

Pengaruh Waktu Kontak Injeksi Pompa Udara Pada Air Limbah Buangan Puskesmas Sebatung Ditinjau Dari Parameter Bod

Noorhaida Santi¹, Abdul Khair², Sulaiman Hamzani³, Junaidi⁴

^{1,2,3,4} Poltekkes Kemenkes Banjarmasin, Indonesia

Corresponding Author

Nama Penulis: Noorhaida Santi

E-mail: noorhaidasanti@gmail.com

Abstrak

Salah satu jenis air limbah yang menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan adalah limbah dari fasilitas kesehatan dengan kandungan organik yang tinggi pada parameter BOD (Biochemical Oxygen Demand) yang menyebabkan turunnya oksigen perairan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu kontak injeksi pompa udara pada air limbah puskesmas terhadap penurunan kadar parameter BOD dengan menggunakan metode aerasi dengan cara menambahkan gelembung udara melalui pompa air udara yang dimasukkan ke bak air limbah. Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Dari desain penelitian ini akan ada pemeriksaan BOD sebelum dan sesudah di beri perlakuan. Teknik pengambilan sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik grab sampling (sampel sesaat) pengambilan sampel dilakukan secara intensif untuk jangka waktu lebih pendek. Penelitian ini menggunakan perlakuan variasi waktu setiap 30 menit sebanyak 5 variasi waktu dan 0 menit sebagai kontrol. Dari hasil penelitian ini menunjukkan adanya penurunan kadar BOD yang awalnya sebesar 44,72 mg/L menjadi 9,97 mg/L. Hasil analisis menggunakan uji statistik pada perlakuan menggunakan variasi waktu kontak injeksi pompa udara terdapat perbedaan penurunan hasil yang signifikan sebesar 10% dalam menurunkan kadar BOD pada air limbah buangan puskesmas. Dari perlakuan menggunakan injeksi pompa udara setelah diberi perlakuan penambahan variasi waktu kontak. Hasil akhir dari air limbah buangan puskesmas dapat diolah lebih lanjut dengan memberikan variasi waktu yang lebih panjang atau lama dan penggunaan aerator yang lebih besar agar lebih optimum dalam penelitian selanjutnya.

Kata kunci - waktu kontak, aerasi, buangan puskesmas

Abstract

Consists of three main parts: what is the purpose of the study, then the method used to achieve the objectives, including the type of research, sample and sampling techniques, data collection techniques, the research variables, data analysis techniques. The last part of the abstract is what the research findings and conclusions obtained. The number of words in the abstract should not exceed 250 words. Not required inclusion of quotations and writing formulas in abstract writing. Writing just one paragraph abstract alone

One type of wastewater that causes environmental pollution is waste from health facilities with high organic content the BOD (Biochemical Oxygen Demand) parameter which causes a decrease in water oxygen. This aims to determine the effect of the air pump injection contact time on health center wastewater on reducing BOD parameter levels using the aeration method by adding air bubbles through an air water pump that is inserted into the wastewater tank. This type of research is experimental research. From this research design, there will be a BOD examination before and after treatment. The sampling technique used in this study is the grab sampling technique (momentary sample) sampling is carried out intensively for a shorter period of time. This study uses a time variation treatment every 30 minutes as many as 5 time variations and 0 minutes as a control. The results of this study indicate a decrease in BOD levels which were initially 44,72 mg / L to 9,97 mg / L. The results of the analysis using statistical tests on the treatment using variations in the air pump injection contact time showed a significant

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

difference in the results of 10% in reducing BOD levels in health center wastewater. From the treatment using air pump injection after being given additional contact time variation treatment. The final result of the wastewater from the health center can be further processed by providing a longer or longer time variation and the use of a larger aerator to be more optimal in further research

Keywords - contact time, aeration, health center discharge

PENDAHULUAN

Fasilitas perawatan kesehatan pasti menghasilkan limbah medis, yang merupakan sisa dari kegiatan perawatan kesehatan yang tidak lagi digunakan dalam bentuk padat, cair, dan gas. Limbah medis cair adalah limbah cair, termasuk tinja, yang mungkin mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun, dan bahan radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan. Pada tahun 2022, dari 13.446 fasilitas kesehatan di seluruh Indonesia, jumlah fasilitas kesehatan yang mengelola limbah medis sesuai standar diharapkan mencapai 5.224 (Kemenkes, 2022).

