



Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah pada Salah Satu Rumah Sakit di Wilayah Kota Surabaya

Cahyo Anggoro¹✉, Mohamad Mirwan¹

⁽¹⁾Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

DOI: 10.31004/jutin.v9i1.53721

✉ Corresponding author:

[cahyoanggoro788@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Rumah Sakit;

IPAL;

Biofilter aerob

Air limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit memiliki karakteristik yang berbeda dengan air limbah industri maupun kegiatan yang lain. pada rumah sakit ini, pihak rumah sakit menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang bekerja melalui proses kimiawi, fisik, serta biologis. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengevaluasi kerja IPAL yang terpasang pada salah satu rumah sakit di Kota Surabaya. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif serta kualitatif dalam menganalisis sistem pengolahan dari rumah sakit ini. Evaluasi yang dilakukan, mulai dari debit penggunaan air bersih serta effluent limbah hingga data parameter yang terkandung di dalam air limbah. Unit IPAL yang terpasang dibangun pada rumah sakit ini di antaranya tangki pengolahan bahan kimia, grease trap, tangki Biofilter aerob, tangki Biofilter anaerob, sedimentasi, serta sumppit. Dari data yang diperoleh melalui uji laboratorium pada beberapa bulan terakhir menunjukkan IPAL bekerja kurang maksimal.

Abstract

Hospital wastewater has different characteristics from industrial wastewater and other wastewater. This hospital utilizes a wastewater treatment plant (WWTP) that operates through chemical, physical, and biological processes. This study aimed to evaluate the performance of the WWTP installed at a hospital in Surabaya. The study used both quantitative and qualitative approaches to analyze the hospital's treatment system. The evaluation included data on clean water usage and waste effluent, as well as data on wastewater parameters. The WWTP units installed at this hospital include a chemical processing tank, grease trap, aerobic biofilter tank, anaerobic biofilter tank, sedimentation tank, and sump pit. Laboratory testing data over the past few months indicates that the WWTP is not performing optimally.

Keywords:
Hospital;
WWTP;
Biofilter aerob

1. PENDAHULUAN

Rumah sakit memang sebuah tempat yang sangat penting untuk meningkatkan kesehatan masyarakat. Akan tetapi, rumah sakit juga dapat menjadi penyebab kerusakan lingkungan apabila limbah yang dihasilkan tidak

diolah dengan benar. Pada kegiatan operasional rumah sakit, baik itu pelayanan medis maupun nonmedis, menghasilkan banyak limbah. Salah satu limbah yang dihasilkan adalah limbah cair yang berbahaya dan dapat mencemari lingkungan sekitar serta kesehatan masyarakat (Goni et al., 2021).

Air limbah rumah sakit umumnya berasal dari aktivitas perawatan pasien, laboratorium, unit radiologi, farmasi, laundry, dapur, serta kegiatan sanitasi lainnya yang mengandung berbagai bahan pencemar organik, anorganik, mikrobiologi, dan bahan berbahaya lainnya. Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit memiliki karakteristik yang kompleks dan berbeda dari air limbah domestik pada umumnya. Karakteristik air limbah secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu karakteristik fisika, kimia, dan biologi (George Tchobanoglous et al., 2014). Karakteristik fisika meliputi parameter seperti suhu, warna, bau, kekeruhan, dan kandungan padatan tersuspensi (Total Suspended Solids/TSS). Karakteristik kimia mencakup kandungan bahan organik dan anorganik yang diukur melalui parameter seperti Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), pH, amonia (NH_3), serta fosfat. Sementara itu, karakteristik biologi berkaitan dengan keberadaan mikroorganisme patogen, seperti bakteri, virus, dan parasit, yang berpotensi menyebabkan penularan penyakit (George Tchobanoglous et al., 2014). Sifat fisika, kimia, dan biologi air limbah sangat bergantung pada kegiatan yang menghasilkan limbah tersebut. Misalnya, air limbah dari rumah sakit memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Selain itu, air limbah rumah sakit juga berpotensi mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia berbahaya, dan senyawa infeksius. Hal ini dapat menyebabkan risiko kesehatan dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, rumah sakit sebagai tempat pelayanan kesehatan harus memastikan bahwa air limbah diolah dengan baik sebelum dibuang ke sungai atau lingkungan sekitar. Air limbah dari rumah sakit harus diolah secara optimal untuk mengurangi risiko kesehatan dan pencemaran lingkungan. Dengan demikian, rumah sakit dapat memenuhi kewajibannya dalam menjaga kesehatan masyarakat dan lingkungan (Haribowo R et al., 2022).

