



EVALUASI KUALITATIF OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI RUMAH SAKIT X

Danang Juniztyo Sularto, Widya Nilandita, Shinfi Wazna Auvaria, dan Rhenny Ratnawati*

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Provinsi Jawa Timur

* Korespondensi penulis: ratnawati@uinsa.ac.id

ABSTRAK

Rumah sakit menghasilkan limbah padat, cair, dan gas yang berpotensi mengandung mikroorganisme penyebab penyakit, bersifat infeksius, serta mengandung bahan kimia berbahaya maupun zat radioaktif dalam kadar kecil yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Pengolahan limbah berperan penting dalam mengurangi sifat berbahaya serta memastikan kualitasnya sesuai standar sebelum dibuang ke lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi sistem operasional serta pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit X, berdasarkan Buku 3 Pedoman SOP UPTD Pengelola Air Limbah Domestik Tahun 2018 dan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Metode yang digunakan adalah dengan cara melakukan observasi, wawancara dengan pengawas operator dan juga melakukan dokumentasi unit pengolahan di IPAL. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem pengolahan limbah telah berjalan sesuai prosedur, di mana efisiensi penyisihan parameter pencemar untuk kadar BOD, COD, TSS, dan mikroorganisme patogen memenuhi baku mutu. Pengelolaan IPAL secara rutin dan pencatatan parameter harian juga telah dilakukan dengan baik. Kesimpulannya, hasil evaluasi menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian operasional IPAL terhadap Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 mencapai 100%. Berdasarkan dengan Buku 3 SOP Aset Operasi UPTD, tingkat kesesuaian operasional tercatat sebesar 93,3% dengan 28 dari 30 parameter terpenuhi, sedangkan tingkat kesesuaian pemeliharaan sebesar 89,65% dengan 26 dari 29 parameter terpenuhi.

Kata Kunci: Evaluasi IPAL, Instalasi Pengolahan Air Limbah, Limbah Cair Rumah Sakit

1. Pendahuluan

Rumah sakit menghasilkan berbagai macam limbah, termasuk limbah padat, cair, dan gas, yang kemungkinan mengandung mikroorganisme berbahaya, bersifat infeksius, serta mengandung bahan kimia berbahaya dan zat radioaktif dalam jumlah kecil. Limbah padat dari fasilitas kesehatan ini dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yakni limbah medis dan nonmedis. Limbah medis sendiri terdiri dari beberapa jenis, seperti limbah yang bersifat infeksius, patologis, benda tajam, farmasi, sitotoksik, kimia, radioaktif, wadah bertekanan, serta limbah yang mengandung logam berat dalam konsentrasi tinggi. Di sisi lain, limbah cair rumah sakit juga mungkin mengandung mikroorganisme berbahaya, bahan kimia beracun, dan zat radioaktif yang bisa memberikan dampak negatif bagi kesehatan manusia dan kondisi lingkungan [1].

Berdasarkan Peraturan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 mengenai Pengelolaan dan Perlindungan Lingkungan, semua rumah sakit, baik yang dimiliki oleh pemerintah maupun pihak swasta, memiliki tanggung jawab untuk mengelola limbah yang dihasilkan dari aktivitas mereka. Salah satu langkah yang dapat diambil untuk menangani limbah ini adalah dengan membangun instalasi pengolahan air limbah yang efektif. Instalasi tersebut perlu dirancang sesuai dengan karakteristik limbah serta level kontaminan yang dihasilkan agar pengolahan limbah dapat dilakukan secara efisien dan bersahabat dengan lingkungan [2].

Salah satu inovasi yang sering digunakan dalam pengolahan air limbah adalah biofilter aerobik. Istilah biofilter aerobik (*submerged filter*) merujuk pada jenis reaktor yang dirancang berdasarkan prinsip perkembangbiakan mikroba di media filter, sehingga menghasilkan lapisan biofilm (pertumbuhan terlampir), termasuk di Rumah Sakit X [3]. Pendekatan ini memiliki beberapa manfaat, antara lain tidak memerlukan area



yang luas dan menerapkan proses yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan bakteri alami yang ada dalam air limbah. Untuk meningkatkan kinerja, biofilter aerobik juga dapat digabungkan dengan mikroorganisme tambahan, yaitu *Effective Microorganism* (EM4). Ketika berfungsi dengan baik, biofilter aerobik dapat mengurangi polutan organik dalam air limbah hingga mencapai efisiensi sebanyak 95% [4].

Pengelolaan, perawatan, dan supervisi yang efektif sangat diperlukan dalam menjalankan IPAL agar proses pengolahan limbah dapat berlangsung dengan efektif. Di samping itu, operasional IPAL memerlukan anggaran, baik untuk menjalankan sistem harian maupun untuk memperbaiki alat yang mungkin mengalami kerusakan. Dalam praktiknya, terdapat berbagai potensi kendala yang dapat memengaruhi kinerja IPAL, antara lain kerusakan pompa dan *blower*, penyumbatan pada saluran atau media filter, fluktuasi debit dan beban pencemar air limbah, ketidakseimbangan kondisi proses biologis akibat perubahan pH dan suhu, serta keterbatasan kompetensi sumber daya manusia dalam pengoperasian dan pemeliharaan unit pengolahan. Apabila kendala tersebut tidak terdeteksi sejak dini, dapat menyebabkan penurunan efisiensi pengolahan dan berpotensi menghasilkan effluen yang tidak memenuhi baku mutu. Oleh karena itu, untuk memastikan IPAL berfungsi secara optimal, diperlukan evaluasi rutin guna mengetahui kondisi operasional dan pemeliharaan IPAL setelah digunakan dalam jangka waktu tertentu, sehingga permasalahan dapat ditangani lebih awal dan kualitas air limbah yang dihasilkan tetap terjaga [5]. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menilai sistem operasional dan pemeliharaan IPAL di Rumah Sakit X melalui pendekatan kualitatif.