Limbah medis terus menumpuk, terutama di luar Jawa, karena terbatasnya jumlah dan kapasitas perusahaan pembuangan limbah medis berizin yang dapat melayani rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya. Timbulnya limbah medis cair di dalam fasilitas medis, di mana kapasitas pembuangan limbah terbatas dan pengelolaan oleh otoritas berlisensi lemah, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan menjadi sumber penularan penyakit (Kemenkes, 2020).

Salah satu jenis air limbah yang menimbulkan pencemaran lingkungan adalah limbah fasilitas kesehatan yang memiliki kandungan bahan organik tinggi pada parameter BOD sehingga mengurangi kadar oksigen dalam air. BOD (biochemical oxygen demand) adalah pendekatan untuk mengukur jumlah degradasi biokimia dalam air, yang bertujuan untuk mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik. Limbah cair terdiri dari tiga sifat, yaitu sifat fisika, sifat kimia, dan sifat biologi. Sifat fisik air limbah meliputi warna, bau, sedimen, dan suhu. Kimia air limbah mencakup komponen kimia air limbah seperti pH, amonia, total padatan tersuspensi, COD, dan BOD. Sifat biologis limbah meliputi hewan, tumbuhan, dan virus. Penggunaan metode pengolahan air limbah untuk memecah bahan organik dalam air limbah, khususnya BOD. Penelitian ini menjelaskan tentang jenis aerasi yang digunakan yaitu air-water pump yaitu suatu metode aerasi dengan cara menambahkan gelembung udara melalui pompa air udara yang dimasukkan ke dalam bak penampung air limbah sehingga terjadi kontak antara udara dengan air limbah, sementara selama air limbah melewati media tersebut, kualitasnya membaik. Hal ini disebabkan adanya pemisahan partikel-partikel tersuspensi dan koloid, reduksi bakteri dan organisme lainnya dan pertukaran konstituen yang ada dalam air limbah, sehingga menghasilkan limbah dengan efisiensi tinggi yang mampu menurunkan kadar BOD pada air limbah.

Berdasarkan survey awal penelitian yang dilakukan pada Puskesmas Sebatung, dalam pengelolaan hasil limbah cair medis, diketahui bahwa di puskesmas ini dalam pengelolaan limbah medis cair sudah menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Jumlah kunjungan pasien ke klinik dalam tiga bulan terakhir adalah 1001 kunjungan. Banyaknya kunjungan pasien ke pusat kesehatan juga berdampak pada dihasilkannya limbah, termasuk limbah medis cair yang dihasilkan akibat kegiatan operasional pusat kesehatan. Diketahui bahwa air limbah yang dihasilkan di setiap ruangan dikumpulkan melalui pipa-pipa yang terhubung ke tangki penyimpanan tempat air tersebut diolah. Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan oleh Laboratorium Kesehatan Lingkungan Kabupaten Tanah Laut, nilai BOD limbah cair puskesmas sebesar 44,72 mg/L dan setiap minggu sering tercium bau tidak sedap dari puskesmas tersebut. Hal ini menyebabkan penyelidikan.

TINJAUAN PUSTAKA

Puskesmas

Pusat kesehatan masyarakat, juga dikenal sebagai puskesmas, adalah fasilitas pelayanan kesehatan yang menyediakan layanan kesehatan masyarakat dan perorangan tingkat pertama, serta layanan kuratif, preventif, dan rehabilitatif yang dilakukan oleh pemerintah, pemerintah daerah, dan/atau masyarakat (PermenLH No. 5 Tahun 2014). Untuk penyelenggaraan pelayanan di puskesmas yang efektif dan efisien, puskesmas harus dikelola dengan manajemen organisasi. Pelayanan kesehatan puskesmas adalah upaya yang diberikan oleh puskesmas kepada masyarakat, yang mencakup perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, pencatatan, dan pelaporan.

Definisi Limbah Cair

Limbah cair adalah sisa cair dari usaha atau kegiatan yang dibuang ke lingkungan dan dianggap dapat menurunkan kualitas lingkungan. Sebaliknya, air limbah adalah sisa cair dari usaha atau kegiatan yang dibuang ke lingkungan (Permen LH No. 5 tahun 2014). Salah satu jenis limbah yang perlu mendapat perhatian dan pengelolaan khusus adalah limbah cair. Limbah cair yang berasal dari fasilitas kesehatan tidak hanya mengandung bahan berbahaya beracun atau B3, tetapi juga mengandung zat yang mengkontaminasi dan berbau.

Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah adalah proses penanganan air limbah yang terdiri dari penyaluran, pengolahan, dan pemeriksaan air limbah untuk mengurangi risiko gangguan lingkungan dan kesehatan yang ditimbulkan oleh air limbah. Air limbah yang dihasilkan oleh fasilitas pelayanan kesehatan mengandung beban cemaran yang dapat mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Untuk itu, air limbah harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan agar memenuhi standar kualitas air limbah yang ditetapkan sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

Pengolahan Air Limbah dengan Metode Aerasi

Metode Pengolahan Air Limbah Dengan Aerasi adalah salah satu metode pengolahan air limbah ini. Penambahan udara ke air limbah memungkinkan biodegradasi aerobik dari polutan. Sebagian besar sistem pengolahan air limbah biologis melibatkan proses ini. Pada umumnya, untuk melakukan aerasi air limbah, aerator digunakan untuk meningkatkan permukaan kontak antara air dan udara dengan menambahkan oksigen terlarut ke dalam air. Selama proses aerasi, aerator memberi bakteri aerob yang mengurai air limbah oksigen dalam jumlah tertentu, yang membuat air limbah lebih aman. Meskipun demikian, sistem aerasi ini dapat mengolah air limbah dalam dua cara.

Pertama ; air dipompa ke atas untuk bersentuhan langsung dengan oksigen; ini biasanya dilakukan dengan bantuan blower atau pemutar baling-baling, yang kemudian diletakkan di atas air limbah.

Kedua adalah dengan menggunakan alat yang disebut nozzle atau parous untuk memasukkan oksigen murni ke dalam air limbah.

Metode aerasi digunakan dalam sistem pengolahan air limbah untuk menurunkan kadar BOD air limbah. BOD, pH, dan suhu adalah parameter yang dianalisis dengan menggunakan variabel berubah, yaitu waktu pengoperasian. Dengan demikian, temuan ini menunjukkan bahwa teknik aerasi dapat menyisihkan konsentrasi BOD pada air limbah. Aerator adalah jenis aerasi yang digunakan yang menggunakan semprotan ke permukaan air. Transfer gas terjadi ketika udara atau gas lain bersentuhan dengan air, sehingga senyawa berpindah dari fase gas ke fase cair atau menguap dari fase cair menjadi fase gas dan lepas ke udara. Difusi adalah proses transfer gas. Ini disebabkan oleh pemisahan koloid dan partikel tersuspensi, pengurangan bakteri dan makhluk hidup lainnya, dan pertukaran limbah.

Dampak Limbah Cair Terhadap Lingkungan dan Manusia

Kesalahan dalam pengelolaan limbah cair dapat menyebabkan penyakit menular, kecelakaan kerja, dan pencemaran tanah dan lingkungan sekitar. Penyalahgunaan limbah medis di fasilitas kesehatan adalah konsekuensi tambahan. Limbah dalam pencemaran suatu daerah menimbulkan menyusutnya mutu area hidup dan mengganggu ekosistem alamnya. Area yang tercemar tersebut

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

tidak bisa digunakan untuk kepentingan tiap hari. Membuang limbah air berbahaya tanpa pengolahan dapat menyebabkan pencemaran air, tanah dan udara yang dapat merusak ekosistem dan membunuh organisme yang hidup di lingkungan. Air limbah yang dibuang langsung ke air dapat mengakibatkan pencemaran air permukaan seperti air Sungai dan danau, bahkan air limbah yang merembes kedalam air tanah dapat menyebabkan pencemaran pada air tanah. Adakalanya air limbah yang mengandung polutan yang tidak mengganggu Kesehatan dan ekosistem, tetapi mengganggu keindahan

Kerangka Konsep

Peneliti membuat kerangka kosep, yang menunjukkan hubungan antara berbagai variabel, setelah membaca teori yang ada sebagai landasan untuk penelitian.



