

Analisis Deskriptif Performa Sistem Pengolahan Air Limbah di Rumah Sakit Umum Daerah Dompu

Muhamad Yamin¹⁾, Giatma Dwijuna Ahadi²⁾
Email: yaminmuhamad446@gmail.com

¹Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Qamarul Huda Badaruddin

²Fakultas Kesehatan, Universitas Qamarul Huda Badaruddin

ABSTRAK

Rumah Sakit Umum Dompu sebagai salah satu fasilitas kesehatan di Kabupaten Dompu harus mampu mengolah air limbah dengan baik. IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) rumah sakit perlu dievaluasi secara berkala untuk memastikan bahwa kerjanya efektif dan efisien dalam mengolah air limbah. Penelitian yang digunakan adalah eksperimen uji laboratorium dan pendekatan deskriptif untuk kinerja sistem IPAL Biofilter Anaerob Aerob di RSUD Dompu. Kinerja sistem IPAL Biofilter Anaerob Aerob RSUD Kabupaten Dompu sudah optimal, ini didasarkan pada hasil pengujian kualitas outlet air limbah IPAL Biofilter Anaerob Aerob dari parameter Total Suspended Solid (TSS), Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Minyak dan Air serta pH, menunjukkan angka didalam standar baku mutu air limbah rumah sakit. Hasil uji laboratorium ke-5 parameter tersebut sebagai berikut: TSS dengan standar baku 30 mg/L diperoleh hasil pengolahan 18,0 mg/L. BOD dengan standar baku 50 mg/L, setelah dilakukan proses pengolahan maka hasil adalah 1,47 mg/L. COD dengan standar baku 80 mg/L, diperoleh 28,9 mg/L. Minyak & lemak dengan standar baku 10 mg/L, setelah dilakukan proses pengolahan hasilnya < 1,00 mg/l. Derajat keasaman (pH), setelah dilakukan proses pengolahan diperoleh 7,72. Hasil perhitungan proses inlet dan outlet sampel, diperoleh tingkat efektifitas IPAL Biofilter Anaerob Aerob di RSUD Kabupaten Dompu berkisar antara 91% - 95%. Tingkat efektifitas ini cukup baik untuk kinerja optimal IPAL.

Kata kunci: Air Limbah; IPAL Biofilter Anaero; Paramete.

ABSTRACT

Dompu General Hospital as one of the health facilities in Dompu Regency must be able to treat wastewater properly. The hospital's Wastewater Treatment Plant (WWTP) needs to be evaluated periodically to ensure that its performance is effective and efficient in processing wastewater. This research used is an experiment by conducting observational with a descriptive approach to evaluate the performance of the wastewater treatment plant system and to determine the effectiveness of the Biofilter Anaerobic Aerobic WWTP at Dompu General Hospital. The results of the quality test wastewater sample Biofilter Anaerobic Aerobic WWTP obtained from the parameters of TSS, BOD, COD, Oil and Water parameters and pH, show show figures within the standard for hospital wastewater quality. The results of laboratory tests for the 5 parameters are as follows: Total Suspended Solids (TSS) with a standard of 30 mg/L obtained a waste treatment result is 18.0 mg/L. Biological Oxygen Demand (BOD) test obtained a waste treatment process was 1.47 mg/L. The waste treatment results of Chemical Oxygen Demand (COD) was carried out, 28.9 mg/L. The waste treatment result of Oil & Water was carried out <1,00 mg/L. The results of pH degree after water treatment was obtained 7.72. The calculation of inlet sample and outlet sample water treatment was obtained the effectiveness level of the WWTP at the Dompu General Hospital ranging from 91% - 95%. This level of effectiveness is good enough for optimal WWTP performance.