Pengelolaan air limbah rumah sakit yang tidak memadai dapat menyebabkan beberapa masalah serius. Pertama, air limbah yang tidak diolah dengan baik dapat mencemari perairan di sekitar rumah sakit. Kedua, hal ini juga dapat menurunkan kualitas lingkungan secara keseluruhan. Terakhir, pengelolaan air limbah yang buruk juga dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan pada masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi rumah sakit (Purwanti et al., 2024). Tujuan utama dari pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah atau IPAL adalah untuk mengelola dan mengolah air limbah sehingga aman bagi lingkungan dan kesehatan manusia sebelum air limbah tersebut dibuang atau dimanfaatkan kembali. IPAL dirancang agar bisa mengolah air limbah sesuai dengan karakteristik dan beban pencemar yang dihasilkan oleh rumah sakit. Dengan cara ini, kualitas efluen yang dihasilkan diharapkan sudah memenuhi baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh peraturan perundang-undangan yang berlaku (HIDAYAT, 2021). Limbah cair yang dibuang langsung ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan sangat berbahaya. Ini tidak hanya melanggar hukum, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Limbah cair ini juga dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada masyarakat (Akhmaddhian & Hanipah, 2021).

Limbah cair rumah sakit biasanya memiliki kandungan fisik dan kimia yang cukup tinggi. Beberapa contoh parameter tersebut antara lain adalah BOD, COD, dan TSS. Selain itu, limbah cair rumah sakit juga mengandung komponen mikrobiologi dan bahan berbahaya lainnya. Karena itu, limbah cair rumah sakit memerlukan pengolahan khusus sebelum dibuang ke badan air. Kandungan BOD dan COD yang tinggi menunjukkan bahwa ada banyak bahan organik dalam air limbah. Jika air limbah dibuang tanpa pengolahan, maka dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut di perairan. Hal ini dapat mengganggu kehidupan biota air. Oleh karena itu, pengolahan limbah cair rumah sakit sangat penting untuk menjaga kualitas air dan lingkungan. Selain itu, keberadaan mikroorganisme patogen dalam air limbah rumah sakit meningkatkan risiko penularan penyakit, baik secara langsung maupun tidak langsung, melalui media air dan lingkungan (Purwanti et al., 2024). Dalam mengoperasikan IPAL rumah sakit, kita harus mengelola dengan baik, pengelolaan ini tidak hanya tentang membuat dan membangun instalasi, tapi juga tentang bagaimana mengoperasikan, merawat, dan mengawasi setiap proses pengolahan air limbah. Untuk mengoperasikan IPAL, kita membutuhkan orang-orang yang ahli dan biaya yang cukup. Biaya operasional ini mencakup biaya listrik, bahan kimia, perawatan rutin, dan penggantian komponen yang rusak atau tidak berfungsi dengan baik.

