



Seminar Nasional LPPM UNSOED 2025

"Pengembangan Sumberdaya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan"

8 Oktober 2025

Purwokerto

APLIKASI METODE FILTRASI DAN ADSORPSI DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LABORATORIUM PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

Sriyanto^{1*}, Ferry Cahya R¹, Fatiya Karimah¹, Dian Kristiantoro², Wicaksono M. Arif³

¹ Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Jenderal Soedirman

² Fakultas Kedokteran Universitas Jenderal Soedirman

³ Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman

*Corresponding Author: sriyanto2404@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Limbah cair laboratorium perikanan dan ilmu kelautan mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya. Limbah tersebut berasal dari kegiatan praktikum, penelitian dan PKM. Selama ini limbah cair tersebut dibuang begitu saja dibak penampung limbah tanpa diolah terlebih dahulu, sehingga dapat mencemari lingkungan sekitarnya karena tingginya nilai BOD, COD dan TSS. Berdasarkan hal tersebut Penelitian berjudul; Aplikasi metode filtrasi dan adsorpsi dalam pengolahan limbah cair laboratorium perikanan dan ilmu kelautan dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pembuatan/rancang bangun alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi dan mengetahui efisiensi alat tersebut dalam menurunkan kadar pencemar limbah cair laboratorium. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis BOD, COD, dan TSS limbah cair sebelum dan sesudah pengolahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Metode filtrasi dan adsorpsi dapat diaplikasikan pada pengolahan limbah cair laboratorium Perikanan dan Ilmu Kelautan, ditandai dengan persentase penurunan kadar BOD, COD, dan TSS masing-masing sebesar 61,71 % , 80,75 % , dan 83,35 %.

Kata kunci: adsorpsi, filtrasi, pengolahan limbah cair.

ABSTRACT

Liquid waste from fisheries and marine science laboratories contains toxic and hazardous pollutants. The waste comes from practicum, research, and PKM activities. So far, the liquid waste has been simply dumped in waste containers without being treated first, so it can pollute the surrounding environment due to the high BOD, COD, and TSS values. Based on this, a study entitled; Application of filtration and adsorption methods in processing liquid waste from fisheries and marine science laboratories has been carried out. The purpose of this study is to study the manufacture/design of liquid waste treatment equipment using filtration and adsorption methods and to determine the efficiency of the equipment in reducing the levels of laboratory liquid waste pollutants. The research method used is the analysis of BOD, COD, and TSS of liquid waste before and after processing. The results of the study showed that the filtration and adsorption methods can be applied to the processing of liquid waste from Fisheries and Marine Science laboratories, indicated by the percentage reduction in BOD, COD, and TSS levels of 61.71%, 80.75%, and 83.35%, respectively.



Seminar Nasional LPPM UNSOED 2025

"Pengembangan Sumberdaya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan"

8 Oktober 2025

Purwokerto

Keywords: adsorption, filtration, liquid waste treatment

PENDAHULUAN

Limbah cair laboratorium perikanan dan ilmu kelautan berasal dari kegiatan praktikum, penelitian dan PKM. Limbah cairnya dari pereaksi praktikum dan sisa sampel penelitian misalnya limbah cair industri batik. Limbah cair laboratorium perikanan dan ilmu kelautan mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya. Nilai BOD dan COD limbah cair yang mempunyai kadar melebihi dari baku mutu telah ditetapkan oleh pemerintah tanpa penanganan yang tepat akan menyebabkan masalah pencemaran lingkungan yang parah dan gangguan ekosistem (Hidayat *et al.* 2016). Karakteristik - karakteristik tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan parameter terukur berupa pH, TSS (*Total Suspended Solids*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), kandungan amoniak, minyak dan lemak, nitrit, serta nitrat yang masih melebihi baku mutu limbah cair (Kasman *et al.*, 2018)

Selama ini limbah cair tersebut dibuang begitu saja dibak penampung limbah tanpa diolah terlebih dahulu. Sehingga berpotensi mencemari lingkungan sekitarnya terutama air sumur, kolam dan lainnya. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair adalah dengan metode filtrasi dan adsorpsi. Filtrasi adalah sistem pengolahan limbah dengan proses pemisahan zat padat dari fluida. Menurut Artiyani, (2016). Pada proses pengolahan limbah domestik, tujuan filtrasi adalah untuk menghilangkan partikel yang tersuspensi dan koloidal dengan cara menyaringnya dengan media filter. Berdasarkan hal tersebut Penelitian berjudul; Aplikasi metode filtrasi dan adsorpsi dalam pengolahan limbah cair laboratorium perikanan dan ilmu kelautan dilakukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pembuatan/rancang bangun alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi, dan mengetahui efisiensi alat pengolahan limbah cair dengan metode filtrasi dan adsorpsi dalam menurunkan kadar pencemar limbah cair laboratorium. Manfaat penelitian ini antara lain memberi informasi tentang aplikasi metode filtrasi dan adsorpsi pada alat pengolahan limbah cair limbah laboratorium. Mengetahui besarnya penurunan kadar pencemar dalam limbah cair laboratorium dengan alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi. Luaran yang ditargetkan adalah Desiminasi dan Prosiding seminar nasional yang diselenggarakan LPPM

METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: zeolit, arang aktif batok kelapa, pasir, ijuk, batu kerikil, kasa penyekat, limbah cair laboratorium, MnSO_4 , FeCl_3 , MgSO_4 , H_2SO_4 pekat, CaCl_2 , Alkali azida, Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, HgSO_4 , Buffer fosfat, Indikator amilum, aquades. Alat-alat yang digunakan antara lain: erlenmeyer 100 ml, gelas ukur 50 ml, pipet ukur, filler, labu ukur 25 ml, labu ukur 100 ml, buret 50 ml, aerator, pipet tetes, beaker glass, botol winkler.