Keywords: Wastewater; Anaerobic Biofilter WWTP; Parameters; Effectiveness

1. LATAR BELAKANG

Rumah sakit adalah lembaga penyedia layanan kesehatan yang memberikan pelayanan

personal secara menyeluruh, mencakup rawat inap, rawat jalan, dan layanan gawat darurat. Dalam memberikan layanan kesehatan kepada

masyarakat, rumah sakit berperan krusial sebagai lembaga kesehatan. Namun, operasi sehari-hari yang dilakukan rumah sakit juga menghasilkan limbah cair yang memiliki potensi untuk mengandung zat-zat berbahaya bagi kesehatan masyarakat. Limbah cair rumah sakit bisa mengandung berbagai polutan, seperti bahan kimia, obat-obatan, dan mikroorganisme patogen yang dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat jika tidak dikelola dengan benar. Menurut Kementerian Kesehatan (2010), rumah sakit merupakan lembaga pelayanan kesehatan yang wajib menyediakan fasilitas pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

Sebelum membuang limbahnya, rumah sakit harus memiliki sistem pengolahan air limbah. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang efektif dan efisien dapat membantu mengurangi kadar polutan dalam limbah cair sehingga tidak berisiko bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, sangat penting untuk memastikan bahwa IPAL rumah sakit berfungsi dengan optimal dan mematuhi standar kualitas air limbah yang berlaku. Berdasarkan hasil studi Nuraini et al. (2022), kesadaran pengelola rumah sakit terhadap regulasi lingkungan meningkat seiring penegakan hukum lingkungan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 hasil olahan dari Instalasi Pengolahan Air Limbah harus memenuhi standar baku yang telah di tentukan, yaitu standar parameter fisika dan standar parameter kimia. Stadar baku parameter kimia adalah sebagai berikut: konsentrasi pH berkisar 6-9 mg/L, Total Suspended Solid 30 mg/L, Chemycal Oxygen Demand 80 mg/L, Biologycal Oxygen Demand 50 mg/L, Minyak dan Lemak MBAS Amonia Nitrogen dengan standar 10 mg/L.

Rumah Sakit Umum Dompu, sebagai salah satu fasilitas kesehatan di Kabupaten Dompu, juga menghasilkan limbah cair yang harus diolah dengan benar. Kinerja IPAL di rumah sakit ini perlu dievaluasi secara berkala untuk

memastikan efektivitas dan efisiensinya dalam mengolah limbah cair. Proses evaluasi ini dapat membantu dalam menemukan masalah yang ada serta memberikan saran perbaikan untuk meningkatkan proses kerja IPAL.

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya (Martias, 2021). Metode deskriptif menggunakan data yang diperoleh pada sampel untuk menjelaskan atau menarik kesimpulan mengenai sampel tersebut. Selain itu analisis deskriptif dapat menjelaskan berbagai karakteristik variabel seperti ukuran pemusatan, plot, penyajian table/grafik dan lain sebagainya (Ahadi & Ulfah, 2024).

Dalam beberapa tahun terakhir, kesadaran masyarakat dan pemerintah terhadap pentingnya pengelolaan air limbah yang baik telah meningkat. Peraturan dan standar kualitas air limbah yang lebih ketat kini diterapkan untuk memastikan bahwa limbah yang dibuang ke lingkungan tidak membahayakan. Dengan demikian, penting bagi rumah sakit untuk memastikan bahwa IPAL mereka memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Oleh sebab itu, perlu dilaksanakan kajian tentang pengolahan limbah di Rumah Sakit Umum Dompu agar dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pengelola rumah sakit untuk memperbaiki kinerja IPAL.

