilab Perdana dan 12 kali pengujian dari Dinas Lingkungan Hidup, sehingga jumlah data keseluruhan (n) sebanyak 60 hasil pengujian. Desain deskriptif kuantitatif dipilih karena penelitian ini tidak bertujuan untuk menguji hubungan sebab-akibat maupun efektivitas perlakuan tertentu, melainkan untuk menggambarkan kondisi aktual kualitas air limbah, menilai kesesuaiannya dengan baku mutu yang berlaku, serta mengamati tren perubahan kualitas air limbah dari waktu ke waktu berdasarkan data numerik hasil pengukuran laboratorium.

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan RSPI SS Nomor: PP.07.01/D.XXXIX.14/7/2025 Tanggal 22 Januari 2025 dan Izin Penelitian dari Direktur Utama RSPI Sulianti Saroso dengan Nomor: BP.01.02/D.XXXIX/534/2025 Tanggal 6 Februari 2025. Selanjutnya peneliti berkoordinasi dengan Instalasi K3 dan Kesling, mencakup proses pengumpulan, analisis data, serta penyusunan laporan (Gambar 1).



Gambar 1. Alur Penelitian

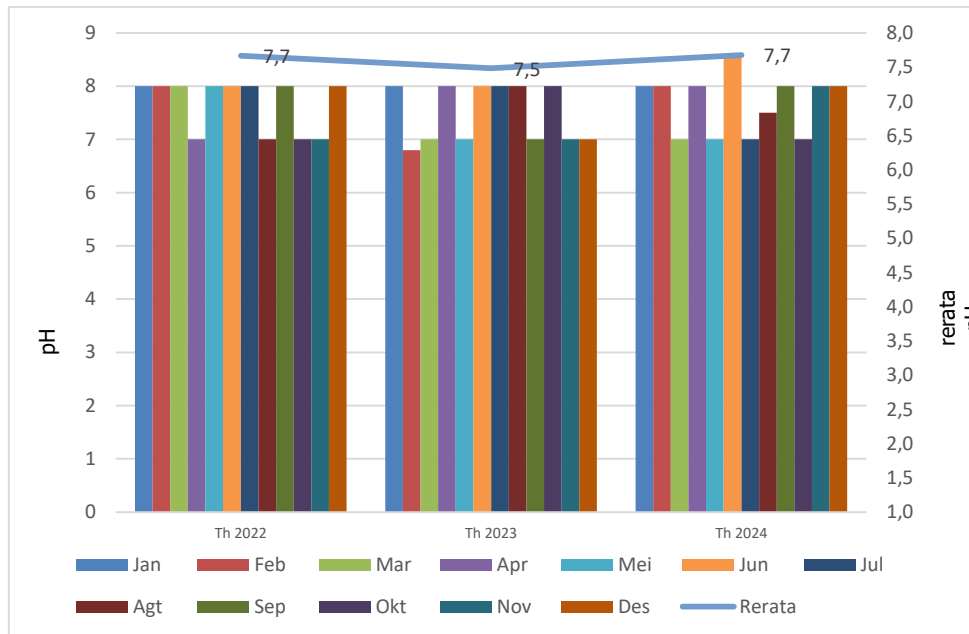
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uraian Proses Pengolahan Air Limbah pada IPAL RSPI Sulianti Saroso

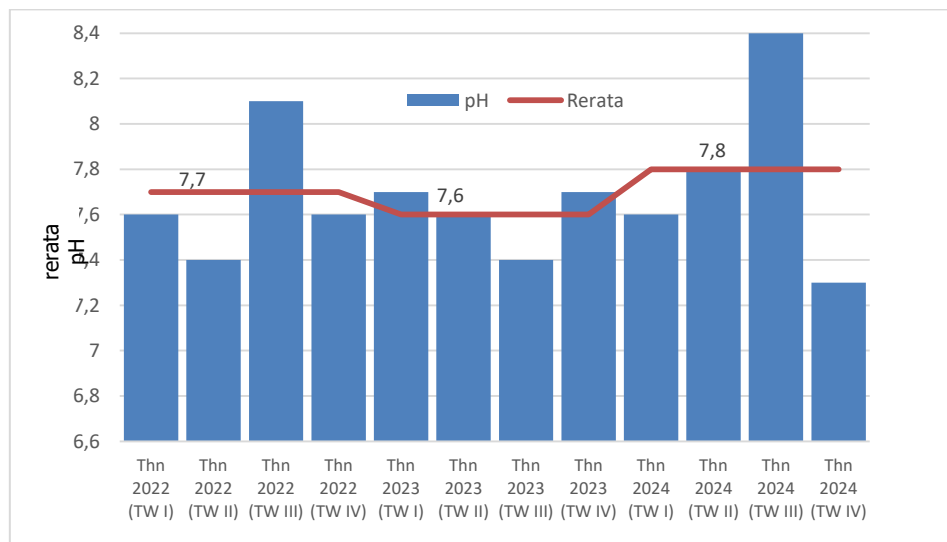
Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di RSPI Sulianti Saroso dirancang untuk mengolah limbah cair yang berasal dari seluruh aktivitas pelayanan rumah sakit sebelum dibuang ke badan air penerima. Proses pengolahan dilakukan secara bertahap melalui kombinasi proses fisik, biologis, dan kimia. Tahap awal pengolahan diawali dengan proses penyaringan dan pengendapan awal, yang berfungsi untuk memisahkan partikel padat kasar dan mengurangi beban pencemar awal. Selanjutnya, air limbah dialirkan ke bak pengolahan biologis anaerob, di mana mikroorganisme anaerob berperan dalam menguraikan sebagian bahan organik dengan konsentrasi tinggi.

Air limbah kemudian memasuki bak pengolahan biologis aerob (*contact aeration*) yang dilengkapi dengan media biofilter tetap berupa media plastik berbentuk honeycomb (sarang tawon). Pada tahap ini, mikroorganisme aerob yang melekat pada permukaan media biofilter menguraikan sisa bahan organik terlarut, menurunkan nilai BOD dan COD, serta mendukung proses nitrifikasi untuk menurunkan kadar amoniak. Proses ini dipercepat dengan sistem aerasi yang menyediakan suplai oksigen terlarut secara kontinu. Setelah pengolahan

biologis, air limbah dialirkan ke unit filtrasi dengan media unggun pasir, yang berfungsi sebagai proses penyisihan lanjutan untuk menurunkan kandungan padatan tersuspensi (TSS), kekeruhan, serta sisa partikel organik dan anorganik. Unggun pasir juga berperan dalam menstabilkan nilai pH air limbah sebelum dibuang. Tahap akhir pengolahan meliputi proses desinfeksi, yang bertujuan untuk menurunkan jumlah mikroorganisme patogen, termasuk total koliform, sehingga air limbah yang dihasilkan aman dan memenuhi baku mutu lingkungan. Air limbah yang telah melalui seluruh rangkaian proses ini kemudian dialirkan ke outlet IPAL dan dilakukan pemantauan kualitas secara berkala melalui pengujian laboratorium.