Gambar 1.
Kerangka Konsep Penelitian

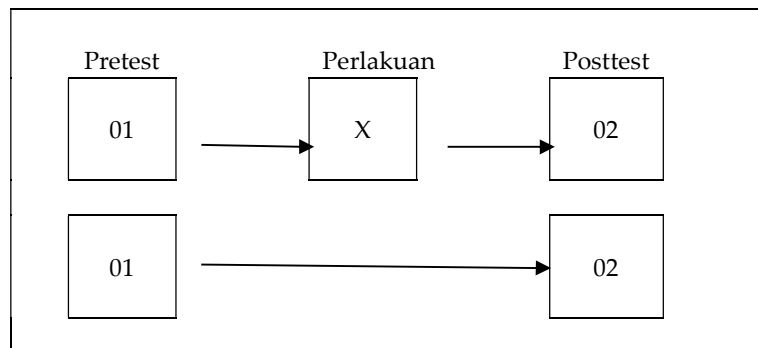
Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah bahwa waktu kontak pompa udara dengan efluen pengolahan air limbah (IPAL) puskesmas berpengaruh terhadap penurunan kadar BOD selama 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit, masing-masing dengan empat kali pengulangan.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian eksperimen satu subyek ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari perlakuan atau eksperimen tertentu (Notoadmodjo, 2014). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa efektif proses aerasi dengan injeksi pompa udara dalam mengurangi kadar BOD pada limbah buangan. Penelitian ini menggunakan desain pretest-posttest, yang melibatkan pretest sebelum perlakuan dan posttest setelah perlakuan. Pemeriksaan BOD sebelum dan sesudah perlakuan.



Gambar 2.
Pemeriksaan BOD sebelum dan sesudah perlakuan

Keterangan :

01 : BOD sebelum perlakuan

X : Perlakuan dengan metode aerasi pompa udara

02 : Kadar BOD setelah perlakuan

Subyek Penelitian

1. Populasi Penelitian

Populasi adalah ruang lingkup atau besaran atribut dari seluruh elemen yang diteliti. Fokus penelitian ini adalah air limbah buangan dari Puskesmas Sebatung yang terletak di wilayah kecamatan Pulau Laut Sigam Kabupaten Kotabaru.

2. Sampel Penelitian

Pada penelitian ini, teknik pengambilan sampel sesaat atau grab sampling digunakan. Pengambilan sampel dilakukan secara ekstensif dalam jangka waktu yang lebih pendek, seperti periode operasional, dan sampel tersebut dianalisis.

Pengulangan uji percobaan pada penelitian ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

$$(5-1)(r-1) \geq 15$$

$$(4-1)(r-1) \geq 15$$

$$(r-1) \geq 15/4$$

$$r \geq 3.75 + 1$$

$$r = 4.75 (4)$$

$$4 (\text{pengulangan}) \times 5 (\text{perlakuan}) = 20 \text{ sampel}$$

$$t = \text{Treatment / Perlakuan}$$

$$r = \text{Replika / Pengulangan}$$

Pengujian dilakukan empat kali pengulangan dari lima kali perlakuan dengan variasi waktu kontak setiap tiga puluh menit, dan metode aerasi digunakan dengan kontak njeksi pompa udara pada air limbah. Sebanyak dua puluh sampel yang sudah diolah dikirim ke laboratorium untuk diperiksa kadar BOD, termasuk kontrol. Sebelum dan sesudah perlakuan, sampel diambil dengan metode aerasi melalui injeksi pompa udara, dan waktu kontak diukur pada empat puluh liter air limbah puskesmas setiap tiga puluh menit.

Tabel 1.

Rancangan penelitian

Perlakuan (t)	Pengulangan (r)			
	1	2	3	4
Control	C1	C2	C3	C4
A1	A1.1	A1.2	A1.3	A1.4
A2	A2.1	A2.2	A2.3	A2.4
A3	A3.1	A3.2	A3.3	A3.4
A4	A4.1	A4.2	A4.3	A4.4
A5	A5.1	A5.2	A5.3	A5.4

Keterangan :

Kontrol A0	= 0 menit	A3	= 90 menit
A1	= 30 menit	A4	= 120 menit
A2	= 60 menit	A5	= 150 menit

Definisi Operasional Penelitian

A. Variabel Penelitian

Variabel Independen

Variabel yang dipengaruhi atau menyebabkan perubahan disebut variabel bebas. Dalam penelitian ini, variabel bebasnya adalah variasi waktu kontak pompa udara dengan efluen pengolahan

air limbah (IPAL) selama nol, tiga puluh, enam puluh, sembilan puluh, dua puluh dan lima puluh menit pada hari yang sama.

Variabel Dependen

Variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat disebut variabel terikat. Penurunan kadar BOD sebagai hasil perlakuan variasi waktu kontak njeksi pompa udara pada air limbah puskesmas adalah variabel dependen penelitian ini.

B. Definisi Operasional.

Definisi operasional variabel penelitian yang berupa pembatasan tentang parameter yang akan diukur, cara pengukuran, skala pengukuran.

Tabel 2.