Untuk menentukan seberapa besar efektivitas IPAL pada Rumah Sakit Umum Dompu dilakukan pengambilan pada titik masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) IPAL dengan memperhatikan waktu resistensi. Uji efektivitas dihitung dengan persentase titik masuk dengan titik keluar (Rokiin & Nurhayati. 2024).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan uji laboratorium sesuai parameter standar baku. Kemudian hasil uji akan disajikan dengan pendekatan statistik

deskriptif untuk mengevaluasi kinerja sistem dan (%) efektifitas IPAL Biofilter Anaerob Aerob di RSUD Kabupaten Dompu. Variabel yang diteliti adalah kandungan konsentrasi pada parameter kimia limbah cair yaitu:

Tabel 1. Variabel Eksperimen

Parameter	Satuan
Total Suspended Solid (TSS)	mg/L
Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/L
Biological Oxygen Demand (BOD)	mg/L
Minyak dan Lemak	mg/L
Kadar pH	-

Kemudian data kandungan konsentrasi TSS, BOD, COD, Minyak & Lemak serta pH akan dilakukan analisis laboratorium dengan mengambil sampel inlet dan outlet air limbah cair di RSUD Dompu.

2.2 Tahap Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium menggunakan metode uji yang sesuai Standar Nasional Indonesia. Metode yang digunakan dalam pengujian BOD adalah metode SNI 6989.72-2009. Metode ini digunakan untuk menentukan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba aerobik untuk mengoksidasi bahan organik karbon dalam sampel.

Pada pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada SNI 6989.2-2009 adalah metode refluks tertutup secara spektrotometri, prinsipnya adalah melibatkan reaksi sampel air dengan larutan dikromat dalam kondisi asam pada suhu tinggi, lalu mengukur konsentrasi kromium trivalen yang dihasilkan menggunakan spektrometri. Prosedur metode ini sampel air disiapkan dan larutan dikromat, reaksi sampel dengan dikromat pada suhu 150C selama 2 jam, setelah itu mengukur konsentasi kromium trivale menggunakan spektrometri pada panjang gelombang tertentu. Tinggi : 100 mg/L – 900 mg/L dengan panjang gelombang 600 nm rendah : ≤ 90 mg/L dengan panjang gelombang 420 mm 2 mg/L : estimasi *Method Detection Limit* (MDLest).

Minyak merupakan lemak yang berada dalam bentuk cair. Untuk menguji kandungan minyak dan lemak dalam air serta limbah, digunakan metode ekstraksi pelarut. Dalam analisis ini, prosesnya meliputi pengambilan minyak dan lemak dari sampel air dengan bantuan pelarut organik, kemudian mengukur berat minyak dan lemak yang berhasil diambil. Adapun tahapan dalam analisisnya adalah:

- Mengambil sampel air serta menyiapkan sampel tersebut.
- Memisahkan fase pelarut dari fase air
- Menguapkan pelarut untuk memperoleh residu minyak dan lemak.
- Menimbang berat residu minyak dan lemak.

Selanjutnya, kandungan minyak dan lemak dihitung berdasarkan berat residu yang dikumpulkan serta volume sampel air yang digunakan, diikuti dengan pengukuran pH secara langsung menggunakan meter pH. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Melakukan kalibrasi pada nilai meter pH menggunakan larutan buffer standar
- Membaca nilai pH pada meter pH setelah pengukuran stabil
- Terakhir, merekam hasil pengukuran pH.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan metode perbandingan antara hasil uji parameter dari outlet dan inlet untuk menghitung nilai efektifitasnya.

2.3 Penyajian Hasil secara Deskriptif

Penyajian data dalam tabel merupakan representasi angka yang ringkas dan jelas dalam format baris dan kolom. Data dalam bentuk diagram atau grafik bertujuan untuk membantu membuat data yang besar dan rumit menjadi lebih mudah dipahami. Bentuk grafik atau diagram menyediakan cara yang lebih menarik dan informatif dalam penyampaian informasi. Contoh jenis grafik yang bisa digunakan adalah diagram batang yang berfungsi untuk menampilkan data diskrit atau data dalam kategori. Diagram dan grafik sering ditemukan dalam hasil keluaran perangkat lunak statistik seperti Excel, SPSS, Spreadsheet, dan lain-lain.