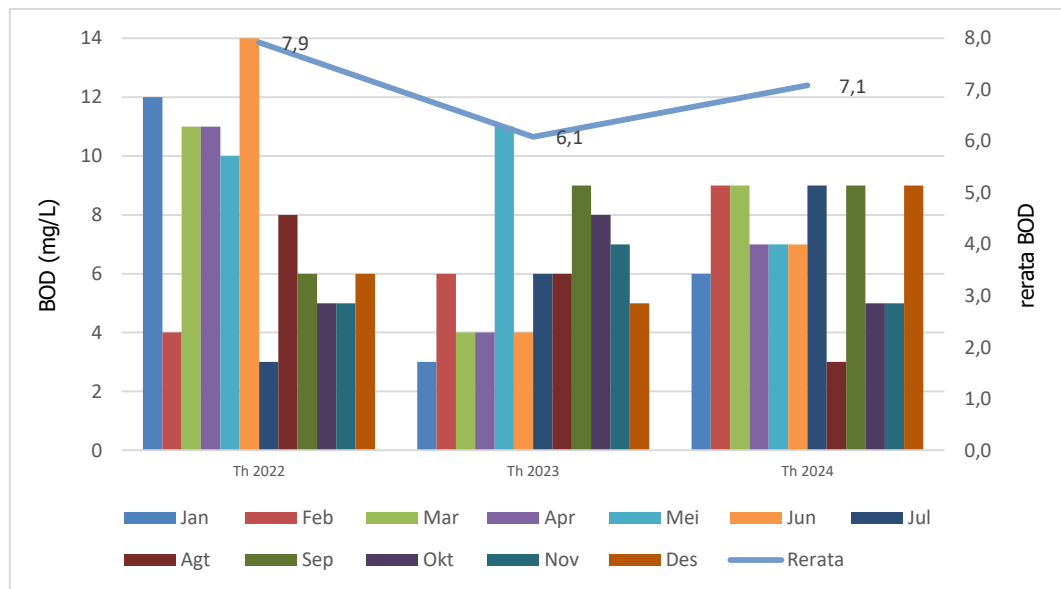
A



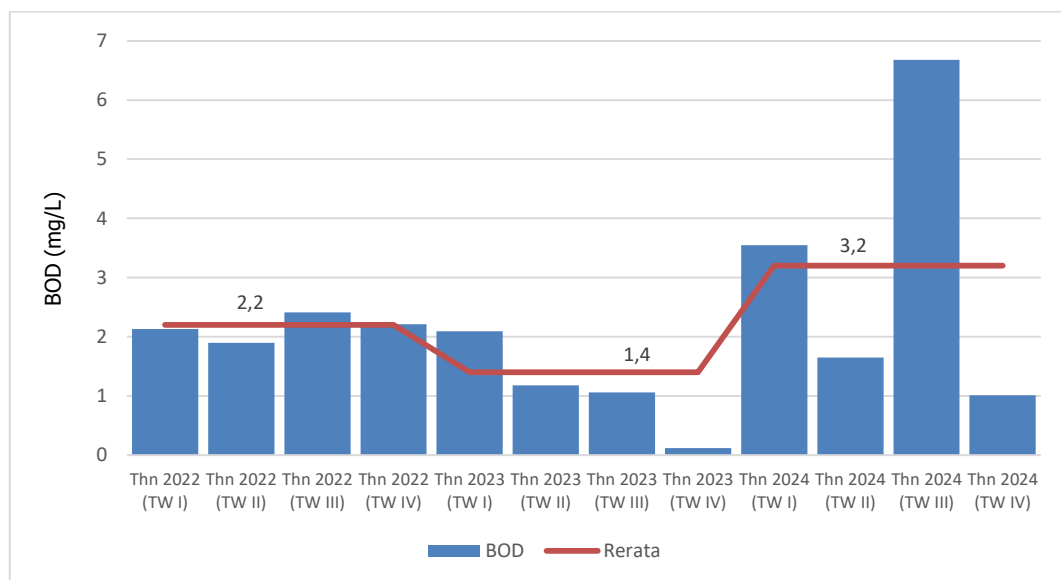
B

Gambar 2. Tren Hasil Uji Parameter pH Limbah Cair

Hasil pengujian pH limbah cair pada outlet IPAL RSPI Sulianti Saroso selama tahun 2022–2024 menunjukkan nilai yang stabil meskipun terjadi fluktuasi bulanan. Seluruh nilai pH berada dalam rentang baku mutu limbah cair rumah sakit (6–9) sebagaimana diatur dalam Permen LHK No. 68 Tahun 2016 (No.68 Tahun 2016 2016). Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah, termasuk filtrasi dan pengolahan biologis, mampu menjaga kestabilan pH sehingga mendukung aktivitas mikroorganisme dan mencegah dampak korosif maupun toksik terhadap lingkungan perairan (Gambar 2).