Seiring waktu pemakaian instalasi, kinerja IPAL bisa mengalami penurunan karena beberapa hal, seperti kerusakan peralatan, penurunan efisiensi proses biologis, dan perubahan karakteristik serta debit air limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit. Oleh karena itu, untuk menjaga kualitas IPAL agar bisa bekerja dengan baik dan berkelanjutan, diperlukan evaluasi secara berkala terhadap seluruh kegiatan operasional, baik yang berkaitan dengan kinerja petugas operasional maupun kondisi unit dan sistem peralatan mekanis yang digunakan oleh IPAL

tersebut (Lumunon et al., 2021). Evaluasi berkala menjadi penting untuk memastikan bahwa setiap unit pengolahan berfungsi sesuai dengan perencanaan dan mampu mencapai efisiensi pengolahan yang diharapkan. Evaluasi instalasi pengolahan air limbah sangat penting karena membantu kita mengetahui masalah yang terjadi saat proses operasional berlangsung. Masalah seperti kapasitas desain yang tidak sesuai dengan beban aktual, kegagalan beberapa unit pengolahan, dan penggunaan sumber daya yang tidak efisien dapat terjadi. Dengan melakukan evaluasi dengan baik, kita dapat mengetahui kondisi instalasi pengolahan air limbah setelah digunakan dalam waktu tertentu, hal ini dapat membantu untuk mencegah kerusakan yang parah. Evaluasi juga memungkinkan kita melakukan perbaikan atau membuat sistem pengolahan lebih baik, sehingga kualitas air limbah yang dihasilkan tetap baik dan memenuhi standar lingkungan yang telah ditetapkan. Evaluasi instalasi pengolahan air limbah membantu kita menjaga kualitas air limbah yang dihasilkan dan menghindari kerusakan pada instalasi. Dalam mengelola lingkungan di kota besar seperti Surabaya, kita harus memperhatikan pengelolaan air limbah dengan lebih baik. Surabaya adalah salah satu kota yang memiliki banyak rumah sakit dan menjadi pusat pelayanan kesehatan di Jawa Timur. Banyaknya aktivitas di rumah sakit membuat potensi pencemaran air limbah semakin besar. Oleh karena itu, kita perlu mengevaluasi kinerja sistem pengolahan air limbah rumah sakit untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan kualitas pengelolaan air limbah di sektor pelayanan kesehatan. Dengan demikian, kita dapat memastikan bahwa rumah sakit di Surabaya dapat memberikan pelayanan kesehatan yang baik tanpa mengorbankan kualitas lingkungan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi instalasi pengolahan air limbah di salah satu rumah sakit di Kota Surabaya. Evaluasi difokuskan pada aspek kinerja unit pengolahan, kondisi operasional, serta kemampuan IPAL dalam menurunkan parameter pencemar agar memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi aktual IPAL yang diteliti, mengidentifikasi permasalahan yang ada, serta memberikan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan efektivitas pengolahan air limbah rumah sakit dan mendukung upaya perlindungan lingkungan serta kesehatan masyarakat secara berkelanjutan.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif dalam menganalisis sistem pengolahan air limbah dari salah satu rumah sakit yang ada di kota Surabaya. Pengumpulan data dilakukan pada bulan november 2025. Objek dalam penelitian adalah sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dari salah satu rumah sakit kota Surabaya. Evaluasi yang akan dianalisis dalam penelitian dilakukan diantaranya perbandingan penggunaan air PDAM dengan debit pada outlet IPAL, hasil parameter effluent air limbah, serta proses pengolahan air limbah.

Analisis evaluasi IPAL mengacu pada analisis kinerja IPAL melalui persentase penyisihan parameter yang terkandung pada air limbah. Analisis efisiensi dinilai dapat menggambarkan beban unit pengolahan serta permasalahan yang ada pada unit IPAL (Harmayani, 2021). Data yang digunakan dalam penelitian berupa hasil parameter Output air limbah, data penggunaan air PDAM, serta debit rata-rata bulanan IPAL. Perhitungan beban pencemar dilakukan untuk mengetahui jumlah massa zat pencemar yang dilepaskan oleh IPAL dalam suatu periode tertentu. Rumus dasar yang umum digunakan dalam berbagai studi evaluasi kualitas air limbah adalah sebagai berikut (Djuwita et al., 2021):

$$\text{Beban Pencemar} \left(\frac{\text{kg}}{\text{hari}} \right) = \text{Konsentrasi parameter} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times \text{Debit air limbah} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \right) 10^{-3}$$