Pembuatan alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi

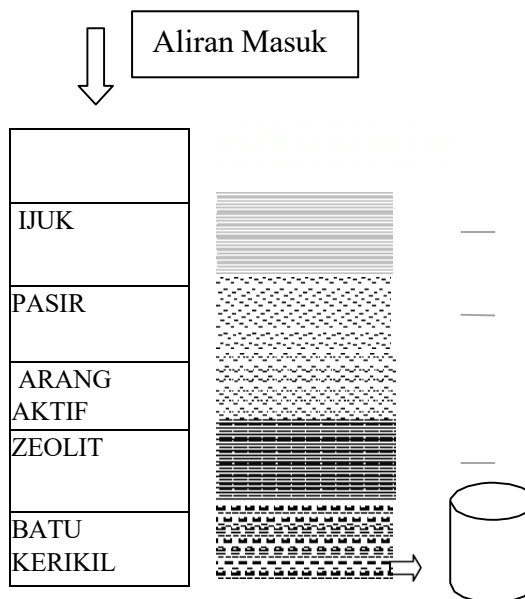


Seminar Nasional LPPM UNSOED 2025

"Pengembangan Sumberdaya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan"

8 Oktober 2025

Purwokerto



Gambar 1. Alat pengolahan limbah

Pembuatan rancang bangun alat pengolahan limbah cair ini berskala laboratorium. Alat ini menggunakan ember plastik dengan panjang 20 cm, lebar 20 cm dan tinggi 30 cm. Bagian bawah ember diberi kran. Bahan penyusun alat ini menggunakan bahan-bahan alam berturut-turut kerikil, zeolit, arang aktif, pasir dan ijuk. disusun dengan ketebalan tertentu. Kasa penyekat dipasang diantara bahan-bahan tersebut supaya tidak bercampur, seperti tampak pada Gambar 1. Limbah cair laboratorium dialirkan kedalam alat pengolahan limbah cair dengan metode filtrasi dan adsorpsi setiap 5 hari sekali selama 30 hari dan diukur BOD, COD dan TSS.

Penentuan Efisiensi Alat Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Metode Filtrasi dan Adsorpsi dalam Penurunan Kadar TSS, BOD, dan COD Limbah Laboratorium

Limbah cair laboratorium dialirkan pada kecepatan pengisian $90 \text{ L m}^{-2}\text{h}^{-1}$. Analisis BOD, COD dan TSS dilakukan pada limbah cair laboratorium sebelum diolah (*treatment*) dan sesudah diolah. Masing-masing parameter dianalisis sesuai dengan metode analisis. Pengukuran dilakukan lima (5) hari sekali selama satu bulan. Perhitungan persentase penurunan kadar TSS, BOD, dan COD dalam limbah cair laboratorium sebagai berikut:

$$\text{Kadar}(\%) = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100 \%$$

Analisis Kadar Pencemar Dalam Limbah Cair Laboratorium

Analisis BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) (SNI 6989.72-2009)

1. Buat larutan pengencer dengan menyiapkan air bebas mineral yang jenuh oksigen atau minimal 7,5 mg/L dalam wadah yang bersih, kemudian atur suhunya pada kisaran $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.
2. Tambahkan ke dalam setiap 1 L air mineral jenuh oksigen tersebut, masing-masing 1 ml larutan nutrisi yang terdiri dari larutan buffer fosfat, MgSO_4 , CaCl_2 , FeCl_3 dan bibit mikroba.
3. Lakukan pengenceran contoh uji dengan larutan pengencer hingga 1 L. jumlah pengenceran tergantung karakteristik contoh uji dan pilih pengenceran diperkirakan dapat menghasilkan



Seminar Nasional LPPM UNSOED 2025

"Pengembangan Sumberdaya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan"

8 Oktober 2025

Purwokerto

penurunan oksigen terlarut minimal 2 mg/L dan sisa oksigen minimal 1 mg/L setelah inkubasi 5 hari.

4. Siapkan 2 buah botol winkler dan tandai botol dengan kode A1 dan A2. Pengujian dilakukan secara duplo.
5. Masukkan contoh uji kedalam masing-masing botol sampai meluap, kemudian tutup hindari terbentuknya gelembung udara.
6. Simpan botol A2 dalam inkubator $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 5 Hari.
7. Lakukan pengukuran oksigen terlarut pada botol A1 dengan alat DO meter atau dengan metode titrasi secara iodometri (modifikasi azida) sesuai dengan SNI 06-6989.14-2004. Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut nol hari.
8. Ulangi pengerjaan botol A2 setelah inkubasi 5 hari $\pm$ 6 jam. Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut 5 hari.
9. Lakukan pengerjaan untuk penetapan blanko dengan menggunakan larutan pengencer. Hasil pengukuran yang diperoleh B1(DO blanko 0 hari) dan B2 (DO blanko 5 hari).