A

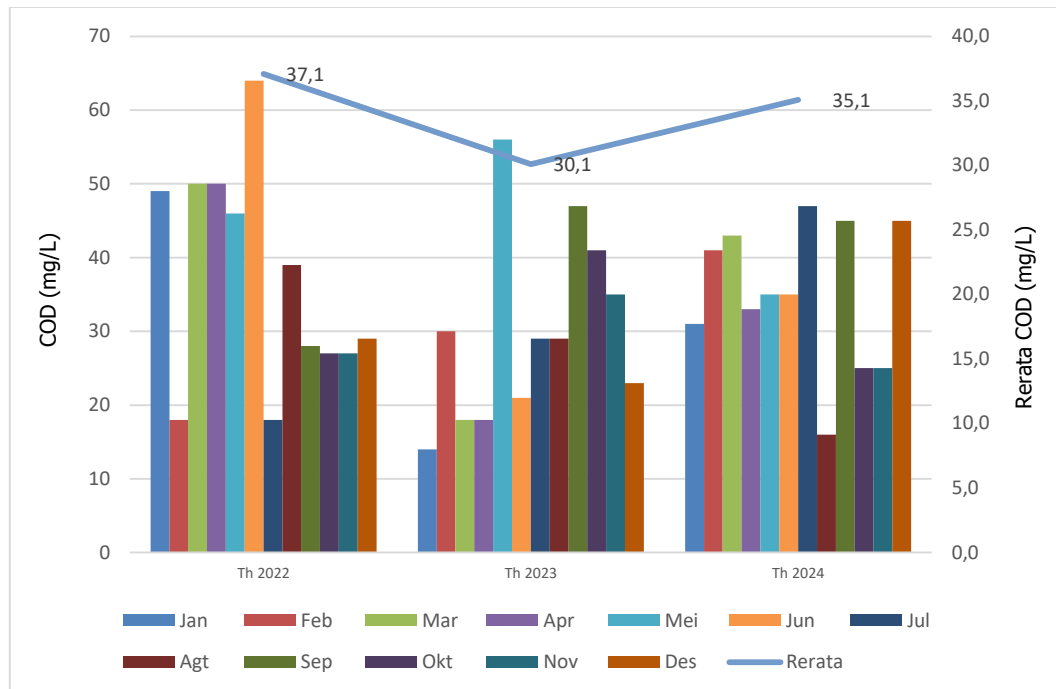


B

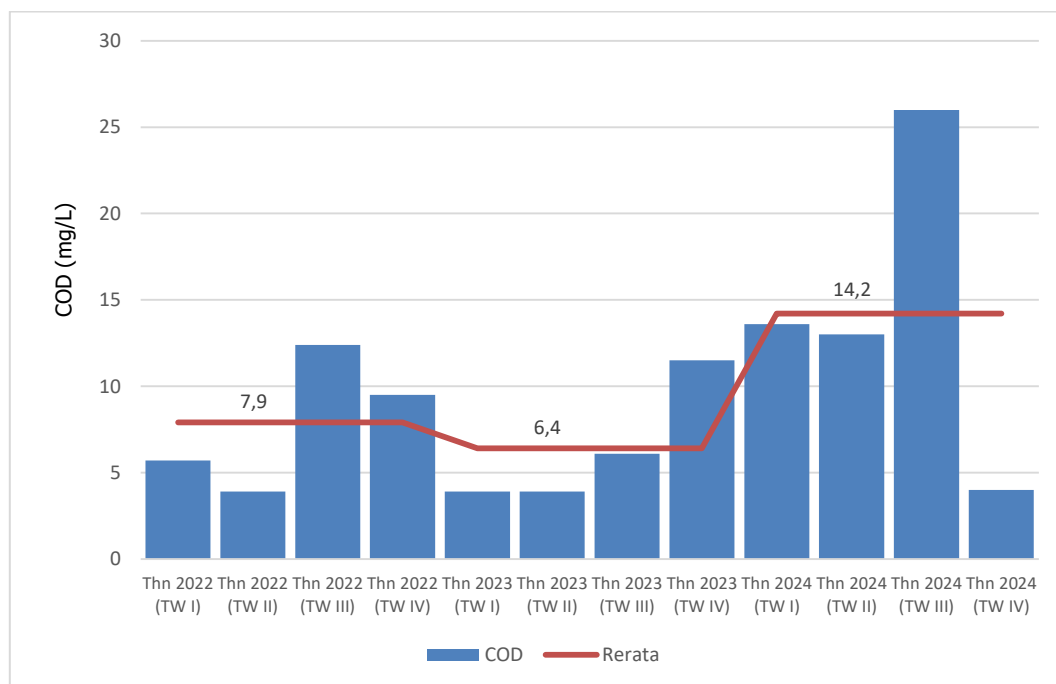
Gambar 3. Tren Hasil Uji Parameter BOD Limbah Cair

Tren nilai Biochemical Oxygen Demand (BOD) menunjukkan fluktuasi antarbuan, namun seluruh hasil pengukuran tetap berada di bawah ambang batas baku mutu yang ditetapkan. Berdasarkan Permen LHK No. 68 Tahun 2016, rendahnya nilai BOD pada efluen menunjukkan bahwa proses pengolahan biologis di IPAL RSPI Sulianti Saroso berjalan efektif dalam menurunkan beban bahan organik mudah terurai (No.68 Tahun 2016 2016). Fluktuasi

BOD diduga dipengaruhi oleh variasi aktivitas pelayanan rumah sakit dan volume limbah domestik yang masuk ke sistem IPAL (Gambar 3).