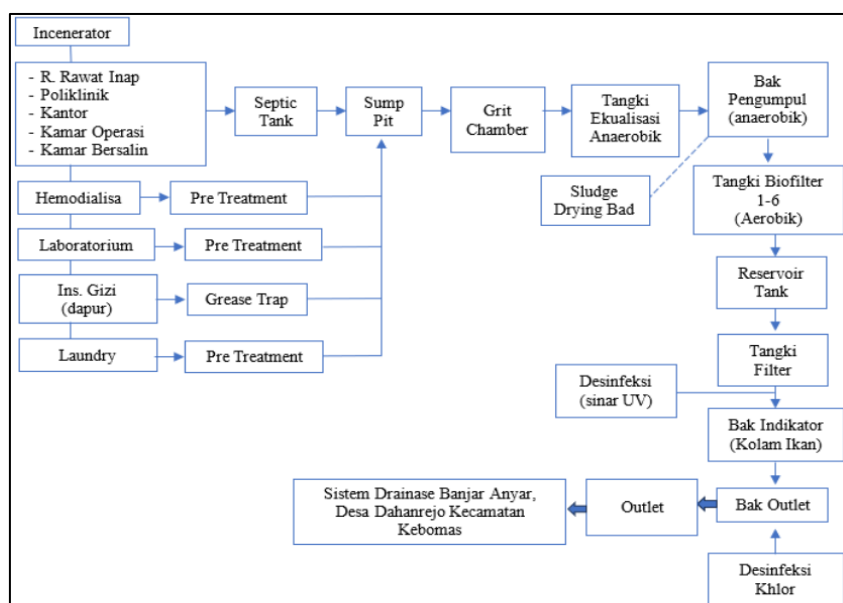
2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan pendekatan kualitatif untuk menggambarkan kondisi nyata operasional dan pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit X berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan. Penelitian dilaksanakan pada 20 Januari 2025 hingga 20 April 2025. Data penelitian diperoleh dari dua sumber, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui observasi lapangan untuk melihat proses pengolahan limbah, wawancara dengan pengawas dan operator IPAL, serta dokumentasi berupa foto. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari berbagai literatur dan hasil uji laboratorium kualitas air limbah sebagai bahan pendukung analisis. Seluruh data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan menjelaskan dan menyimpulkan temuan berdasarkan fakta di lapangan untuk mengetahui tingkat kesesuaian operasional dan pemeliharaan IPAL dengan Buku 3 Pedoman SOP UPTD Pengelola Air Limbah Domestik (PALD) Tahun 2018 [6] serta Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 [7].

3. Hasil dan Pembahasan

IPAL adalah sebuah sistem pengolahan yang dirancang untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan dengan cara menetralkan kandungan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan sekitar [8]. Untuk mengetahui alur masuk dan keluarnya air limbah dalam proses pengolahan, dibuat neraca air limbah yang menggambarkan alur proses pengolahan. Neraca Air Limbah dapat dilihat pada Gambar 1.

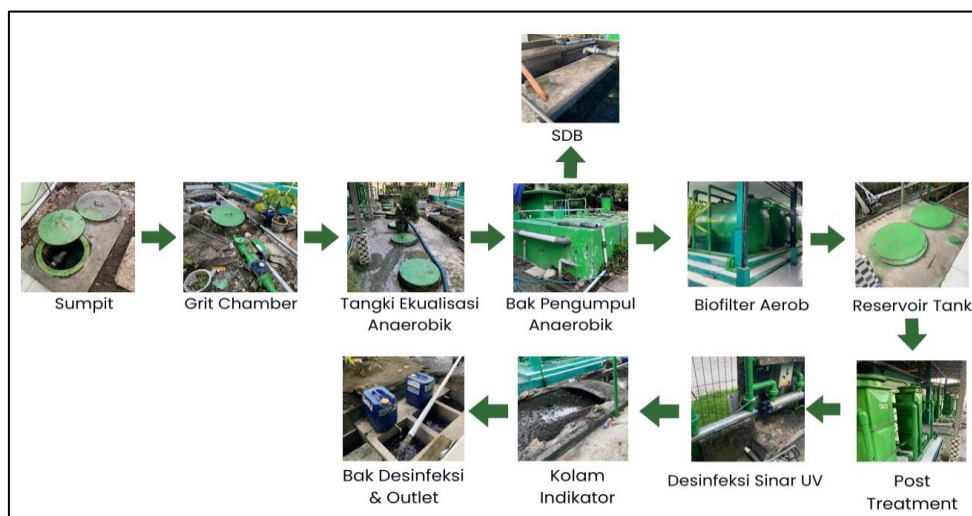
Sumber limbah cair yang dihasilkan berasal dari setiap ruang kantor, ruang pelayanan, instalasi gizi, instalasi hemodialisa, instalasi *laundry*, dan laboratorium lalu limbah cair dialirkan ke setiap *sump pit*. Namun untuk limbah dari Ruang Instalasi Gizi, *Laundry*, Laboratorium, dan Hemodialisa dialirkan ke *pre-treatment* masing masing instalasi terlebih dahulu, lalu disalurkan ke *sump pit* utama yang mengarah pada *grit chamber*. IPAL Rumah Sakit X, memiliki 10 unit pengolahan yang terdiri dari *grit chamber*, bak ekualisasi, bak pengumpul (anaerobik), tangki biofilter, *reservoir tank*, *post treatment*, desinfeksi (sinar UV), kolam indikator, bak desinfeksi khlor, dan *sludge drying bed* (SDB).



Gambar 1. Neraca Air Limbah Rumah Sakit X

Kondisi Eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah

Diagram alur IPAL pada Rumah Sakit X yang menjadi lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alur Instalasi Pengolahan Air Limbah pada Rumah Sakit X

Penjelasan dari masing-masing unit proses IPAL di Rumah Sakit X adalah sebagai berikut:

1. **Grit Chamber.** *Grit chamber* di Rumah Sakit X berfungsi sebagai unit pemisahan partikel kasar sekaligus wadah penampung sementara air limbah yang berasal dari tiga *sump pit* utama sebelum dialirkan ke IPAL. Pada tahap ini, material seperti pasir dan kerikil dipisahkan dari aliran air limbah untuk mencegah penyumbatan serta akumulasi endapan dalam reaktor UASB [9]. Setelah proses pemisahan berlangsung, air limbah kemudian dipompa menuju *flow meter inlet* untuk mengukur debit aliran harian sebelum memasuki proses pengolahan berikutnya.