Definisi Operasional Variabel Penelitian

Variabel Penelitian	Definisi Operasional	Cara dan Alat Pengukuran	Skala Ukur	Skala Pengukuran
Variasi waktu	Pompa udara penambah gelembung ke air untuk menambah oksigen	Dengan menambahkan oksigen setiap 30 menit ke air limbah cair dengan menambahkan waktu kontak pompa udara dan mengukur waktu menggunakan stopwatch	Rasio	Menit/jam
Variabel Penelitian	Definisi Operasional	Cara dan Alat Pengukuran	Skala Ukur	Skala Pengukuran
Efektivitas	Untuk mengetahui besar efektivitas limbah cair puskesmas dengan cara menghitung persen dalam menurunkan kadar BOD	Dengan menggunakan rumus % efektivitas = $\frac{(A-B)}{A} \times 100\%$	Rasio	Persen%
Kadar BOD	Pengukuran pendekatan jumlah biokimia yang terdegradasi di air	Mengukur BOD limbah cair puskesmas	mg/L	Rasio

C. Metode Pengumpulan Data Penelitian

Instrumen Penelitian

Instrumen pada penelitian ini yaitu meliputi : Botol winkler, nkubator, pipet ukur, erlemeyer, labu ukur, statip, corong, dan buret seperangkat alat BOD digunakan untuk pemeriksaan laboratorium kadar BOD. Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu kontak oksigen dengan limbah pembuangan puskesmas dari proses aerasi menggunakan pompa udara. Ember ukuran 40 liter, meja kayu 50 cm x 60 cm, selang seperangkat alat pompa udara.

Cara Pengumpulan Data

Observasi survey tempat dan kegiatan Puskesmas Sebatung Kabupaten Kotabaru, dengan tujuan untuk mengetahui penurunan kadar BOD sampel limbah cair puskesmas sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan pompa udara

D. Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian

Lokasi pengambilan sampel dilakukan di nstalasi Pengolahan Air limbah di Puskesmas Sebatung Kecamatan Pulau Laut Sigam Kabupaten Kotabaru. Lokasi pengukuran kadar BOD, sampel limbah cair puskesmas di Laboratorium Tanah Laut.

Cara Kerja Penelitian

1. Alat yang digunakan untuk pembuatan aerator dengan pompa udara adalah: Ember ukuran 40 liter, Mesin aerator pompa udara, Selang aerator, Kran, Botol sampel ukuran 1500 ml
2. Bahan: Limbah cair puskesmas Sebatung
3. Cara Kerja: Air limbah diambil dsebagai sampel berasal dari bak equalisasi PAL puskesmas. Air limbah kemudian diproses aerasi menggunakan metode kontak pompa udara dengan dibantu alat aerator berdiamater 44 mm . Air limbah kemudian diambil dan di tampung ke dalam bak berkapasitas 40 liter dengan diameter 45 cm dan tinggi 44 cm. Sebelum dilakukan aerasi, air limbah didiamkan terlebih dahulu selama 30 menit setelah tu dilakukan aerasi limbah cair puskesmas. Air limbah sebelum dilakukan aerasi terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan kadar BOD kemudian dibandingkan dengan PERMENLH RI nomor P68 tahun 2016 tentang baku mutu limbah domestik Kemudian hidupkan mesin pompa udara kedalam 40 liter air limbah puskesmas dan dihitung waktu kontak udara pada air limbah setiap 30 menit. Pada proses aerasi menggunakan pompa udara dilakukan dengan pengulangan sebanyak 4 kali sampai selesai. Kemudian periksa kadar BOD limbah cair puskesmas tersebut. Langkah ni dilakukan untuk semua variasi waktu kontak injeksi.

Waktu Penelitian

Waktu kegiatan penelitian ni dilakukan pada bulan Agustus sampai dengan bulan Desember 2024.

Analisis Data

Analisis data hasil yang diperoleh melalui pemeriksaan laboratorium, data akan dianalisis dengan bantuan program komputer, jika data berdistribusi normal menggunakan One Way Anova untuk mengetahui perbedaan kadar BOD sebelum dan sesudah pada setiap perlakuan yaitu menggunakan variasi waktu kontak pompa njeksi udara 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki atau meminimalkan efek air buangan limbah puskesmas dengan menggunakan metode aerasi. Mesin aerator yang digunakan adalah Kandila ECO-888 air pump dengan 1 lubang output dan dengan debit 1,5 L/menit. Pengambilan hasil limbah cair puskesmas yang belum dilakukan aerasi dijadikan sebagai kontrol. Dalam pengambilan hasil limbah cair buangan puskesmas dengan menggunakan variasi waktu kontak setiap 30 menit dengan teknik pengambilan sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah *Grab sampling* (sampel sesaat). Setelah semua perlakuan dilakukan dilanjutkan untuk pemeriksaan sampel yang dilakukan dilaboratorium Kesehatan Lingkungan Kabupaten Tanah laut. Studi ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif proses aerasi dalam mengurangi BOD limbah cair puskesmas. Penelitian ini menggunakan ember untuk mengumpulkan air limbah sebanyak 40 liter. Tujuan dari perlakuan variasi waktu setiap 30 menit adalah untuk mengetahui kadar BOD limbah cair puskesmas.