A

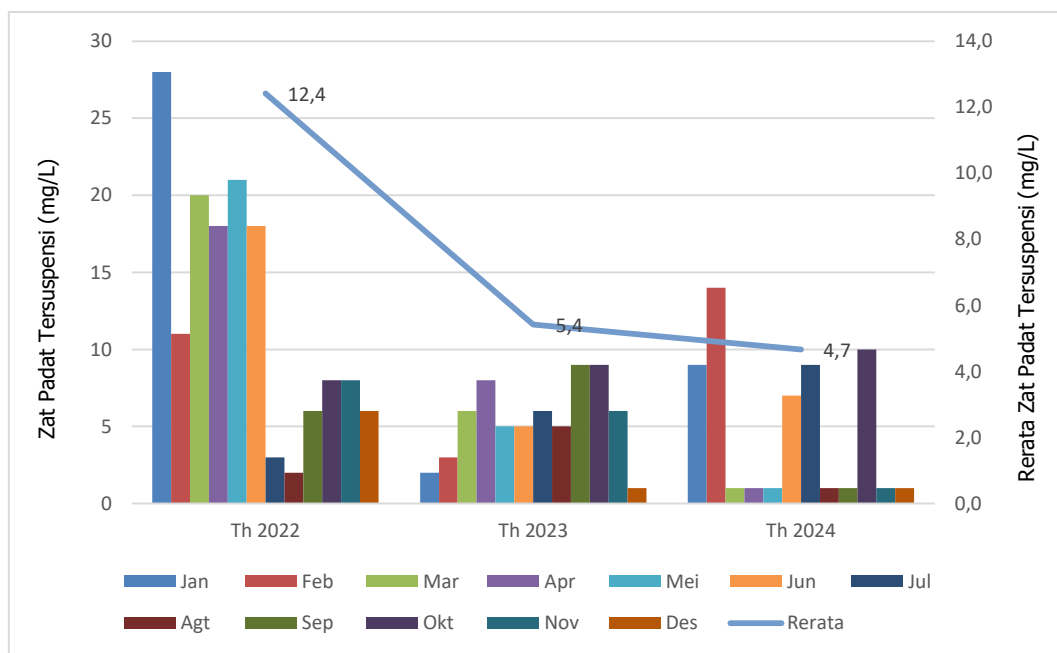


B

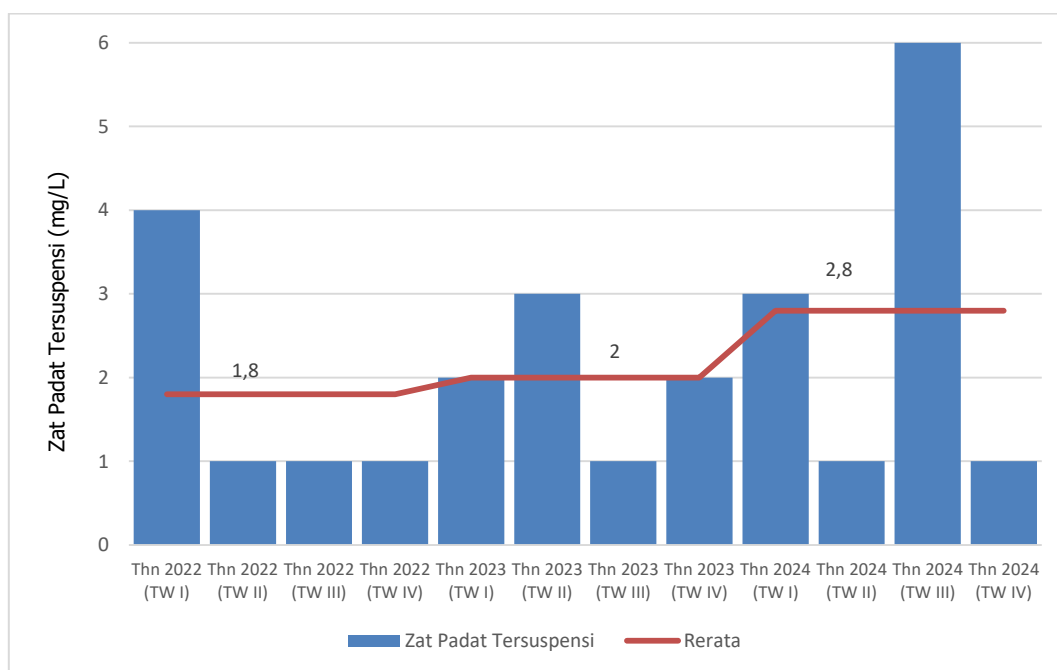
Gambar 4. Tren Hasil Uji Parameter COD pada Limbah Cair

Hasil uji Chemical Oxygen Demand (COD) pada periode pengamatan menunjukkan pola fluktuatif, namun seluruh nilai berada di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan dalam Permen Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 16 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (Kehutanan 2019). Hal ini mengindikasikan bahwa sistem IPAL mampu

mengendalikan kandungan total senyawa organik, baik yang mudah maupun sukar terurai, sehingga efluen yang dihasilkan aman untuk dibuang ke badan air penerima (Gambar 4). Nilai total padatan tersuspensi (TSS) selama tahun 2022–2024 berada di bawah baku mutu limbah cair rumah sakit sesuai Permen LHK No. 68 Tahun 2016. Tren penurunan TSS pada tahun 2024 mencerminkan efektivitas proses pengendapan, filtrasi, dan penyaringan lanjutan dalam sistem IPAL. Rendahnya kadar TSS juga mendukung efektivitas proses desinfeksi dan mengurangi potensi pencemaran fisik pada lingkungan perairan (Gambar 5).