2. **Tangki Ekualisasi.** Tangki ekualisasi di Rumah Sakit X berfungsi sebagai wadah untuk mencampur atau menghomogenkan air limbah dari berbagai sumber sebelum memasuki tahap pengolahan berikutnya [10]. Selain itu, di dalam tangki ini juga terjadi proses pengendapan lumpur, sehingga partikel-partikel padat yang terbawa air limbah dapat mengendap terlebih dahulu. Proses ini penting untuk menjaga kestabilan debit dan kualitas air limbah yang akan diolah lebih lanjut di IPAL.
3. **Bak Pengumpul Anaerobik.** Bak pengumpul anaerobik di Rumah Sakit X berfungsi sebagai unit pengolahan lanjutan yang menggunakan aktivitas bakteri anaerobik untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah [11]. Proses ini menghasilkan lumpur, di mana endapan lumpur yang terbentuk akan dipompa menuju unit *sludge drying bed* untuk dikeringkan sebelum dilakukan penanganan lebih lanjut.
4. **Biofilter Aerobik.** Biofilter Aerobik di Rumah Sakit X digunakan untuk memecah senyawa organik yang ada di dalam air limbah [12]. Proses ini melibatkan bakteri yang tumbuh dan menempel pada *pyramid plastic media*, yang memperluas area tumbuh mikroorganisme. Agar bakteri dapat bekerja secara optimal, sistem ini dilengkapi dengan suplai oksigen melalui proses aerasi menggunakan blower, sehingga mempercepat penguraian bahan pencemar dalam limbah cair. 5 tangki biofilter digunakan untuk penguraian air limbah dan di tangki 6 digunakan untuk pengendapan lumpur.
5. **Post Treatment.** *Post Treatment* di Rumah Sakit X berfungsi sebagai pemisahan zat padat dari cairan dengan menggunakan media filter *pyramid plastic media*, yang dirancang untuk menyaring partikel padat yang tersuspensi sebanyak mungkin [13]. Sebelum proses penyaringan, air limbah terlebih dahulu ditampung dalam unit *reservoir*, kemudian dipompa menuju *post treatment*.
6. **Desinfeksi Sinar UV.** Desinfeksi dengan sinar ultraviolet (UV) di Rumah Sakit X berfungsi untuk mengurangi mikroorganisme patogen, seperti bakteri dan virus yang mungkin masih tersisa setelah unit *post treatment* [14]. Proses ini dilakukan dengan memaparkan air limbah pada gelombang cahaya UV yang mampu merusak struktur DNA mikroorganisme, sehingga virus dan bakteri tidak bisa berkembang biak atau menyebabkan infeksi.
7. **Kolam Indikator.** Kolam indikator di Rumah Sakit X berfungsi untuk memantau kualitas hasil olahan air limbah yang telah diproses [15]. Pemantauan dilakukan dengan melihat ikan koi hidup di dalam kolam tersebut, yang menjadi tanda bahwa kualitas air limbah hasil pengolahan sudah baik dan aman bagi makhluk hidup.
8. **Bak Desinfeksi dan Outlet.** Bak *outlet* kolam indikator di Rumah Sakit X berfungsi sebagai sarana pemeriksaan kualitas air limbah yang telah melalui proses pengolahan sebelum dialirkan ke sistem drainase [16]. Pada bak tersebut, larutan desinfektan berupa klorin ditambahkan secara kontinu sebanyak 10 butir/hari (25 gram/butir) untuk membunuh mikroorganisme patogen, sehingga air limbah yang dibuang tetap aman bagi lingkungan. karena hasil uji menunjukkan kadar *total coliform* masih berada di atas baku mutu, diperlukan proses desinfeksi tambahan menggunakan khlor untuk memastikan kualitas air limbah keluaran memenuhi standar yang ditetapkan.
9. **Sludge Drying Bed.** *Sludge drying bed* di Rumah Sakit X berfungsi sebagai wadah untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan limbah [17]. Proses pengeringan ini berlangsung melalui penyaringan menggunakan media pasir dan kerikil, serta penguapan alami ke udara bebas. Sisa air hasil penyaringan, atau filtrat, akan dialirkan kembali melalui saluran di dasar bak menuju *sump pit*, yang selanjutnya membawa air tersebut kembali ke dalam sistem IPAL untuk diproses ulang. Untuk lumpur dilakukan pengangkutan ke insinerator untuk dibakar dan hasil pembakaran diolah oleh pihak ke-3.



Limbah cair rumah sakit mengandung berbagai karakteristik fisika, kimia, dan biologi yang berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu, sebelum dibuang ke sungai, air limbah harus melalui proses pengolahan di IPAL untuk mengurangi dampak pencemaran [18]. Perbandingan hasil *outlet* dengan Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Hasil *Outlet* dengan Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Rumah Sakit

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l) [7]	Hasil <i>Outlet</i> Air Limbah
Suhu	30°C	29
pH	6-9	7,74
BOD ₅	30	14,25
COD	80	31,53
TSS	30	9,76
NH ₃ -N bebas	0,1	0,04
PO ₄	2	1,29
MPN-Kuman Golongan Koli/100 ml	10.000	145

Hasil analisis kualitas air limbah dari *outlet* IPAL menunjukkan bahwa parameter uji yang diperiksa berada dalam rentang yang dipersyaratkan sesuai dengan ketentuan baku mutu. Acuan regulasi yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah, khususnya pada Lampiran III yang mengatur tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan rumah sakit.