Perhitungan beban pencemar dilakukan untuk setiap parameter utama (BOD, COD, TSS) sehingga dapat menentukan efisiensi pengolahan berdasarkan persentase pengurangan beban.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, akan membahas perbandingan debit penggunaan air PDAM dengan debit effluent air limbah, parameter air limbah, serta beban pencemar yang terkandung didalam air limbah.

Tabel 1. Tabel Perbandingan Debit PDAM dengan Effluent IPAL

Parameter	Satuan	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September
Debit							
Penggunaan PDAM	m^3	80,13	83,06	95,44	107,16	97,35	96,80

Parameter	Satuan	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September
Debit Effluent							
IPAL	m^3	102,67	112,85	126,21	151,36	136,98	114,74
Selisih	m^3	-22,54	-29,79	-30,77	-44,20	-39,63	-17,94

Dapat dilihat pada tabel 3.1 bahwa terdapat selisih yang besar pada data Debit penggunaan air PDAM dengan debit effluent air limbah. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan yang cukup besar pada penggunaan air PDAM dengan effluent air limbah yang seharusnya seimbang. Dapat disebabkan berbagai faktor diantaranya: kebocoran pada sumppit (bak penampung sementara) sehingga menyebabkan masuknya air tanah kedalam sistem IPAL sehingga debit yang diukur oleh flowmeter outlet menjadi lebih besar dari pada penggunaan air PDAM.

Parameter yang akan Proses pengolahan limbah rumah sakit ini menggunakan sistem terpadu dengan menggunakan pengolahan fisika, biologi, dan kimia untuk menurunkan parameter pencemar. Pengolahan air limbah pada IPAL dimulai dari *grease trap* yang digunakan untuk menggumpalkan minyak, tangki tangki biofilter aerob dengan media bioball, biofilter aerob digunakan bertujuan untuk menurunkan parameter amonia yang terkandung di dalam air limbah. Unit selanjutnya adalah biofilter anaerob dengan menggunakan media bioball, biofilter anaerob digunakan bertujuan untuk menurunkan parameter BOD5 dan COD yang terkandung di dalam air limbah. Unit selanjutnya adalah pengolahan secara fisika yaitu sedimentasi yang bertujuan untuk mengendapkan sisa mikroorganisme dan TSS pada air limbah. Unit selanjutnya adalah sumppit yang digunakan untuk bak penampung sementara sebelum air dialirkan keluar melalui outlet setelah melalui desinfeksi dengan menggunakan tablet klorin yang bertujuan untuk menurunkan MPN Coliform yang terkandung di dalam air limbah.

Tabel 2. Tabel Parameter yang Terkandung didalam Air Limbah

Parameter	Satuan	Baku Mutu	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September
pH	-	6-9	7,5	7,3	7,5	7,5	7,3	7,7
BOD	mg/l	30	18,5	30,7	8,3	8,1	9,9	14,2
COD	mg/l	80	66,1	36,8	9,5	41,1	27,9	31,6
TSS	mg/l	30	6,0	30,0	9,1	8,0	9,3	4,0
Amonia	mg/l	0,1	0,4	1,1	0,0	0,1	0,3	2,5
Fosfat	mg/l	2	5,8	5,9	1,1	2,7	1,3	0,9
MPN Coliform	/100ml	10000	5400	2400	16000	2400	3500	16000