A

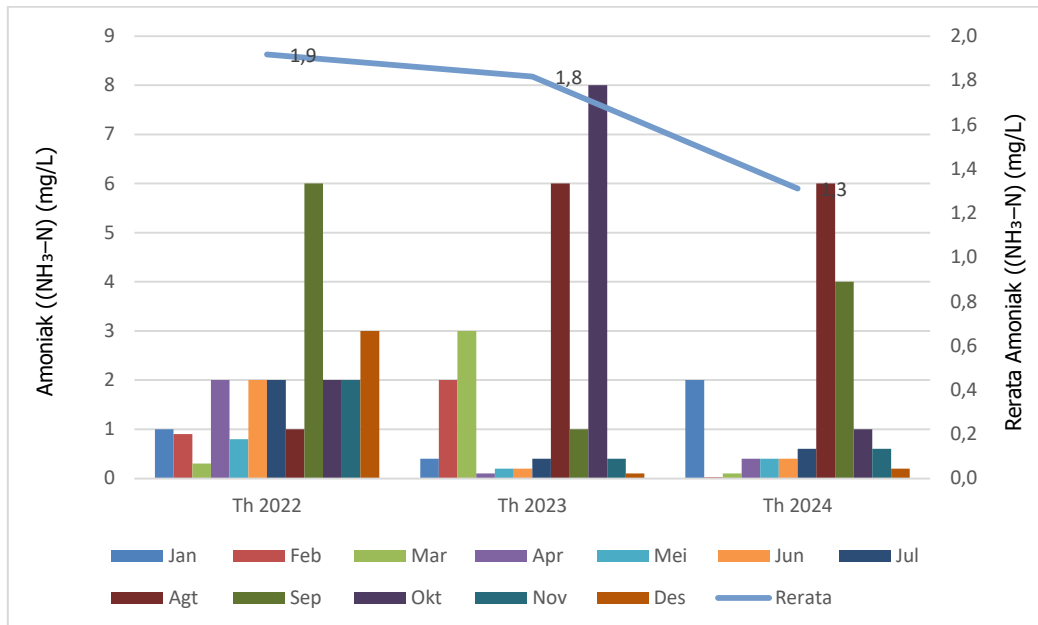


B

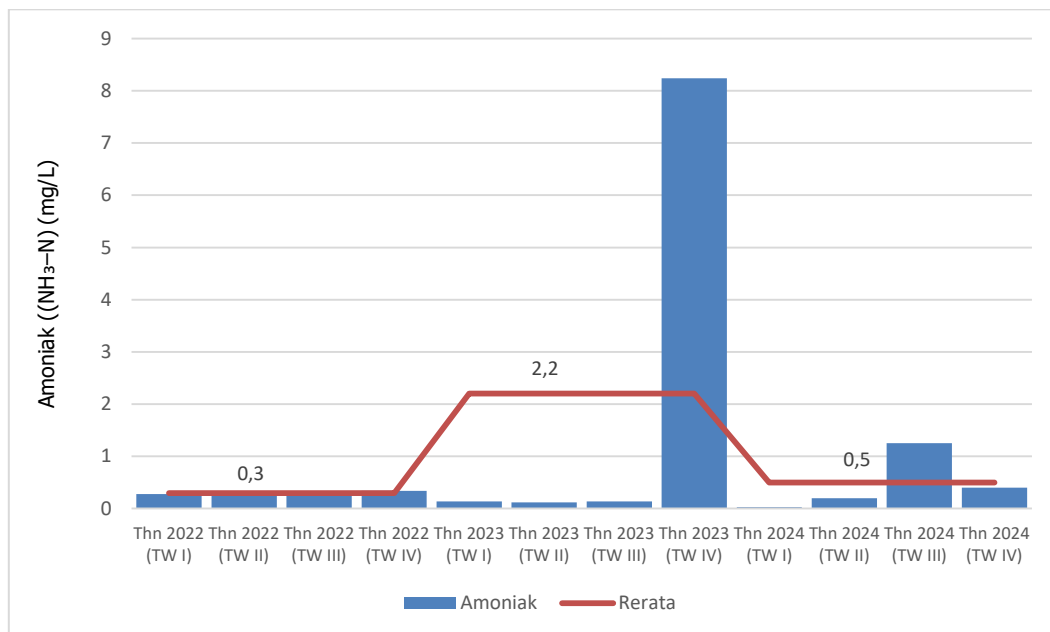
Gambar 5. Tren Hasil Uji Parameter Zat Pada Tersuspensi pada Limbah Cair

Kadar amoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada outlet IPAL selama periode pengamatan secara konsisten berada di bawah ambang batas baku mutu sebesar 10 mg/L sebagaimana ditetapkan dalam

Permen LHK No. 68 Tahun 2016. Hal ini menunjukkan bahwa proses nitrifikasi pada unit pengolahan biologis aerob berjalan optimal. Pengendalian kadar amoniak yang baik penting untuk mencegah bau tidak sedap, eutrofikasi, serta penurunan oksigen terlarut pada badan air penerima (Gambar 6).



A



B

Gambar 6. Tren Hasil Uji Parameter Amoniak pada Limbah Cair

Adapun tren hasil uji parameter koliform selama tiga (3) tahun terakhir selalu di bawah standar baku mutu yaitu 3000 (Tabel 1). Hasil pemeriksaan zat organik pada limbah cair ada penurunan pada 5 bulan terakhir tahun 2024 yaitu sebesar $<0,02$ dibandingkan tahun sebelumnya (Tabel 2).

Tabel 1. Tren Uji Parameter Koliform (MPN/100 mL)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2022	2700	4	<1.8	<1.8	40	200	<1.8	430	150	140	400	2700
2023	940	230	91	40	400	<1.8	2300	910	2400	40	2300	43
2024	2400	540	<1.8	23	<1.8	<1.8	1500	5	14	8	8	14

Tabel 2. Tren Uji Parameter Zat Organik (KMnO₄) (mg/L)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2022	19	6	18	17	16	22	6	13	9	9	9	9
2023	4	10	6	6	18	7	9	9	15	13	11	8
2024	10	14	14	10	11	11	15	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Sementara itu hasil pemeriksaan senyawa aktif biru metilen bervariasi setiap bulannya pada tahun 2024, sedangkan tahun 2023 dan 2022 konstan (<0,05) (Tabel 3).

Tabel 3. Tren Uji Parameter Senyawa Aktif Biru Metilen (MBAS) (mg/L)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2022	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2023	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2024	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	5	4	210	91	430	<1.8

Hasil uji parameter total koliform, zat organik, dan senyawa aktif biru metilen oleh Dinas Lingkungan Hidup Jakarta sejak tahun 2022 sampai dengan 2024 didapatkan hasil selalu di bawah standar baku mutu.

Tabel 4. Tren Uji Parameter Total Koliform, Zat Organik, dan Senyawa Aktif Biru Metilen oleh Dinas Lingkungan Hidup Jakarta

Uji Parameter	Thn 2022 (TW I)	Thn 2022 (TW II)	Thn 2022 (TW III)	Thn 2022 (TW IV)	Thn 2023 (TW I)	Thn 2023 (TW II)	Thn 2023 (TW III)	Thn 2023 (TW IV)	Thn 2024 (TW I)	Thn 2024 (TW II)	Thn 2024 (TW III)	Thn 2024 (TW IV)
Total Koliform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5	0
Zat Organik	2,86	2,67	6,5	4,43	2,32	2,75	4.05	8	6,83	6,92	11,72	0,23
Senyawa Aktif Biru Metilen/Surfaktan/MBAS	0,06	0,07	0,06	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,09	0,04	0,06	0,23

Gambar 7. menunjukkan kegiatan pengukuran dan pengambilan sampel air limbah pada outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RSPI Sulianti Saroso. Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan prosedur operasional standar oleh petugas dan laboratorium penguji, dengan memperhatikan aspek keselamatan kerja dan pengendalian mutu pengujian. Sampel air limbah yang diambil selanjutnya dianalisis di laboratorium terakreditasi untuk mengukur parameter fisik, kimia, dan biologi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Dokumentasi ini menggambarkan komitmen rumah sakit dalam melakukan pemantauan kualitas air limbah secara rutin sebagai bagian dari upaya pengendalian pencemaran lingkungan dan pemenuhan baku mutu limbah cair rumah sakit.

Penelitian ini menunjukkan hasil pengujian parameter pH, BOD, COD, zat padat tersuspensi, minyak dan lemak, amoniak, total koliform, zat organik, dan senyawa aktif biru metilen pada outlet limbah cair RSPI Sulianti Saroso tahun 2022-2024. Pengambilan sampel air limbah pada outlet pengujian parameter dilakukan oleh Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah (LLHD) setiap triwulan dan Laboratorium Lingkungan PT Unilab Perdana (pihak ketiga) setiap 1 bulan.