Berdasarkan perbandingan antara hasil uji laboratorium dengan nilai ambang batas pada Pergub tersebut, diketahui bahwa seluruh parameter, antara lain suhu, pH, BOD, COD, TSS, NH₃-N bebas, PO₄, MPN-Kuman Golongan Koli/100 ml, telah memenuhi standar baku mutu. Hal ini membuktikan bahwa kinerja IPAL berfungsi maksimal dalam menurunkan beban pencemar sebelum air limbah dibuang ke lingkungan.

Evaluasi Kondisi IPAL Rumah Sakit X

Tabel hasil evaluasi IPAL Rumah Sakit X menurut Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Evaluasi IPAL Rumah Sakit X Menurut Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013

No	Kondisi IPAL Rumah Sakit X	Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 [7]	Kesesuaian	
			Sesuai	Tidak Sesuai
1	Memenuhi baku mutu, setiap hari IPAL beroperasi dengan baik, dilakukan <i>controlling</i> setiap hari pada setiap unitnya.	Air limbah memenuhi standar baku mutu.	✓	
2	Melakukan pengolahan air limbah setiap harinya dengan sistem anaerobik dan aerobik.	Mengolah limbah cair agar kualitas air limbah yang dibuang tidak melebihi standar baku mutu.	✓	
3	IPAL di Rumah Sakit X menggunakan material yang tahan bocor dan untuk sambungan pipa terpasang dengan rapat.	Sistem saluran kedap air diterapkan agar air limbah tidak bocor ke area sekitarnya.	✓	
4	IPAL di Rumah Sakit X terdapat <i>flow meter inlet</i> dan <i>flow meter outlet</i> untuk pencatatan debit <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> .	Dipasang perangkat pengukur aliran atau <i>flow meter</i> pada <i>inlet</i> IPAL dan <i>outlet</i> IPAL.	✓	
5	Dilakukan pencatatan debit inlet dan outlet setiap harinya.	Dilakukan pencatatan debit harian air limbah yang dibuang ke badan air.	✓	



No	Kondisi IPAL Rumah Sakit X	Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 [7]	Kesesuaian	
			Sesuai	Tidak Sesuai
6	Dilakukan pencatatan pH di bak outlet setiap harinya.	Dilakukan pencatatan pH harian air limbah yang di buang ke badan air.	✓	
7	Tidak dilakukan pengenceran Limbah Cair ke dalam saluran air limbah.	Tidak dilakukan pengenceran Limbah Cair ke dalam saluran air limbah.	✓	
8	Saluran pembuangan limbah cair dan limpasan air hujan sudah terpisah, untuk air limbah disalurkan ke ipal, untuk limpasan air hujan di salurkan ke drainase.	Dipisahkan saluran pembuangan limbah cair dengan saluran limpasan air hujan.	✓	
9	Untuk titik uji air limbah di IPAL Rumah Sakit X berada di bak outlet IPAL.	Sudah ditetapkan titik penaan untuk pengambilan contoh uji.	✓	
10	Dilakukan pengecekan parameter setiap bulan, yang ditangani oleh pihak ke tiga yang sudah berakreditasi KAN (PT. Graha Mutu Persada)	Dilakukan pengukuran kualitas air limbah secara mandiri sebelum air limbah dibuang ke badan air penerima sekurang-kurangnya satu kali dalam satu bulan dengan biaya perusahaan sendiri	✓	

Berdasarkan evaluasi pada Tabel 2 terhadap 10 parameter operasional IPAL Rumah Sakit X yang dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, seluruh parameter dinyatakan sesuai dengan standar yang berlaku. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan air limbah telah dilaksanakan dengan baik, terbukti dari pemenuhan baku mutu, pencatatan operasional yang rutin, kelayakan fasilitas, serta pelaksanaan pengujian kualitas air limbah secara berkala melalui laboratorium terakreditasi.

Evaluasi Operasional IPAL Rumah Sakit X

Tabel Evaluasi Operasional Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit X dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Evaluasi Operasional Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit X.

No	Unit Bangunan	Kondisi IPAL Rumah Sakit X	Buku 3 Pedoman SOP UPTD 2018	Kesesuaian	
				Sesuai	Tidak Sesuai
1	<i>Grit Chamber</i>	Dilakukan pengecekan aliran air limbah dari 3 sump pit utama yang mengalir menuju <i>grit chamber</i> setiap hari dengan menggunakan APD.	Dilakukan pemeriksaan aliran di <i>grit chamber</i> horizontal untuk memulai dengan APD untuk memastikan kecepatan aliran sesuai dengan yang direncanakan (aliran laminar).	✓	
2	Tangki Ekualisasi Anaerobik	Dilakukan pemeriksaan saluran <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> pada saat tekanan air tidak maksimal dan dilakukan pengecekan pada <i>flowmeter inlet</i> apa bila tersumbat oleh padatan.	Setelah menggunakan APD, saluran <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> bak ekualisasi diperiksa terbebas dari endapan.	✓	
		Dilakukan pencatatan debit <i>inlet</i> IPAL setiap harinya agar mengetahui debit efluen yang masuk dalam pengolahan air limbah.	Melihat <i>flow meter</i> untuk mengetahui debit efluen bak ekualisasi.	✓	