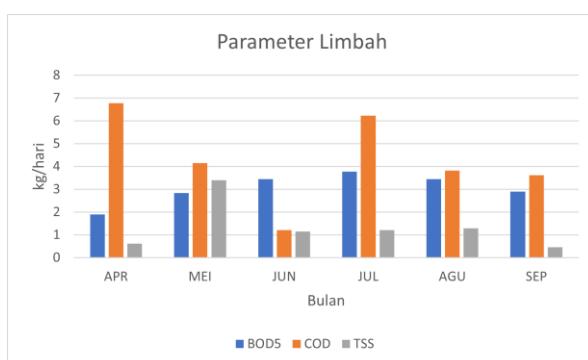
Pengujian kualitas air limbah yang telah diolah dengan instalasi pengolahan air limbah dilakukan selama periode bulan Mei hingga Oktober. Parameter yang dianalisis meliputi pH, BOD5, COD, amonia, fosfat, serta MPN Coliform. Dari data yang ada di dalam tabel, terdapat beberapa parameter air limbah yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Diantaranya, BOD5, COD, NH3-N Bebas (amonia), PO4 (fosfat), serta MPH Coliform. Berdasarkan tabel 3.2 beberapa parameter masih belum memenuhi standar baku mutu seperti BOD5 pada bulan Mei sebesar 30,7 mg/liter, amonia pada bulan April, Mei, Agustus, dan September yang masing-masing sebesar 0,4 mg/liter, 1,1 mg/liter, 0,3mg/liter,dan 2,5mg/liter padahal baku mutu untuk parameter amonia sebesar 0,1 mg/liter. Parameter fosfat pun masih ada yang belum memenuhi baku mutu diantaranya pada bulan April, Mei, dan Juli masing-masing sebesar 5,8 mg/liter, 5,9 mg/liter dan 2,7 mg/liter dimana baku mutu untuk parameter fosfat sebesar 2 mg/liter. Selain itu, parameter MPN Coliform pun masih belum memenuhi baku mutu pada beberapa waktu, diantaranya pada bulan Juni dan September yang masing-masing sebesar 16.000/100ml dan 16.000/100ml. Dari hasil berdasarkan tabel masih ada beberapa parameter yang dianalisis belum memenuhi baku mutu hal ini menunjukkan kerja instalasi pengolahan air limbah masih kurang efisien.

Perhitungan beban pencemar dilakukan pada beberapa parameter yakni BOD5, COD, dan TSS dengan menggunakan debit aktual instalasi pengolahan air limbah pada setiap bulannya. Hal ini dikarenakan ada perbedaan selisih debit pada outlet instalasi pengolahan air limbah pada rumah sakit ini.

Tabel 3. Tabel Beban Pencemar Air Limbah

Parameter	Satuan	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September
BOD5	Kg/hari	1,90	2,84	3,45	3,77	3,45	2,89
COD	Kg/hari	6,78	4,15	1,20	6,23	3,82	3,62
TSS	Kg/hari	0,62	3,39	1,15	1,21	1,28	0,46

Hasil perhitungan beban pencemar seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 menunjukkan adanya peningkatan beban pencemar BOD5 pada tiap bulannya dimulai dari bulan April sebesar 1,90 kg/hari hingga mencapai titik tertinggi pada bulan Juli sebesar 3,77 kg/hari yang setelah kembali turun pada bulan berikutnya hingga menjadi 2,89 kg/hari pada bulan September. Beban pencemar COD mengalami titik tertinggi pada bulan April sebesar 6,78 kg/hari kemudian terjadi penurunan pada bulan Mei dan Juni, tetapi terjadi peningkatan pada bulan Juli menjadi 6,23 kg/hari hingga turun kembali pada bulan Agustus dan September. Beban parameter TSS menunjukkan fluktuasi dengan titik tertinggi pada bulan Mei dengan sebesar 3,39 kg/hari dengan bulan lain dibawah 1,5 kg/hari.