Kadar BOD Sebelum Diberi Perlakuan

Hasil pemeriksaan kadar BOD pada air limbah puskesmas di Laboratorium.

Tabel 3.

Hasil Pemeriksaan Kadar BOD Limbah Cair Puskesmas Sebatung Sebelum Menggunakan Aerasi

Perlakuan	Nilai Kadar BOD (mg/L)				Rata-rata (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)*
	Pengulangan					
	1	2	3	4		
Kontrol A0 = 0 menit	44.72	43.4	43.66	43.46	43.81	30

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran kadar BOD limbah cair puskesmas sebelum perlakuan. Nilai kontrol dapat digunakan untuk mengetahui hasil ini.

Penurunan Kadar BOD Sesudah Diberi Perlakuan

Hasil pemeriksaan kadar BOD pada air limbah buangan puskesmas setelah perlakuan dengan metode aerasi.

Tabel 4.

Hasil Pemeriksaan Kadar BOD Limbah Cair Puskesmas Sebatung Sesudah Menggunakan Aerasi

Perlakuan	Nilai Kadar BOD (mg/L)				Rata-rata (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)*
	Pengulangan					
	1	2	3	4		
Kontrol A0 = 0 menit	44.72	43.4	43.66	43.46	43.81	30
A1 = 30 menit	30.11	29.87	29.91	29.87	29.94	30
A2 = 60 menit	22.16	22.02	21.93	21.9	22.00	30
A3 = 90 menit	18.68	18.52	18.47	18.44	18.53	30
A4 = 120 menit	15.4	15.43	15.21	15.20	15.31	30
A5 = 150 menit	10.03	10	10.1	9.76	9.97	30

Keterangan :

A0-A5 adalah waktu kontak

Nilai BOD limbah cair Puskesmas Sebatung sebelum dan sesudah perlakuan dengan metode aerasi dan penambahan variasi waktu.

Waktu Kontak Efektif Penurunan Kadar BOD

Kemudian, perhitungan persen efektivitas digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh.

Rumus Efektivitas :

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan :

E = Efisiensi

C0 = Konsentrasi Parameter 0 PAL

C1 = Konsentrasi parameter PAL

Hasil persentasi PAL yang didapatkan dikategorikan sebagai berikut :

- Sangat efisien : $x > 80\%$
- Efisien : $60\% < x \leq 80\%$
- Cukup efisien : $40\% < x \leq 60\%$
- Kurang efisien : $20\% < x \leq 40\%$

e) Tidak efisien : $x \leq 20\%$

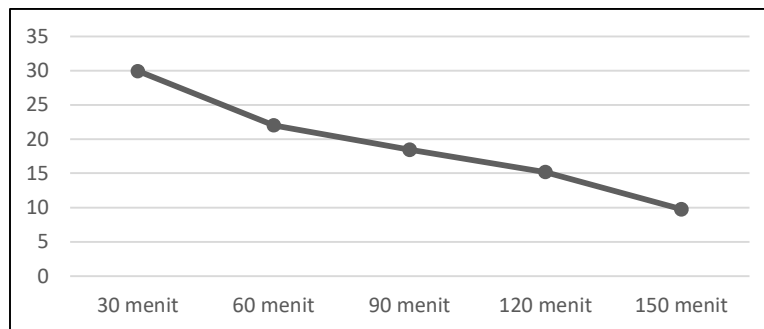
Berdasarkan pada perhitungan menggunakan rumus efektivitas maka didapatkan hasil persentasi hasil waktu kontak efektif

Tabel 5.

Waktu Kontak efektif Kadar BOD setelah Perlakuan Menggunakan Metode Aerasi

Waktu Kontak	Persentase (%) Penurunan Kadar BOD
30 menit	31,65
60 menit	49,77
90 menit	57,71
120 menit	65,05
150 menit	77,23

Berdasarkan dari 5 variasi waktu kontak diketahui waktu kontak yang paling efektif adalah pada perlakuan 150 menit dengan pengulangan 4 (empat) kali dengan penurunan BOD mencapai hasil 77,23 persen. Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa efektivitas pengolahan PAL puskesmas sebatung termasuk efisien karena $60\% < x \leq 80\%$



Gambar 3.