No	Unit Bangunan	Kondisi IPAL Rumah Sakit X	Buku 3 Pedoman SOP UPTD 2018	Kesesuaian	
				Sesuai	Tidak Sesuai
3	Bak Pengumpul Anaerobik	Operator menyampaikan laporan kepada penanggung jawab IPAL.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Penanggung jawab menyampaikan laporan kepada Kepala Instalasi IPAL.	Menyampaikan laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
		Dialirkan air limbah tangki ekualisasi Anaerobik ke Bak pengumpul Anaerobik dengan menggunakan APD.	Limbah dialirkan ke unit <i>anaerobic digester</i> dengan mengenakan APD terlebih dahulu.	✓	
		Dilakukan pemeriksaan pada pompa tangki ekualisasi Anaerobik yang menuju ke bak pengumpul Anaerobik setiap hari.	Memeriksa sumbatan lumpur yang belum lancar ke dalam aliran <i>inlet</i>	✓	
		Tidak Dilakukan analisis pada <i>digester</i> , yang mencakup parameter rasio alkalinitas pH dan suhu pada bak pengumpul Anaerobik dengan menggunakan APD.	APD digunakan terlebih dahulu sebelum melakukan analisis pada <i>digester</i> , yang mencakup parameter rasio alkalinitas pH dan suhu.		✓
		Operator menyampaikan laporan kepada penanggung jawab IPAL.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
4	Biofilter Aerobik	Penanggung jawab menyampaikan laporan kepada Kepala Instalasi IPAL.	Menyampaikan laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
		Dilakukan pemeriksaan setiap hari pada <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> Biofilter aerobik dari padatan atau lumpur.	Memastikan bahwa saluran masuk dan keluar bebas dari bahan padat atau lumpur dengan terlebih dahulu menggunakan alat pelindung diri.	✓	
		Dilakukan pemeriksaan setiap hari untuk memastikan bahwa udara dari <i>blower</i> mengalir melalui media.	Dilakukan pengecekan pada permukaan air Biofilter untuk memastikan bahwa udara dari <i>blower</i> mengalir melalui media.	✓	
		Dilakukan pemeriksaan debit influen dan efluen setiap hari.	Dilakukan pengujian aliran influen dan efluen, apabila aliran menunjukkan penurunan, maka perlu dilakukan pembersihan media atau penggantian media.	✓	
		Tidak dilakukan sampling pada unit biofilter aerobik.	Melakukan sampling untuk pemeriksaan kualitas inlet dan outlet pada Biofilter.		✓
		Operator menyampaikan laporan kepada penanggung jawab IPAL.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	



No	Unit Bangunan	Kondisi IPAL Rumah Sakit X	Buku 3 Pedoman SOP UPTD 2018	Kesesuaian	
				Sesuai	Tidak Sesuai
		Penanggung jawab menyampaikan laporan kepada Kepala Instalasi IPAL.	Menyampaikan laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
5	Post Treatment	Dilakukan pengecekan aliran <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> setiap harinya. Aliran <i>inlet</i> dicek melalui pompa <i>reservoir</i> dan <i>outlet</i> dicek melalui <i>flowmeter outlet</i> .	Pengecekan aliran <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> lancar, dengan menggunakan APD terlebih dahulu.	✓	
		Operator menginformasikan laporan kepada penanggung jawab IPAL.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Penanggung jawab menginformasikan laporan kepada Kepala Instalasi IPAL.	Menginformasikan laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
6	Unit Desinfeksi	Dilakukan pengecekan aliran <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> setiap harinya. Aliran <i>inlet</i> dicek melalui pompa <i>reservoir</i> dan <i>outlet</i> dicek melalui <i>flowmeter outlet</i> .	Memastikan aliran <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> lancar, dengan menggunakan APD terlebih dahulu.	✓	
		Laporan kepada penanggung jawab IPAL disampaikan oleh operator.	Menginformasikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Laporan kepada Kepala Instalasi IPAL disampaikan oleh penanggung jawab.	Menginformasikan laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
		Operator menyampaikan laporan kepada penanggung jawab IPAL.	Menginformasikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Laporan kepada Kepala Instalasi IPAL disampaikan oleh penanggung jawab.	Menginformasikan laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
7	Sludge Drying Bed	Dilakukan pengisian lumpur dari unit bak pengumpul Anaerobik secara bertahap.	Pengisian <i>sludge drying bed</i> dengan bertahap, dengan mengenakan APD terlebih dahulu.	✓	
		Dilakukan pengecekan apa bila ketebalan lumpur sudah sampai 0,3 m, maka lumpur akan diangkut ke insenerator.	Pengecekan ketebalan lumpur pada <i>sludge drying bed</i> berkisar antara 0,1-0,3 m sesuai dengan perencanaan.	✓	
		Dilakukan pengecekan aliran <i>leachate</i> mengalir ke <i>sump pit</i> pada saat pengurasan <i>leachate</i> .	Memastikan aliran <i>leachate</i> mengalir dengan lancar ke unit pengolahan yang sudah ditentukan.	✓	
		Dilakukan pengangkutan lumpur yang sudah kering menggunakan wadah kantong plastik lalu diangkut ke insenerator.	Mengambil <i>cake</i> lumpur yang telah kering dengan cara yang sesuai planing dan dikumpulkan dalam tas untuk	✓	



No	Unit Bangunan	Kondisi IPAL Rumah Sakit X	Buku 3 Pedoman SOP UPTD 2018	Kesesuaian	
				Sesuai	Tidak Sesuai
			diangkut ke lokasi yang ditentukan.		
		Laporan kepada penanggung jawab IPAL disampaikan oleh operator.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Laporan kepada Kepala Instalasi IPAL disampaikan oleh penanggung jawab.	Menginformasikan laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	

Dari Tabel 3, dapat diketahui bahwa hampir seluruh prosedur Operasional Instalasi Pengolahan Air Limbah di Rumah Sakit X telah sesuai dengan Buku 3 SOP Aset Operasi UPTD Pengelola Air Limbah Domestik Tahun 2018. Dari hasil evaluasi operasional unit IPAL yang dibandingkan dengan pedoman dalam Buku 3 Standar Operasional Prosedur (SOP) UPTD, tingkat kesesuaian operasional mencapai 93,3%, dengan 28 dari 30 kolom *checklist* yang sesuai, sedangkan 2 kolom lainnya belum sesuai, tabel yang belum sesuai yaitu pada tabel bak pengumpul anaerobik poin 4 dan biofilter aerobik poin 4. Ketidaksesuaian terdapat pada beberapa point pada unit Bak Pengumpul Anaerobik dan Biofilter Aerobik.