**Gambar 1. Grafik Beban Pencemar BOD5, COD, TSS**

Nilai parameter pH dari air limbah menunjukkan nilai pH yang netral dalam batasan nilai pH 6-9. Nilai pH yang netral ini merupakan kondisi yang optimal untuk berlangsungnya proses biologis pada instalasi pengolahan air limbah. Konsentrasi BOD tidak terlalu besar apabila dibandingkan dengan konsentrasi COD yang relatif besar. Sebaliknya nilai TSS lebih kecil dibanding dengan parameter BOD5 dan COD kecuali pada bulan Mei, nilai TSS menunjukkan hasil lebih besar dibandingkan besar beban pencemar BOD5. Hal ini menunjukkan beban pencemar mendekati ambang batas maksimum yang diperbolehkan. Meskipun begitu hal tersebut tidak mengindikasikan terjadinya kelebihan beban pada sistem instalasi pengolahan air limbah rumah sakit tersebut. Parameter amonia menunjukkan nilai yang masih melebihi baku mutu pada beberapa bulan pada saat dilakukan uji laboratorium. Selain itu parameter fosfat dan MPN Coliform juga masih melebihi batas baku mutu yang telah ditetapkan pada beberapa bulan. Hal ini menunjukkan bahwa proses nitrifikasi untuk menurunkan amonia, proses filtrasi untuk menurunkan fosfat, serta proses desinfeksi untuk menurunkan MPN Coliform kurang efisien dalam beberapa bulan dikarenakan beberapa parameter tersebut melebihi baku mutu yang telah ditetapkan.

Untuk mengatasi permasalahan yang ada, saya menyarankan untuk penambahan unit septic tank diperlukan untuk mengendapkan padatan yang terkandung didalam black water bertujuan untuk mengurangi parameter Coliform (Novembry et al., 2022). Penambahan bak equalisasi bertujuan menghomogenkan air limbah yang sebelumnya telah diolah unit pre-treatment seperti Grease trap, bak pengolah air limbah kimia, serta septic tank. Perubahan diagram alir yang awalnya biofilter aerob terlebih dilanjut biofilter anaerob menjadi biofilter anaerob terlebih dahulu menjadi biofilter aerob dinilai lebih efektif dalam menurunkan kadar amonia (Rahayu & JAR, 2019). Penambahan unit filtrasi dengan system back wash hal ini bertujuan untuk membantu dalam menurunkan kadar fosfat yang terkandung didalam air limbah. Penambahan sistem resirkulasi antara bak sedimentasi dengan tangki biofilter aerob (Kasih et al., 2023) yang bertujuan untuk mengurangi tingkat kejemuhan pada mikroorganisme sehingga efektifitas dalam penguraian parameter limbah dapat meningkat serta dapat menurunkan parameter amonia akibat matinya mikroorganisme pengurai (Jonathan & Goeltom, 2025).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan, didapatkan kesimpulan bahwa instalasi pengolahan air limbah yang digunakan oleh rumah sakit ini dapat dikatakan tidak efisien meskipun telah menggunakan pengolahan kimia, biologis, dan fisika. Hal ini dapat dilihat dari beberapa parameter yang masih melebihi batas baku mutu diantaranya BOD5 pada bulan Mei sebesar 30,7 mg/liter, amonia pada bulan April, Mei, Agustus, dan September yang masing-masing sebesar 0,4 mg/liter, 1,1 mg/liter, 0,3mg/liter,dan 2,5mg/liter padahal baku mutu untuk parameter amonia sebesar 0,1 mg/liter. Parameter fosfat pun masih ada yang belum memenuhi baku mutu diantaranya pada bulan April, Mei, dan Juli masing-masing sebesar 5,8 mg/liter, 5,9 mg/liter dan 2,7 mg/liter dimana baku mutu untuk parameter fosfat sebesar 2 mg/liter. Selain itu, parameter MPN Coliform pun masih belum memenuhi baku mutu pada beberapa waktu, diantaranya pada bulan Juni dan September yang masing-masing sebesar 16.000/100ml dan 16.000/100ml. Unit yang digunakan di rumah sakit ini yakni biofilter aerob, biofilter anaerob, sedimentasi, sumppit, desinfeksi, hingga outlet. Hal tersebut dikarenakan kurangnya unit pre-treatment seperti *septic tank* dan bak equalisasi serta diagram alir yang kurang efisien. Oleh karena itu, terdapat beberapa perbaikan yang dapat dilakukan diantaranya, penambahan unit *septic tank*, penambahan bak equalisasi, penambahan filtrasi, penambahan sistem resirkulasi, serta penambahan unit filtrasi sebelum dilakukan desinfeksi.