2.4 Analisis Data Efektifitas

Perhitungan nilai efektifitas dilakukan agar di ketahui efektifitas dari IPAL Biofilter

Anaerob Aerob RSUD Kabupaten Dompu, adalah sebagai berikut (Sugiarto, 1987) :

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Dimana:

A = Kadar parameter pada inlet

B = Kadar parameter pada outlet

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Hasil Uji

Berikut adalah grafik yang menunjukkan perbandingan hasil pengujian parameter inlet dan outlet dari Instalasi

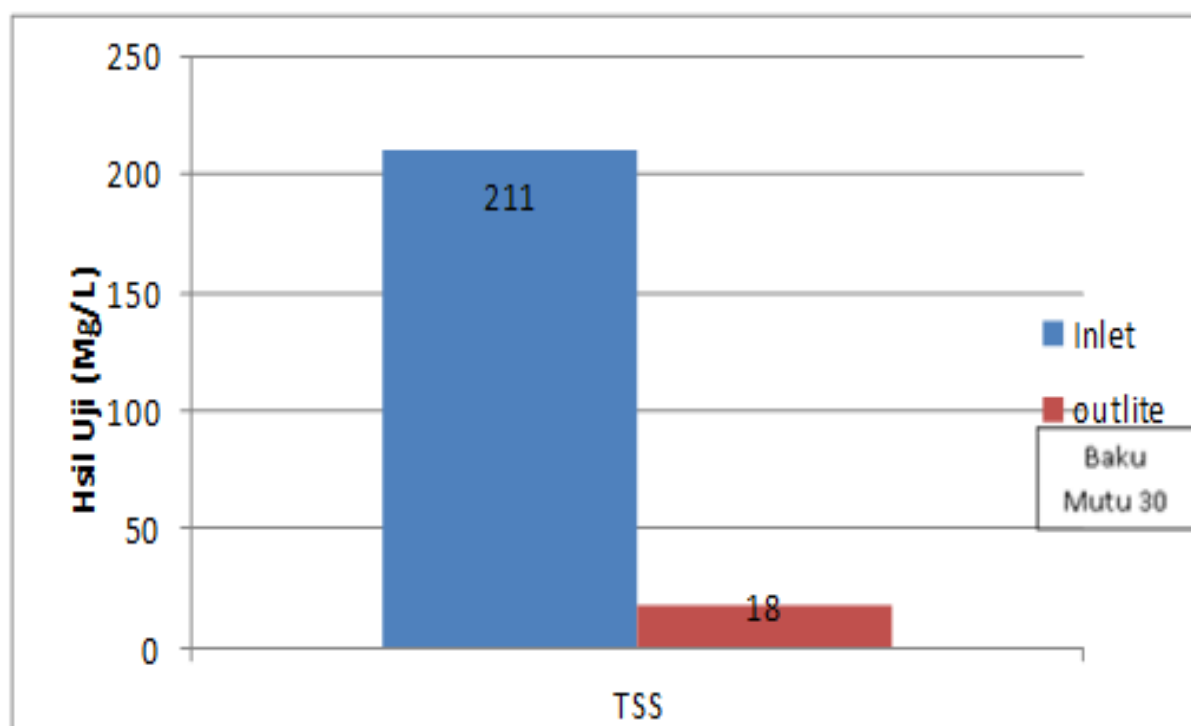
Pengolahan Air Limbah (IPAL) Biofilter Anaerob Aerob yang ada di RSUD Kabupaten Dompu sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Standar Kualitas Limbah Cair untuk Kegiatan Rumah Sakit..

1. Total Suspended Solid (TSS).

Grafik hasil uji parameter kimia konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dari IPAL Biofilter Anaerob Aerob Rumah Sakit Umum Dompu dapat di lihat pada gambar 1.

Gambar 1.

Grafik Perbandingan Inlet dan Outlet Parameter TSS dengan baku Mutu.



Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai parameter TSS 18 mg/L sangat kecil. Oleh karena itu, parameter TSS atau padatan yang terputus memenuhi standar yang ditentukan untuk kualitas kualitas air limbah.

2. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

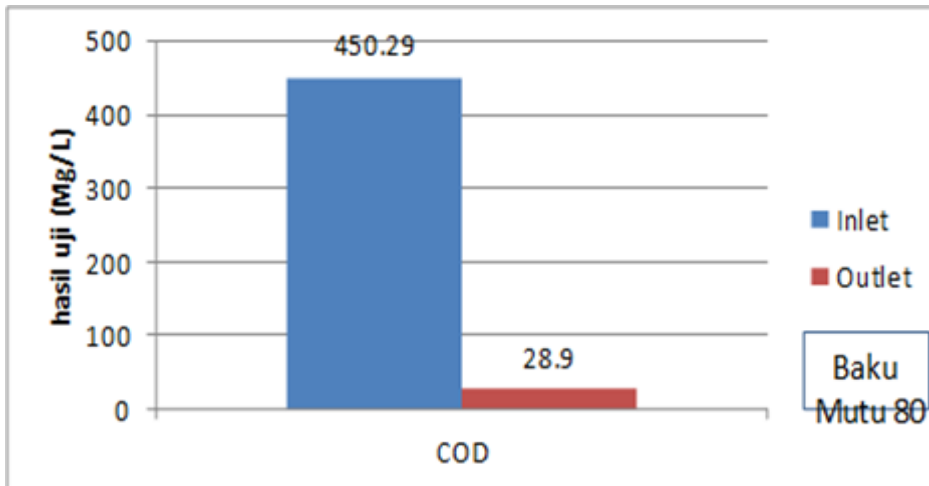
Grafik hasil perbandingan uji parameter kimia pada konsentrasi *Biological Oxygen*

Demand dari IPAL RSUD Dompu ditunjukkan pada Gambar 2.

Grafik pada gambar 2 menunjukkan bahwa nilai parameter BOD sangat kecil yaitu sebesar 1,47 mg/l. Jadi parameter BOD atau *Biological Oxygen Demand* memenuhi standar baku mutu air limbah rumah sakit yang telah di tetapkan sebesar 50 mg/L.

Gambar 2.

Grafik Perbandingan Inlet dan Outlet Parameter BOD



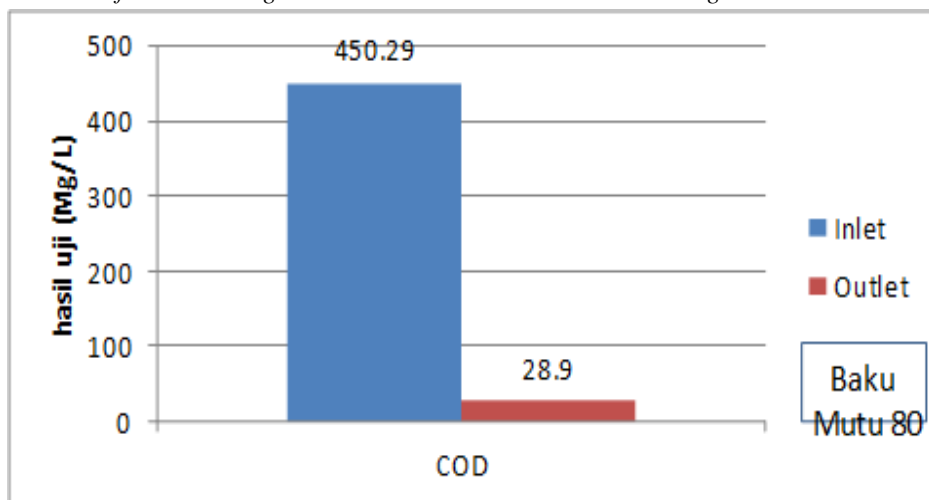
3. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Deskriptif hasil perbandingan uji parameter kimia pada konsentrasi Chemical Oxygen

Demand (COD) dari IPAL IPAL Biofilter Anaerob Aerob yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3.

Grafik Perbandingan Inlet dan Outlet Parameter COD dengan Baku Mutu



Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai parameter COD sangat kecil pada 28,9 mg/L.