Ketidaksesuaian operasional pada Unit Bak Pengumpul Anaerobik adalah tidak dilakukannya pemeriksaan alkalinitas, pH, dan suhu. Kondisi tersebut terjadi karena pengukuran pH dan suhu hanya dilakukan pada bak outlet IPAL. Padahal, pemeriksaan parameter tersebut penting dilakukan secara rutin untuk memastikan kondisi lingkungan reaktor tetap stabil dan optimal bagi aktivitas bakteri anaerob yang berperan menguraikan senyawa organik. Ketidakseimbangan pH, suhu, maupun alkalinitas dapat menurunkan kinerja proses pengolahan, meningkatkan potensi kegagalan sistem, dan menyebabkan timbulnya bau serta peningkatan kadar polutan pada air limbah.

Ketidaksesuaian operasional pada Unit Biofilter Aerobik yaitu tidak dilakukan pemeriksaan alkalinitas, pH, dan suhu. Hal ini disebabkan Rumah Sakit X belum memiliki alat untuk memeriksa parameter kualitas air seperti BOD, COD, TSS, Amonia, Fosfat, dan *Total Coliform*, serta tidak ada kewajiban dalam regulasi untuk melakukan pengukuran parameter tersebut pada unit biofilter. Namun, pemantauan parameter tersebut sebenarnya diperlukan untuk mengetahui efektivitas proses biodegradasi di biofilter dan memastikan bakteri aerob bekerja secara optimal. Pengukuran berkala juga membantu mendeteksi dini penurunan performa unit, sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan sebelum kualitas efluen tidak memenuhi baku mutu lingkungan.

Saran yang dapat diajukan berdasarkan analisis pada Tabel 3 untuk yang belum sepenuhnya sesuai dengan ketentuan dalam Buku 3 SOP UPTD adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel perlu dilakukan di bak pengumpul anaerobik untuk mengetahui konsentrasi parameter kualitas air yang meliputi BOD, COD, fosfat (PO_4^{3-}), temperatur, dan pH. Sampel ini diambil sebagai bagian dari pemantauan rutin untuk mengevaluasi efektivitas proses pengolahan limbah serta dampaknya terhadap lingkungan [19].
2. Pengambilan sampel perlu dilakukan pada bak biofilter aerobik untuk mengetahui kondisi eksisting unit tersebut, yang berfungsi sebagai bagian dari proses pengolahan biologis lanjutan. Proses ini dirancang khusus untuk menghilangkan zat pencemar yang tidak dapat diatasi melalui proses fisik. Pengolahan berlangsung dengan melibatkan mikroorganisme aerobik yang mampu menguraikan atau mendegradasi bahan organik dalam limbah. Parameter yang diuji meliputi pH, *Total Suspended Solids* (TSS), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), serta kandungan logam berat seperti Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) [20].



Evaluasi Pemeliharaan IPAL Rumah Sakit X

Tabel Evaluasi Operasional Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit X dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Evaluasi Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit X.

No	Unit Bangunan	Kondisi IPAL Rumah Sakit X	Buku 3 Pedoman SOP UPTD 2018	Kesesuaian	
				Sesuai	Tidak Sesuai
1	Grit Chamber	Dilakukan pembersihan setiap 2 kali seminggu pada bak dan pompa.	Dilakukan pembersihan pada bak.	✓	
		Tidak dilakukan pengangkutan pasir dari dasar bak.	Dilakukan pengangkutan pasir pada dasar unit <i>grit chamber</i> secara manual.		✓
		Disampaikan laporan oleh operator kepada Penanggung jawab.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Disampaikan laporan oleh Penanggung jawab kepada Kepala Instalasi IPAL.	Dilakukan penyampaian laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
2	Tangki Ekualisasi Anaerobik	Dilakukan Pengurasan lumpur pada tangki ekualisasi Anaerobik menggunakan pompa lalu disalurkan ke bak pengumpul Anaerobik dengan menggunakan APD.	Melaksanakan pembersihan material padat, lumpur, dan lemak yang terkumpul di dasar unit ekualisasi secara rutin setelah terlebih dahulu memakai alat pelindung diri.	✓	
		Disampaikan laporan oleh operator kepada Penanggung jawab.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Disampaikan laporan oleh Penanggung jawab kepada Kepala Instalasi IPAL.	Dilakukan penyampaian laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
3	Bak Pengumpul Anaerobik	Dilakukan pembersihan apa bila terdapat <i>scum</i> pada unit bak pengumpul anaerobik.	Dilakukan pemeriksaan munculnya <i>scum</i> .	✓	
		Dilakukan pengurasan lumpur yang terdapat pada bak pengumpul anaerobik dengan menggunakan pompa disalurkan ke unit <i>sludge drying bed</i> .	Dilakukan pengurasan lumpur secara berkala.	✓	
		Disampaikan laporan oleh operator kepada Penanggung jawab.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Disampaikan laporan oleh Penanggung jawab kepada Kepala Instalasi IPAL.	Dilakukan penyampaian laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
4	Biofilter Aerobik	Tidak dilakukan untuk pemeriksaan kedalaman media.	Dilaksanakan pengukuran kedalaman media, guna menjamin		✓