Gambar 7. Kegiatan Pengukuran Kualitas Air Limbah

Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa nilai pH limbah cair setelah proses pengolahan masih memenuhi standar yang ditetapkan, karena masih berada di bawah batas maksimum yang diperbolehkan untuk limbah rumah sakit menurut regulasi yang berlaku (No.68 Tahun 2016) yaitu antara 6 hingga 9. Kenaikan pH terjadi akibat kontaminasi dari unggun pasir yang mengandung kalsium. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai pH, di mana pada unggun berdiameter 0,278 mm dengan tinggi 50 cm terjadi kenaikan sebesar 0,16, sementara pada unggun dengan tinggi 70 cm dan diameter yang sama, kenaikan pH mencapai 0,21. Limbah yang memiliki pH rendah bersifat korosif terhadap logam, sehingga dapat memicu terjadinya proses perkaratan. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Sayekti, yang melaporkan bahwa nilai pH media lingkungan setelah melalui proses pengolahan biologis berada dalam rentang 6,5 hingga 8,5. Selain itu, pH yang terlalu tinggi (lebih dari 8,5) dapat menghambat aktivitas mikroorganisme, sedangkan pH di

bawah 6,5 cenderung mendukung pertumbuhan jamur yang bersaing dengan bakteri dalam proses metabolisme bahan organik (Sankaran dkk. 2010; Senadheera dkk. 2025).

Biochemical Oxygen Demand (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologi merupakan parameter yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme (terutama bakteri) untuk menguraikan bahan organik dalam kondisi aerobik (Lacalamita, Mongiovi, and Crini 2024). Semakin besar nilai BOD, semakin berkurang ketersediaan oksigen terlarut di perairan, sehingga menyulitkan organisme akuatik yang membutuhkan oksigen untuk bertahan hidup (Solihati dkk. 2016).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah melalui proses pengolahan, kadar BOD limbah cair di RSPI Sulianti Saroso mengalami fluktuasi setiap bulan, namun rata-rata nilainya selama tiga tahun terakhir tetap berada di bawah ambang batas yang ditetapkan. Variasi kadar BOD ini dipengaruhi oleh waktu pengambilan sampel serta tingkat aktivitas di rumah sakit. Berdasarkan keterangan dari petugas K3 dan Kesehatan Lingkungan, aktivitas tertinggi di rumah sakit terjadi antara pukul 10.00 hingga 14.00 WIB, yang menyebabkan peningkatan volume limbah domestik yang berasal dari dapur, kantin, kamar mandi, dan toilet.

Temuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian Sugito di Rumah Sakit Bunda Surabaya, yang menyebutkan bahwa sistem pengolahan limbah menggunakan biofilter aerob mampu menurunkan kadar BOD secara signifikan (Sugito 2022). Namun demikian, tingkat efektivitas biofilter aerob pada penelitian ini belum dapat dievaluasi secara menyeluruh karena data kadar BOD pada bagian inlet tidak tersedia. Berbeda dengan penelitian Iqbal di Rumah Sakit Umum Dr. Pirngadi Medan, yang melaporkan adanya penurunan kadar BOD dari 428,62 mg/L menjadi 27,895 mg/L sebelum dan sesudah proses pengolahan.

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah parameter yang digunakan untuk menilai jumlah total senyawa organik dalam air, mencakup baik senyawa yang mudah terurai maupun yang sukar terurai. Rasio antara nilai COD dan BOD dapat memberikan indikasi mengenai jumlah senyawa organik persisten yang terdapat dalam perairan (Haerun dkk. 2018; Santoso 2018). Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa kadar COD pasca-pengolahan mengalami fluktuasi setiap bulan, namun tetap berada dalam batas yang diizinkan, yaitu di bawah ambang maksimum 100 mg/L sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 58/MENLH/12/1995. Pengukuran dilakukan satu kali pada bagian outlet.

Temuan ini berbeda dengan hasil penelitian Sugito di Rumah Sakit Bunda Surabaya, yang melaporkan bahwa proses biofilter aerob efektif menurunkan kadar COD pada inlet dan outlet, dengan rata-rata penurunan sebesar 43,5%. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Sami (2016) menunjukkan bahwa efisiensi pengurangan COD meningkat seiring dengan bertambahnya tinggi susunan unggun dalam kolom serta semakin kecilnya ukuran diameter butiran pasir yang digunakan (Sami 2016). Semakin tinggi lapisan unggun, semakin lama waktu kontak antara air limbah dan media padatan, sehingga semakin banyak zat organik maupun anorganik yang dapat terdegradasi.

Lebih lanjut, proses Sequencing Batch Reactor (SBR) diketahui mampu menghilangkan COD sebesar 68–81%, sedangkan Bioreaktor Unggun Tetap (BUT) menunjukkan efisiensi penyisihan COD pada kisaran 36–49%. Berdasarkan hasil penelitian, Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di RSPI Sulianti Saroso efektif dalam menurunkan kandungan total coliform, karena nilainya selalu berada di bawah standar baku mutu yang ditetapkan. Namun, efektivitas pengolahan air limbah rumah sakit dengan biofilter aerob dalam menurunkan kadar Most Probable Number (MPN) Coliform masih belum dapat dipastikan. Kekeruhan air

terjadi akibat keberadaan partikel padat tersuspensi, yang dapat bersifat anorganik maupun organik. Partikel anorganik biasanya berasal dari proses pelapukan batuan dan logam, sedangkan partikel organik dapat berasal dari sisa tumbuhan atau hewan yang mengalami pembusukan. Selain itu, limbah industri juga dapat menjadi sumber kekeruhan. Zat organik dalam air berperan sebagai sumber makanan bagi bakteri, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri dan menyebabkan peningkatan kekeruhan air. Selain bakteri, pertumbuhan alga yang dipicu oleh keberadaan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) juga dapat menambah kekeruhan air. Air yang keruh sulit untuk didesinfeksi karena partikel tersuspensi dapat melindungi mikroorganisme di dalamnya. Hal ini berisiko membahayakan kesehatan jika mikroorganisme yang terdapat dalam air bersifat patogen.