Grafik Penurunan Rata-rata Kadar BOD

Gambar 3 menunjukkan penurunan kadar BOD limbah Puskesmas Sebatung. Pada perlakuan kontrol, kadar BOD mencapai 43,81 mg/L, tetapi setelah proses aerasi selama 150 menit, kadar BOD pada air limbah cair turun menjadi 9,97 mg/L.

B. Pembahasan Penelitian

Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan sampel air limbah buangan Puskesmas Sebatung sebanyak 40 liter sampel yang diperlukan dengan pengambilan sampel menggunakan *grab sampling*, dengan pengujian menggunakan rumus perhitungan yang didapatkan hasil 4 kali pengulangan dari 5 perlakuan dengan pemberian variasi waktu setiap 30 menit dengan menggunakan proses aerasi dengan dibantu alat aerator 1 lubang berukuran 4 mm merk Kandila ECO-888 dengan debit 1,5 Liter/menit yang bertujuan untuk menurunkan kadar BOD limbah cair Puskesmas Sebatung, sehingga diperoleh jumlah sampel yang sudah diolah sebanyak 24 sampel. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya penurunan kadar BOD yang dari awal kadar BOD adalah 44.72 mg/L, dan setelah diberi perlakuan menurun menjadi 9.76 mg/L.

Kadar BOD sebelum perlakuan

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 tahun 2016, Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik tersendiri adalah 30 mg/L. Hasil penelitian limbah cair Puskesmas Sebatung menunjukkan kadar air limbah sebelum perlakuan mencapai 44,72 mg/L, yang

berarti bahwa air limbah harus diproses melalui metode aerasi selama berbagai waktu. Kualitas limbah cair sebelum proses aerasi mengandung BOD yang sangat tinggi, melebihi ambang batas yang diizinkan, menurut Sisnayati et al. (2021). Karakteristik awal menunjukkan bahwa mereka dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam pengolahan air limbah sehingga dapat digunakan untuk pengolahan air limbah sebelum dibuang ke badan air. Salah satu metode pengolahan air limbah adalah dengan menambah oksigen ke dalam larutan air limbah untuk meningkatkan jumlah oksigen terlarut, yang kemudian diberikan kepada mikroorganisme pengurai untuk menurunkan kadar zat organik dalam air limbah. Pengolahan air limbah dengan aerasi ini dapat meningkatkan efisiensi penguraian senyawa organik dalam limbah cair buangan puskesmas, terutama pada variasi waktu yang dapat membantu menentukan waktu yang paling tepat untuk memenuhi standar lingkungan.

Penurunan Kadar BOD Sesudah Diberi Perlakuan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah metode aerasi digunakan dengan aerator berdiameter 4 mm dengan tekanan udara lebih dari 0,02 mpa dan debit air 1,5 L/menit, kadar BOD limbah cair buangan Puskesmas Sebatung turun menjadi 33,84 mg/L. Ini memenuhi standar baku mutu Permen LHK no. P68 tahun 2016 sebesar 30 mg/L. Menurut penelitian Lia Raudatul Janah (2023), kadar BOD air limbah menurun menjadi 1468 mg/L sebelum perlakuan, menjadi 1268 mg/L setelah 30 menit perlakuan, menjadi 1135 mg/L setelah 60 menit, menjadi 668 mg/L setelah 90 menit, menjadi 535 mg/L setelah 120 menit, dan menjadi 602 mg/L setelah 150 menit perlakuan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa menggunakan aerator dengan waktu tinggal lama dapat menurunkan kadar BOD dengan cara yang paling efektif. Selain itu, debit air 1,5 liter/menit dapat berdampak pada kadar oksigen dalam limbah, yang dapat memenuhi kebutuhan mikroorganisme untuk oksigen.