No	Unit Bangunan	Kondisi IPAL Rumah Sakit X	Buku 3 Pedoman SOP UPTD 2018	Kesesuaian	
				Sesuai	Tidak Sesuai
			bahwa kedalaman media tetap sesuai dengan rencana awal setelah terlebih dahulu menggunakan alat pelindung diri.		
		Dilakukan pencucian media setiap harinya dengan cara <i>backwash</i> pada unit biofilter aerobik.	Melakukan pencucian media Biofilter dengan cara <i>backwash</i> .	✓	
		Dilakukan penambahan media biofilter apa bila kondisi media sudah banyak berkurang.	Ditambahkan media Biofilter, dalam keadaan media semakin berkurang.	✓	
		Dilakukan perawatan motor <i>blower</i> dan dilakukan penggantian <i>blower</i> apa bila <i>blower</i> sudah rusak.	Melakukan perawatan motor <i>blower</i> secara berkala.	✓	
		Dilakukan pembersihan <i>diffuser</i> dari sumbatan lumpur ketika ada sumbatan lumpur pada pipa lubang udara.	Melakukan pembersihan pada <i>diffuser</i> atau saluran udara dari penyumbatan lumpur secara rutin.	✓	
		Disampaikan laporan oleh operator kepada Penanggung jawab.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Disampaikan laporan oleh Penanggung jawab kepada Kepala Instalasi IPAL.	Dilakukan penyampaian laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
5	Post Treatment	Dilakukan pembersihan saringan pompa setiap terjadi sumbatan dan Dilakukan <i>draining</i> setiap hari pada unit post treatment agar aliran tidak tersumbat oleh lumpur yang mengendap pada media. Untuk aliran drain masuk kedalam tangki ekualisasi Anaerobik.	Dilakukan perawatan rutin pada pompa lumpur.	✓	
		Disampaikan laporan oleh operator kepada Penanggung jawab.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Disampaikan laporan oleh Penanggung jawab kepada Kepala Instalasi IPAL.	Dilakukan penyampaian laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
6	Unit Desinfeksi	Dilakukan pembersihan saringan pompa setiap terjadi sumbatan dan Dilakukan drain setiap hari	dilakukan perawatan rutin pada pompa lumpur.	✓	



No	Unit Bangunan	Kondisi IPAL Rumah Sakit X	Buku 3 Pedoman SOP UPTD 2018	Kesesuaian	
				Sesuai	Tidak Sesuai
7	Sludge Drying Bed	pada unit post treatment agar aliran tidak tersumbat oleh lumpur yang mengendap pada media. Untuk aliran <i>drain</i> masuk kedalam tangki ekualisasi Anaerobik.			
		Disampaikan laporan oleh operator kepada Penanggung jawab.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Disampaikan laporan oleh Penanggung jawab kepada Kepala Instalasi IPAL.	Dilakukan penyampaian laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	
		Dilakukan pembersihan rumput /tanaman yang mengganggu apa bila ada.	Membersihkan rumput/tanaman yang mengganggu proses pengeringan lumpur.	✓	
		Tidak dilakukan penggantian media pada unit <i>sludge drying bed</i> .	Mengganti media <i>sludge drying bed</i> secara berkala.		✓
		Dilakukan pembersihan saluran <i>leachate</i> setiap 1 hari setelah setelah penyedotan lumpur.	Menguras saluran <i>leachate</i> supaya aliran tetap tidak terhambat.	✓	
		Disampaikan laporan oleh operator kepada Penanggung jawab.	Menyampaikan laporan kepada penanggung jawab.	✓	
		Disampaikan laporan oleh Penanggung jawab kepada Kepala Instalasi IPAL.	Dilakukan penyampaian laporan kepada Kepala Instalasi.	✓	

Dari Tabel 4, dapat diketahui bahwa hampir seluruh prosedur Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah di Rumah Sakit X telah sesuai dengan Buku 3 SOP Aset Operasi UPTD Pengelola Air Limbah Domestik Tahun 2018. Dari hasil evaluasi pemeliharaan unit IPAL yang dibandingkan dengan pedoman dalam Buku 3 Standar Operasional Prosedur (SOP) UPTD, tingkat kesesuaian operasional mencapai 89,65%, dengan 26 dari 29 kolom *checklist* yang sesuai, sedangkan 3 kolom lainnya belum sesuai, tabel yang belum sesuai yaitu pada tabel *Grit Chamber* poin 2, *Biofilter Aerobik* poin 1, *SDB* poin 2. Ketidaksesuaian terdapat pada beberapa point pada unit tangki *Grit Chamber*, *Biofilter Aerobik*, dan *Sludge Drying Bed*.

Ketidaksesuaian pemeliharaan unit *grit chamber* terdapat pada point “Tidak dilakukan pengangkutan pasir dari dasar bak”. Hal tersebut dikarenakan limbah yang dihasilkan di Rumah Sakit X berasal dari aktivitas manusia dan tidak mengandung endapan pasir dalam jumlah besar. Ketidaksesuaian pemeliharaan unit biofilter aerobik yaitu “Tidak dilakukan untuk pemeriksaan kedalaman media”. Hal tersebut terjadi karena dilihat pada tangki penampung sebelum *post treatment* apabila air masih keruh maka dilakukan *drain*/gelontor pada setiap. Ketidaksesuaian pemeliharaan unit *Sludge Drying Bed* terdapat pada poin “Tidak dilakukan penggantian media pada unit *SDB*”. Hal tersebut terjadi karena digunakan opsi alternatif, yaitu pengendapan lumpur beberapa hari di *SDB* dan membuang air yang sudah dipisahkan dengan lumpur dengan sistem gravitasi air ke saluran yang mengarah ke sump pit untuk kemudian diolah kembali di IPAL.

Saran yang dapat diajukan berdasarkan analisis pada Tabel 4, yang belum sepenuhnya sesuai dengan ketentuan dalam Buku 3 SOP UPTD adalah sebagai berikut:



1. Pemeriksaan kedalaman media dalam unit biofilter aerobik sangat penting untuk memastikan efisiensi pengolahan air limbah tetap optimal sesuai dengan desain awal. Kedalaman media yang tidak sesuai dapat memengaruhi pertumbuhan bakteri dan proses penguraian bahan pencemar [21].
2. Perlu dilakukan pemantauan secara berkala terhadap media filter (lapisan penyaring) pada SDB. Apabila media filter menunjukkan tanda-tanda kejenuhan atau penurunan efektivitas dalam menyaring limbah, maka penggantian media filter dilakukan segera untuk menjaga kinerja sistem pengolahan tetap optimal [22].

4. Kesimpulan

Hasil evaluasi terhadap operasional dan pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit X menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 mencapai 100%. Apabila dibandingkan dengan pedoman dalam Buku 3 Standar Operasional Prosedur (SOP) UPTD, tingkat kesesuaian operasional mencapai 93,3%, dengan 28 dari 30 parameter yang sesuai, sedangkan 2 parameter lainnya belum sesuai. Sementara itu, tingkat kesesuaian pemeliharaan tercatat sebesar 89,65%, dengan 26 parameter yang sesuai dari total 29 parameter, sedangkan 3 parameter lainnya belum sesuai.