Proses penguraian zat organik dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerob maupun bakteri fakultatif aerob. Setelah sistem beroperasi selama beberapa hari, permukaan media filter akan tertutup lapisan biofilm yang terdiri atas berbagai mikroorganisme. Mikroorganisme ini berfungsi menguraikan sisa zat organik yang belum terdegradasi di bak pengendapan. Air limpasan dari bak kontaktor anaerob kemudian dialirkan ke bak kontaktor aerob (Said 2018).

Bak aerob tersebut dilengkapi dengan media plastik berbentuk honeycomb tube (sarang tawon) dan diaerasi dengan udara, sehingga mikroorganisme yang tumbuh dan menempel pada permukaan media dapat memecah senyawa organik dalam air limbah. Interaksi antara air limbah dengan mikroorganisme yang tersuspensi maupun yang melekat pada media meningkatkan efisiensi penguraian zat organik dan deterjen, sekaligus mempercepat proses nitrifikasi. Kondisi ini pada akhirnya memperbaiki efektivitas proses penghilangan amonia. Tahapan ini dikenal dengan istilah Aerasi Kontak (Contact Aeration). Berdasarkan hasil analisis laboratorium, kadar senyawa aktif biru metilen (MBAS) menunjukkan adanya fluktuasi setiap bulan selama periode enam bulan pengamatan pada tahun 2024 (Said 2018).

Hasil analisis laboratorium terhadap kandungan minyak dan lemak menunjukkan bahwa rata-rata nilainya pada outlet berada di bawah 1,6 mg/L. Menurut Indrayani dan Rahmah (2018), senyawa minyak dan lemak cenderung mengapung di permukaan bak sedimentasi, sehingga tidak ikut terbawa keluar menuju badan air penerima (Indrayani and Rahmah 2018). Konsentrasi zat organik yang tinggi dalam limbah cair, termasuk amonia, dapat menurunkan kadar oksigen terlarut di perairan, yang pada gilirannya meningkatkan nilai kebutuhan oksigen biologi (BOD) dan kebutuhan oksigen kimia (COD).

Baku mutu limbah cair rumah sakit untuk parameter amonia ditetapkan sebesar 10 mg/L. Apabila konsentrasi amonia melampaui batas ini, limbah cair dapat menimbulkan bau tidak sedap dan merangsang pertumbuhan berlebih lumut serta mikroalga, yang dikenal sebagai proses eutrofikasi. Kondisi tersebut menyebabkan air menjadi keruh dan berbau akibat pembusukan organisme yang mati. Pembuangan limbah dengan kadar amonia tinggi juga berpotensi menurunkan oksigen terlarut dalam badan air penerima karena oksigen digunakan dalam proses nitrifikasi NH_3 (Pramaningsih, Wahyuni, and Saputra 2020). Kekurangan oksigen di ekosistem perairan dapat mengakibatkan kematian biota air dan menimbulkan kondisi anaerobik (Ahmad dkk. 2024; Alaia Scott 2021).

Secara umum, pengolahan limbah cair rumah sakit wajib memenuhi baku mutu yang mencakup parameter kimia, fisika, dan biologi, termasuk kadar amonia. Berdasarkan hasil penelitian ini, kadar amonia dalam air limbah pada outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RSPI Sulianti Saroso berada di bawah batas baku mutu yang ditetapkan. Namun, hasil tersebut berbeda dengan temuan di Rumah Sakit Ibnu Sina Pekanbaru, di mana kadar

amonia pada outlet IPAL dilaporkan melebihi ambang batas (Hartati, Ahmad, and Nazriati 2015).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data pengujian laboratorium, dapat disimpulkan bahwa seluruh parameter yang diteliti, yaitu pH, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), total padatan tersuspensi (TSS), minyak dan lemak, amoniak, total koliform, zat organik (KMnO_4), serta senyawa aktif biru metilen (MBAS), secara konsisten berada di bawah ambang batas baku mutu limbah cair rumah sakit sesuai peraturan yang berlaku.

Meskipun terdapat fluktuasi nilai parameter secara bulanan dan tahunan, kecenderungan umum menunjukkan bahwa kualitas efluen limbah cair tetap terkendali dan memenuhi standar lingkungan. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem pengolahan air limbah yang diterapkan di IPAL RSPI Sulianti Saroso berfungsi secara efektif dalam menurunkan beban pencemar limbah cair rumah sakit. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menggambarkan kualitas air limbah, menilai kesesuaiannya terhadap baku mutu, serta mengamati tren perubahannya selama periode pengamatan telah tercapai. Pemantauan dan evaluasi secara berkelanjutan tetap diperlukan guna menjaga stabilitas kinerja IPAL dan mendukung pengelolaan lingkungan rumah sakit yang berkelanjutan.

PERSANTUNAN

Terimakasih kepada direktur utama dan kepala instalasi K3 dan Sanitasi atas perizinan dan dukungan selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Nuraddeen Bello, Mohammed Sani Jaafaru, Zaharaddeen Isa, Yusuf Abdulhamid, Rahanatu Adamu Kakudi, Adamu Yunusa Ugya, and Kamel Meguellati. 2024. "High Pollution Loads Engineer Oxygen Dynamics, Ecological Niches, and Pathogenicity Shifts in Freshwater Environments." *Journal of Hazardous Materials Advances* 14:100425. doi: <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2024.100425>.
- Alaia Scott. 2021. "Causes of Oxygen Depletion in an Aquatic Environment." *Journal of Aquatic Pollution and Toxicology* (2009):36648. doi: 10.36648/2581-804X.5.3.14.
- Asrun, Andi Muhammad, L. Alfies Sihombing, and Yeni Nuraeni. 2020. "Dampak Pengelolaan Sampah Medis Dihubungkan Dengan Undang-Undang No 36 Tahun 2009 Tentang Kesehatan Dan Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup." *PAJOU (Pakuan Justice Journal of Law)* 1(1):33–46.
- Bhandari, Geeta, Parul Chaudhary, Saurabh Gangola, Sanjay Gupta, Ashulekha Gupta, Mohd Rafatullah, and Shaohua Chen. 2023. "A Review on Hospital Wastewater Treatment Technologies: Current Management Practices and Future Prospects." *Journal of Water Process Engineering* 56:104516. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104516>.
- Haerun, Ridwan, Anwar Mallongi, Muh Fajaruddin Natsir, Dep Kesehatan Lingkungan, and Fakultas Kesehatan Masyarakat. 2018. "Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem Upflow Dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4 Efficiency Toward Liquid Waste of Tofu Industry Using Biofilter Upflow System with Additional Effective Microorganism 4." *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK) LP2M Unhas* 1:1–11.
- Haque, Mainul, Judy McKimm, Massimo Sartelli, Sameer Dhingra, Francesco M. Labricciosa,