Oleh karena itu, parameter permintaan COD atau kimia sesuai dengan standar kualitas air limbah rumah sakit ditetapkan pada 80 mg/L.

4. Minyak dan Lemak

Deskriptif hasil perbandingan uji konsentrasi minyak dan air dari biofilter anaerob aerob disajikan pada diagram berikut ini (Gambar 4).

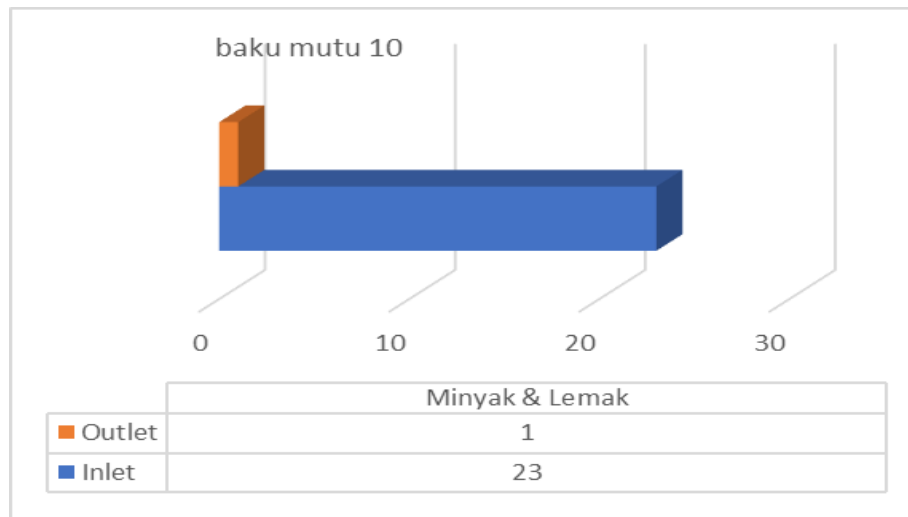
Grafik 4 menunjukkan bahwa nilai parameter minyak dan lemak pada 1 mg/L

sangat kecil. Oleh karena itu, parameter minyak bumi dan lemak sesuai dengan standar kualitas air limbah yang ditetapkan pada 10 mg/L.

Air dengan minyak tinggi dan kadar lemak dapat menyebabkan atmosfer anaerob yang dapat menyebabkan bioiota air.

Gambar 4.

Grafik Perbandingan Inlet dan Outlet Konsentrasi Minyak dan Lemak



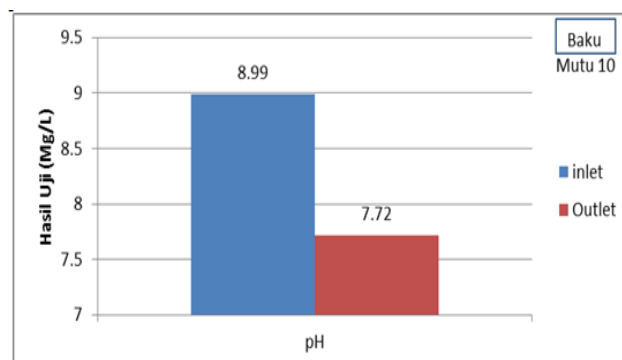
Air dengan minyak tinggi dan kadar lemak dapat menyebabkan atmosfer anaerob yang dapat menyebabkan bioiota air.

5. Derajat Keasaman (pH)

Grafik perbandingan tes konsentrasi pH dari biofilter anaerob aerob yang ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah ini.

Gambar 5.