Referensi

- [1] L. Rawis, I. R. Mangangka, dan R. R. . Legrans, “Analisis Kinerja Instalansi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Bhayangkara Tingkat III Manado,” *Tekno*, vol. 20, pp. 233–243, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/view/42567>
- [2] M. F. Buraerah, M. R. Abidin, A. Swandi, dan D. Akrim, “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Ibu dan Anak (RSIA) Andi Hawang Kabupaten Luwu Utara,” *J. Ilm. Ecosyst.*, vol. 23, no. 2, pp. 423–432, 2023, doi: 10.35965/eco.v23i2.2901.
- [3] R. Ratnawati dan M. Alkholif, “Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Biofilter untuk Mengolah Air Limbah Poliklinik UNIPA Surabaya,” vol. 12, pp. 73–82, 2014.
- [4] Pitriani *et al.*, “Efektivitas Biofilter Dalam Mereduksi Polutan Pada Air Limbah Rumah Sakit Di Kota Palu,” *Afiasi J. Kesehat. Masy.*, vol. 7, no. 1, pp. 245–253, 2022, doi: 10.31943/afiasi.v7i1.196.
- [5] B. C. Kasih, S. Romadon, dan F. Rosariawari, “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,” vol. 3, no. 2, pp. 124–133, 2023.
- [6] M. Pasaribu *et al.*, “Pedoman Standar Operasional Prosedur (SOP) UPTD Pengelola Air Limbah Domestik”.
- [7] Pemerintah Provinsi Jawa Timur, *Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya*, 72/2013.
- [8] Y. Marhayuni dan M. N. Faizi, “Pembuatan Ipal (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Bersistem Abr (Aerobic Baffled Reactor) Untuk Mengatasi Limbah Domestik Sebagai Pengamalan Q.S Al a’Raf Ayat 56,” *Pros. Konf. Integr. Interkoneksi Islam Dan Sains*, vol. 4, p. 35, 2022.
- [9] A. Lukman, A. J. Nasution, dan R. Harahap, “ANALISIS PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK PDAM TIRTANADI CABANG CEMARA,” vol. 17, no. 2, pp. 1–5, 2022.
- [10] E. Kurniawati, “Sistem Pengolahan dan Pemanfaatan Air Limbah Domestik (Studi Kasus Pada Pengelolaan Air Limbah Domestik PT. X),” *J. Ekol. Masy. dan Sains*, vol. 4, no. 1, 2023, doi: 10.55448/ems.v4i1.74.
- [11] R. A. Sari, A. Pribadi, D. R. Nurmaningsih, S. Nengse, dan Y. Yustrianti, “Design of Communal Wastewater Treatment Plant (Case Study in Depok Village, Trenggalek, East Java),” *Konversi*, vol. 11, no. 2, pp. 69–78, 2022, doi: 10.20527/k.v11i2.13903.
- [12] N. A. Cahyani dan T. A. Rachmanto, “Optimalisasi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah



- (IPAL) Kegiatan Industri Rumah Potong Ayam (RPA) PT X Di Daerah Jombang,” *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro Dan Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 204–216, 2024.
- [13] A. M. Larasati, *Laporan Magang Rumah Sakit Mata Masyarakat Jawa Timur Pengelolaan Limbah Di Rumah Sakit Mata Masyarakat Jawa Timur*. 2022. [Online]. Available: <https://repository.unair.ac.id/131227/>
- [14] M. I. Jannah, *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Pusat*, vol. 19, no. April. 2021.
- [15] V. N. Manoppo, H. Riogilang, dan H. Riogilang, “Evaluasi Limbah Cair dan Limbah Padat di Rumah Sakit ADVENT Kota Manado,” *Tekno*, vol. 21, no. 84, pp. 539–550, 2023.
- [16] A. M. Jauhary, S. W. Auvaria, dan S. Nengse, “Redesain Instalasi Pengolahan Air Lindi di TPA Ngipik, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik,” *Environ. Eng. J. ITATS*, vol. 3, no. 2, pp. 80–94, 2023, doi: 10.31284/j.envitats.2023.v3i2.3865.
- [17] M. F. R. Rurupadang, “Skripsi perencanaan unit instalasi pengolahan lumpur tinja (iplt) nipa nipa antang kota makassar,” 2023.
- [18] F. Azwari, K. Hadidjah, C. E. Benedicta, dan W. Rusli, “Analisis Parameter pH, BOD, TSS, Minyak Dan Lemak Serta Total Coliform Pada Limbah Cair Rumah Sakit Gerbang Sehat Long Bagun Mahakam Ulu,” *J. Pengendali. Pencemaran Lingkung.*, vol. 5, no. 1, pp. 45–51, 2023, doi: 10.35970/jppl.v5i1.1796.
- [19] Tamyis, I. R. Eri, dan Marlik, “Evaluasi Penurunan Po4 Pada Instalasi Anaerob Dan Aerob Di Ipal Rsim Hasanah Mojokerto,” *Gema Lingkung. Kesehat.*, vol. 19, no. 2, pp. 152–156, 2021, doi: 10.36568/kesling.v19i2.1547.
- [20] S. P. Dhea, A. Arifin, dan A. Sulastri, “Evaluasi Kondisi Eksisting Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPAS) Sorat Kecamatan Sambas Kabupaten Sambas,” *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 12, no. 2, p. 491, 2024, doi: 10.26418/jtlb.v12i2.76828.
- [21] R. F. R. Dani, “Perencanaan Ipal Biofilter Anaerob-Aerob Di Puskesmas Way Halim Kota Bandar Lampung,” *Ruwa Jurai J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 15, no. 3, p. 149, 2022, doi: 10.26630/rj.v15i3.3074.
- [22] G. D. Mega dan W. Herumurti, “Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih, Surabaya,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i1.15035.