- Salequl Islam, Dilshad Jahan, Tanzina Nusrat, Tajkera Sultana Chowdhury, Federico Coccolini, Katia Iskandar, Fausto Catena, and Jaykaran Charan. 2020. "Strategies to Prevent Healthcare-Associated Infections: A Narrative Overview." *Risk Management and Healthcare Policy* 13:1765–80. doi: 10.2147/RMHP.S269315.
- Hartati, Hartati, Adrianto Ahmad, and Elda Nazriati. 2015. "Implementasi Pengelolaan Limbah Cair Rumah Sakit Islam Ibnu Sina Pekanbaru." *Dinamika Lingkungan Indonesia* 2:87. doi: 10.31258/dli.2.2.p.87-91.
- Ibáñez-Cruz, Augusto Jorge Antonio, Alejandra Micaela Elena Vergara-Florián, and William C. Algoner. 2025. "Hospital Solid Waste Management Strategies to Prevent Healthcare-Associated Infections from Occupational Exposure to Bloodborne Pathogens and Improve Occupational Safety." *Frontiers in Public Health* 13:1499463. doi: 10.3389/fpubh.2025.1499463.
- Indrayani, Linin, and Nur Rahmah. 2018. "Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik." *Jurnal Rekayasa Proses* 12(1):41. doi: 10.22146/jrekpros.35754.
- Janik-Karpinska, Edyta, Rachele Brancaloni, Marcin Niemcewicz, Wiktor Wojtas, Maurizio Foco, Marcin Podogrocki, and Michal Bijak. 2023. "Healthcare Waste-A Serious Problem for Global Health." *Healthcare (Basel, Switzerland)* 11(2). doi: 10.3390/healthcare11020242.
- Kehutanan, Kementerian Lingkungan Hidup dan. 2019. "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 16 Tahun 2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah." 53(9):1689–99.
- Lacalamita, Dario, Chiara Mongioví, and Grégorio Crini. 2024. "Chemical Oxygen Demand and Biochemical Oxygen Demand Analysis of Discharge Waters from Laundry Industry: Monitoring, Temporal Variability, and Biodegradability." *Frontiers in Environmental Science* 12(April):1–11. doi: 10.3389/fenvs.2024.1387041.
- Majumder, Abhradeep, Ashok Kumar Gupta, Partha Sarathi Ghosal, and Mahesh Varma. 2021. "A Review on Hospital Wastewater Treatment: A Special Emphasis on Occurrence and Removal of Pharmaceutically Active Compounds, Resistant Microorganisms, and SARS-CoV-2." *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9(2):104812. doi: 10.1016/j.jece.2020.104812.
- Malaysia Ministry of Health. 2017. "Annual Report Ministry of Health Malaysia 2017." Ministry of Health Malaysia 1–490.
- No.68 Tahun 2016, Permen LHK. 2016. "Baku Mutu Air Limbah Domestik." Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia 1–13.
- Parida, Vishal Kumar, Divyanshu Sikarwar, Abhradeep Majumder, and Ashok Kumar Gupta. 2022. "An Assessment of Hospital Wastewater and Biomedical Waste Generation, Existing Legislations, Risk Assessment, Treatment Processes, and Scenario during COVID-19." *Journal of Environmental Management* 308:114609. doi: 10.1016/j.jenvman.2022.114609.
- Pramaningsih, Vita, Marjan Wahyuni, and Muhammad Adi Wardani Saputra. 2020. "Kandungan Amonia Pada Ipal Rumah Sakit Umum Daerah Abdul Wahab Sjahranie, Samarinda." *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)* 6(1):34–44. doi: 10.20527/jukung.v6i1.8236.
- Said, Nusa Idaman. 2018. "Paket Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Yang Murah Dan Efisien." *Jurnal Air Indonesia* 2(1):52–65. doi: 10.29122/jai.v2i1.2289.
- Sami, Muhammad. 2016. "Penyisihan Cod, Tss, Dan Ph Dalam Limbah Cair Domestik Dengan Metode Fixed-Bed Column Up Flow." *Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi* 10. doi: 10.30811/jstr.v10i1.156.
- Sankaran, Sindhuja, Samir Khanal, Nagapadma Jasti, Bo Jin, Anthony III, and Hans Van Leeuwen. 2010. "Use of Filamentous Fungi for Wastewater Treatment and Production of

High Value Fungal Byproducts: A Review." *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* - crit rev environ sci technol 40:400–449. doi: 10.1080/10643380802278943.

- Santoso, Arif Dwi. 2018. "Keragaan Nilai DO, BOD Dan COD Di Danau Bekas Tambang Batubara Studi Kasus Pada Danau Sangatta North PT. KPC Di Kalimantan Timur." *Jurnal Teknologi Lingkungan* 19(1):89. doi: 10.29122/jtl.v19i1.2511.
- Senadheera, Uvin Eksith, A. M. W. D. C. B. Abeykoon, P. M. N. Sewmini, W. M. R. B. Weerasekara, Nadeeka P. Darshani, Jasintha Jayasanka, Nuwan A. Weerasekara, Choolaka Hewawasam, K. K. Asank. Sanjeewa, and Thilina U. Jayawardena. 2025. "Up-Flow Anaerobic Sludge Bed Reactors for Sustainable Wastewater Management: Challenges, Innovations, and Future Directions." *Water (Switzerland)* 17(4):1–31. doi: 10.3390/w17040476.
- Solihati, Euis Novi, Umi Alfiani, Elisa Maharani, Achmad Rizki Azhari, Christin Oktaviana, Titi Hapsari, Ilya Farokha Rizqyana, and Agustina Ratri Maharani. 2016. *Laporan Praktikum Pemeriksaan Kualitas Air*. Semarang.
- Sugito. 2022. "Aplikasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Biofilter Untuk Menurunkan Kandungan Pencemar BOD, COD Dan TSS Di Rumah Sakit Bunda Surabaya."
- Wulandari, K., and D. Wahyudin. 2018. "Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan: Sanitasi Rumah Sakit (I)." *Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan*.