Grafik Perbandingan Inlet dan Outlet Konsentrasi pH dengan standar baku



Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai parameter pH sebesar 7,72. Jadi parameter pH memenuhi standar baku mutu air limbah rumah sakit yang telah di tetapkan berkisaran 6,0 sampai 9,0. pH pada air limbah sangat dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme yang berada didalamnya dan karakteristik limbah itu sendiri. Sampah yang berada di dalam air limbah juga sangat berpengaruh terhadap nilai pH air limbah. Air limbah dengan nilai pH yang sangat ekstrem secara biologis sulit diobati. Air dengan nilai pH yang tinggi dapat disebabkan oleh adanya surplus amonia-N dalam nilai pH yang rendah disebabkan oleh keberadaan

ammonium-N yang berlebihan.

3.2 Pembahasan

Evaluasi yang dilakukan yaitu dengan pengambilan air sampel *inlet* dan *outlet* pada IPAL di Rumah Sakit Umum Kabupaten Dompu kemudian sampel tersebut di uji di Balai Laboratorium Kesehatan Pengujian Dan Kalibrasi Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan 5 parameter yaitu *Total Suspended Solid (TSS)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, Minyak dan lemak, serta pH. Hasil uji sampel dari *inlet* dan *outlet* tersebut kemudian di bandingkan dengan batas maksimum baku mutu air limbah rumah sakit

pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit. Berikut ini adalah tabel hasil uji Laboratorium yang di lakukan.

Tabel 2.

Hasil Uji Sampel Inlet IPAL

Parameter	Hasil	Satuan	Baku Mutu
TSS*	211	mg/L	SNI-06-6989.3-2004
BOD*	348,30	mg/L	SNI-6989.72-2009
COD*	450.29	mg/L	SNI-6989.2-2009
Minyak dan Lemak	23	mg/L	SNI-06-6989.10-2004
pH*	8,99	-	SNI-06-6989.11-2004

Sumber: Hasil Pemeriksaan Laboratorium

Hasil uji outlet sampel menunjukkan nilai penurunan yang signifikan terhadap data inlet sampel. Tabel 3 menunjukkan hasil uji kandungan konsentrasi TSS, BOD, COD, Minyak dan Lemak jauh dibawah baku mutu.

Tabel 3.

Hasil uji sampel outlet IPAL

Parameter	Hasil	Satuan	Metode	Baku Mutu
TSS*	18,0	mg/L	SNI-06-6989.3-2004	30
BOD*	1,47	mg/L	SNI-6989.72-2009	30
COD*	28,9	mg/L	SNI-6989.2-2009	100
Minyak dan Lemak	<1,00	mg/L	SNI-06-6989.10-2004	5
pH*	7,72	-	SNI-06-6989.11-2004	6,0-9,0

Sumber: Hasil Pemeriksaan laboratorium

Hasil penelitian Rahayu & Sitorus (2018) menunjukkan bahwa sistem IPAL rumah sakit yang tidak optimal dapat meningkatkan kandungan BOD dan COD di lingkungan sekitar. Studi oleh Putri et al. (2020) menemukan bahwa efisiensi IPAL sangat bergantung pada waktu tinggal hidraulik dan jenis reaktor biologis yang digunakan.

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 2 maka dapat dihitung nilai efektivitas kinerja IPAL RSUD Dompu sesuai rumus pada persamaan (1). Kemudian hasil hitung disajikan seperti

yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4.

Tabel Nilai Efektifitas.

Parameter	Baku Mutu	Hasil Uji Laboratorium		Efektivitas (%)
		Inlet	Outlet	
TSS	30	211	18,0	91,46%
BOD	50	348,30	1,47	99,57%
COD	80	450.29	28,9	93,58%
Minyak & Lemak	10	23	<1,00	-
pH	10	8,99	7,72	-

Hasil persentase efektivitas sistem memiliki nilai rata-rata diatas 90%. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Biofilter Anaerob Aerob di RSUD Kabupaten Dompu sudah baik. Hasil ini sejalan dengan Rahmadani & Yusuf (2023) melaporkan bahwa penerapan sistem IPAL berbasis biofilter aerasi dapat menurunkan kadar BOD hingga 90%.