5. REFERENSI

- Akhmaddhian, S., & Hanipah, P. (2021). Penegakan Hukum terhadap Tindak Pidana Pencemaran Tanah Akibat Limbah Industri. *Logika: Journal of Multidisciplinary Studies*, 12(02), 192–200. <https://doi.org/10.25134/logika.v11i02.2509>
- Djuwita, M. R., Hartono, D. M., Mursidik, S. S., & Soesilo, T. E. B. (2021). Pollution load allocation on water pollution control in the citarum river. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 53(1), 1–15. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2021.53.1.12>
- George Tchobanoglous, H. David Stensel, Ryujiro Tsuchihashi, Franklin Burton, Mohammad Abu-Orf, Gregory Bowden, & William Pfrang. (2014). *Wastewater Engineering - Metcalf and Eddy - Treatment and Resource Recovery*.
- Goni, P., Mangangka, I. R., & Sompie, O. B. A. (2021). *Evaluasi Kinerja IPAL RSU Pusat Prof. Dr. RD Kandou Manado*. 19(April), 35–40.
- Haribowo R, Yuliani E, & Prihatino Galang S. (2022). Studi Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah pada Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Haryoto Kabupaten Lumajang. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 156–165.
- Harmayani, K. D. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Rsd Mangusada Kabupaten Badung. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 25(1), 30. <https://doi.org/10.24843/jits.2021.v25.i01.p04>
- HIDAYAT, T. (2021). *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau Pekanbaru*.
- Jonathan, K., & Goeltom, T. (2025). Evaluasi Efektivitas Efektif Mikroorganisme (EM) Berbasis Buah-Buahan Dan Sayur-Sayuran Dalam Menurunkan Parameter Pencemar Limbah Cair Tahu. *Jurnal Ilmu Multidisiplin*, 5. <https://jayapanguspress.penerbit.org/index.php/metta>
- Kasih, B. C., Romadon, S., & Rosariawati, F. (2023). ANALISIS EVALUASI KINERJA DAN PROSES INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) RUMAH SAKIT Air limbah RSUD Haji Provinsi Jawa Timur diolah menggunakan IPAL dengan mekanisme pengolahan secara biologi , fisika , dan kimia . Pengolahan dimulai dari bak ekuali. 3(2), 124–133.
- Lumunon, E. I., Riogilang, H., & Supit Cindy J. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Limbah Kiniar Di Kota Tondano. *E Jurnal*, 19(April), 67–76.
- Novembry, N. D., Yulistyorini, A., & Mujiyono, M. (2022). Efektivitas Septic Tank Upflow dan Downflow Filter untuk Pengolahan Air Limbah Domestik. *Jurnal Permukiman*, 17(2), 69. <https://doi.org/10.31815/jp.2022.17.69-76>
- Purwanti, S., Hartaku, B., Rusba, K., Zulfikar, I., & Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, P. (2024). *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Pada Rsud Puruk Cahu Di Kabupaten Murung Raya*. 10(2), 507–510. <https://jurnal.d4k3.uniba-bpn.ac.id/index.php/identifikasi507>
- Rahayu, D., & JAR, N. R. (2019). Penurunan Kadar Cod, Tss, Dan Nh3-N Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Menggunakan Media Bioball. *Jurnal Purifikasi*, 19(1), 25–36.