Waktu Kontak Efektif Penurunan Kadar BOD

Hasil analisis data menunjukkan bahwa proses aerasi selama tiga puluh menit menghasilkan 31,27%, enam puluh menit kemudian menghasilkan 49,61%, sembilan puluh menit kemudian menghasilkan 57,71%, dua puluh menit kemudian menghasilkan 65,05%, dan lima puluh lima menit kemudian menghasilkan 77,23%. Hasil ini menunjukkan bahwa menggunakan aerator memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar BOD sambil memperbaiki kualitas air. Ini menunjukkan bahwa proses aerasi sistem aerator pada limbah cair puskesmas dengan waktu kontak yang berbeda selama 30 menit tidak cukup. Menurut Linsama Sihite (2023), waktu kontak pompa udara dengan effluent pengolahan air limbah di puskesmas berdampak pada penurunan kadar BOD. Pada perlakuan 60 menit, ada penurunan sebesar 7,02 persen, pada perlakuan 90 menit, ada penurunan sebesar 2,76%, dan pada perlakuan 180 menit, ada penurunan sebesar 6,42%. Kualitas limbah cair sebelum proses aerasi mengandung BOD yang sangat tinggi, melampaui ambang batas yang diizinkan, menurut Sisnayati et al. (2021). Proses aerasi menghasilkan kandungan BOD terendah dengan persentase penurunan 95,5%. Sebaliknya, menurut Sasmita et al. (2024), proses aerasi dan waktu tinggal memiliki pengaruh sebesar 93,7% dan 93,5% masing-masing pada peningkatan efisiensi penurunan pencemar organik. Proses aerasi bertujuan untuk menghilangkan bahan organik di dalam air buangan dengan meningkatkan kelarutan oksigen di dalam air, menurut Rosariawari et al. (2022). Dalam pengukuran 30 menit, tidak ada penurunan yang signifikan pada nilai BOD. Namun, dalam pengukuran 150 menit, ada penurunan yang signifikan. Jadi, lebih banyak kontak oksigen dengan air berarti lebih banyak limbah cair menyerap oksigen. Ini adalah metode yang sangat efektif untuk mengurangi beban pencemar BOD.

KESIMPULAN

1. Limbah cair Puskesmas sebelum kan perlakuan aerator memiliki kadar BOD 44.72 mg/L.
2. Kadar BOD turun menjadi 9,76 mg/L setelah penggunaan aerator.
3. Dengan menggunakan aerator selama 150 menit, penurunan kadar BOD limbah cair buangan Puskesmas mencapai 77,23%.

4. Dengan menggunakan variasi waktu kontak injeksi pompa udara pada menit 120 (A4) dan 150 (A5), ada perbedaan yang signifikan dalam penurunan kadar BOD limbah cair puskesmas sebelum dan sesudah perlakuan. Perlakuan A5, atau variasi waktu 150 menit, adalah yang paling efektif dibandingkan dengan perlakuan dan kontrol lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Janah, Lia Raudatul, (2023). Efektivitas Proses Aerasi Sistem *Bubble Aerator* Dalam Penurunan Kadar BOD Limbah Cair Karet di UPPB Lateks Tuntung Pandang Kurau Kabupaten Tanah Laut. *Skripsi*. Poltekkes Kemenkes Banjarmasin
- Kemenkes (2020). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2020 Tentang Pengelolaan Limbah Medis Fasilitas Pelayanan Kesehatan Berbasis Wilayah*. Jakarta. Pemerintah Republik Indonesia
- Kemenkes. (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.68/Menlhk/setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah domestik*. Jakarta. Pemerintah Republik Indonesia
- Kemenkes. (2022). *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2022*. Jakarta. Pemerintah Republik Indonesia
- Linsama Sihite, (2023) Pengaruh Waktu Kontak injeksi Pompa Udara pada Effluent instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Puskesmas terhadap Penurunan Kandungan TSS (*Total Suspended Solid*) dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). *Skripsi*. Poltekkes Kemenkes Banjarmasin
- Notoatmodjo, Soekidjo, (2014). *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta. Rineka Cipta
- Permen LH. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta. Pemerintah Republik Indonesia
- Rosariawari, Firra, dkk (2022). Peningkatan efektivitas aerasi dengan menggunakan mikro bubble generator (MBG). *Jurnal Kesehatan* :88-97
- Sasmita. Aryo, Jecky Asmura & Febri Maharani, (2024) – Pengaruh Resirkulasi dan Aerasi Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD dan COD dari Air Limbah Grey Water dengan Media Honeycom. *Jurnal of environmental engineering and waste management* : 9(1). 35-45
- Sisnayati. S, Dian S. Dewi, Rachmawati Apriani & Muhammad Faizal (2024) – Penurunan BOD, TSS, minyak dan lemak pada limbah cair pabrik kelapa sawit menggunakan proses aerasi plat berlubang. *Jurnal Teknik Kimia* : 27(2). 38-45