Dari pengamatan dan perhitungan diperoleh beberapa komponen sistem instalasi yang mengalami kerusakan yang sewaktu waktu dapat mempengaruhi kinerja dari IPAL rumah sakit. Menurut Saputra & Widodo (2019), pemeliharaan rutin dan monitoring kualitas efluen merupakan faktor penting dalam menjaga efektivitas IPAL rumah sakit. Handayani et al. (2021) menekankan pentingnya evaluasi berkala kinerja IPAL untuk meminimalkan dampak pencemaran air di sekitar rumah sakit. Kajian terbaru oleh Lestari (2024) menyoroti inovasi penggunaan teknologi membran dalam meningkatkan efisiensi pengolahan limbah rumah sakit di Indonesia.

4. KESIMPULAN

Kinerja Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Biofilter Anaerob Aerob Rumah Sakit Umum Daerah Dompu sudah optimal. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian kualitas outlet air limbah IPAL Biofilter Anaerob Aerob yang cukup baik. Hasil uji dari parameter kimia; TSS, BOD, COD, Minyak dan Air serta pH, menunjukkan konsentrasi nilai masih dalam standar baku mutu air limbah rumah sakit yang sudah ditetapkan oleh

pemerintah.

Berdasarkan uji eksperimen dan hasil analisis, diperoleh tingkat efektifitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Biofilter Anaerob Aerob di Rumah Sakit Umum Kabupaten Dompus berkisar antara 91% - 95%. Nilai titik keluar parameter Minyak & Lemak <1 mg/L sedangkan titik keluar pH adalah 7,72 satuan. Hasil tersebut menunjukkan tingkat efektifitas cukup baik untuk kinerja optimal IPAL.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktur RSUD Kabupaten Dompus yang membantu kami dan memberikan akses untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penelitian. Penelitian menggunakan biaya sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadi, G., & Ulfah, S. (2024). Analisis Statistik Deskriptif Mitigasi Bencana Banjir Berdasarkan Data Potensi Desa 2021. *Lageografia Negeri Makassar*, 22(3). <https://dx.doi.org/10.35580/lageografia.v22.i3.64637>
- Handayani, R., Nugroho, A., & Prasetyo, D. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit di Indonesia. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 27(2), 145–154.
- Husaini Usman. (2013). *Metodologi Penelitian Sosial*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan No. 340/MENKES/PER/III/2010 tentang Klasifikasi Rumah Sakit. Jakarta.
- Lestari, D. (2024). Inovasi Teknologi Membran untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 32(1), 21–29.
- Martias, R. (2021). *Analisis Statistik Deskriptif dalam Penelitian Teknik*. Bandung: Alfabeta Press.
- Nuraini, S., Sari, M., & Taufiq, R. (2022). Implementasi Regulasi Pengelolaan Limbah Cair Rumah Sakit di Indonesia. *Jurnal Hukum dan Lingkungan*, 18(3), 301–312.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta.
- Putri, A. D., Susanto, B., & Kurniawan, H. (2020). Analisis Efisiensi Sistem IPAL Rumah Sakit Berdasarkan Parameter BOD, COD dan TSS. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 25(1), 45–53.
- Rahayu, N., & Sitorus, H. (2018). Dampak Pengelolaan Limbah Rumah Sakit terhadap Lingkungan Sekitar. *Jurnal Ekologi dan Sanitasi*, 19(2), 112–119.
- Rahmadani, F., & Yusuf, M. (2023). Aplikasi Biofilter Aerasi pada Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit. *Jurnal Teknologi dan Keairan*, 12(4), 87–95.
- Rokiin, M., & Nurhayati. (2024). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Rumah Sakit Menggunakan Teknologi Biofilter Anaerob – Aerob. *Jurnal TECHLINK*, 8(1), 35–59. <https://doi.org/10.59134/jtnk.v8i1.656>
- Saputra, D., & Widodo, S. (2019). Pemeliharaan Sistem IPAL Rumah Sakit untuk Efisiensi Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, 7(3), 210–218.