Nilai BOD contoh uji dihitung sebagai berikut:

$$BOD = \frac{(A1 - A2) - \left[\frac{(B1 - B2)}{Vb} \right] Vc}{P}$$

Keterangan:

BOD Adalah nilai BOD contoh uji (mg/L)

A1 adalah kadar oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L)

A2 adalah kadar oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi (5 hari) (mg/L)

B1 adalah kadar oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L)

B2 adalah kadar oksigen terlarut blanko setelah inkubasi (5 hari) (mg/L)

Vb adalah volume suspensi mikroba (ml) dalam botol DO blanko

Vc adalah volume suspensi mikroba (ml) dalam botol contoh uji

P Adalah perbandingan volume contoh uji (V1) per volume total (V2)

Bila contoh uji tidak ditambah bibit mikroba Vb = 0

Analisis COD (Chemical Oxygen Demand) (SNI 6989.15-2019)

1. Ambil 10 ml sampel masukkan kedalam Erlenmeyer 250 mL.
2. Tambahkan 5 mL larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N.
3. Tambahkan 15 mL pereaksi asam sulfat.
4. Hubungkan dengan pendingin Liebig dan didihkan diatas hotplate selama 2 jam.
5. Angkat dan cuci bagian dalam pendingin dengan aquades hingga volume contoh uji kurang lebih 70 mL
6. Dinginkan sampai suhu ruang, tambahkan 2-3 tetes indikator ferroin dan titrasi dengan larutan FAS 0,25 N sampai terjadi perubahan warna menjadi coklat kemerahan. Catat volume larutan FAS yang digunakan. Pengujian dilakukan secara duplo.
7. Lakukan hal diatas terhadap aquades sebagai blanko.

Nilai BOD contoh uji dihitung sebagai berikut:

$$COD = \frac{(Vb - Vc) \times N \text{ FAS} \times 8000}{Vs}$$

Keterangan:

Vb adalah volume titrasi blanko (mL)



Seminar Nasional LPPM UNSOED 2025

"Pengembangan Sumberdaya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan"

8 Oktober 2025

Purwokerto

Vc adalah volume titrasi contoh uji (mL)

Vs adalah volume contoh uji (mL)

N FAS adalah normalitas larutan FAS

8000 adalah berat ekuivalen oksigen x 1000

Analisis TSS (*Total Suspended Solid*) (SNI 6989.3-2019)

TSS (*Total Suspended Solid*) ditentukan dengan metode gravimetri. Berikut langkah-langkah pengujian TSS:

1. Letakkan media penyaring microglass-fiber filter dengan ukuran pori 0,7-1,5 μm pada peralatan filtrasi kemudian bilas dengan aquades 20 mL. pindahkan media ke cawan dan oven pada suhu 103-105 $^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam.
2. Dinginkan cawan dalam desikator kemudian timbang sampai diperoleh berat tetap (catat sebagai W_0)
3. Homogenkan contoh uji, saring contoh uji sebanyak 1 L ke dalam media penyaring dalam peralatan filtrasi. Pengujian dilakukan secara duplo.
4. Bilas kembali media penyaring 3 kali dengan masing-masing 10 ml aquades.
5. Pindahkan media penyaring ke dalam cawan kemudian oven selama 1 jam pada suhu 103-105 $^{\circ}\text{C}$. dinginkan dalam desikator dan timbang sampai diperoleh berat tetap (catat sebagai W_1)
6. Hitung nilai TSS dengan rumus

$$TSS (mg/L) = \frac{(W_1 - W_0) \times 18000}{V}$$

Keterangan:

W_0 Adalah berat media penimbang yang berisi media penyaring awal (mg)

W_1 adalah berat media penimbang yang berisi media penyaring dan residu kering

V Adalah volume sampel (ml)

1000 adalah koefisien milimeter ke liter

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang Bangun Alat Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Metode Filtrasi Dan Adsorpsi

Alat pengolah limbah cair di laboratorium menggunakan teknik filtrasi dan adsorpsi dibuat dari bahan-bahan alami yang disusun berurutan. Alat terdiri dua wadah, satu limbah sebelum diolah dan limbah setelah diolah. Setiap wadah alat pengolah limbah cair dilengkapi kran. Bahan alami yang digunakan sebagai penyusunnya adalah kerikil, zeolit, arang aktif, pasir dan ijuk. Bahan-bahan tersebut disusun secara bertahap dengan ketebalan masing-masing 5 cm, sedangkan zeolit 10 cm. Ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi proses adsorpsi. Kasa penyekat dipasang antara bahan-bahan tersebut supaya tidak tercampur. Penambahan arang aktif bertujuan untuk menyerap logam-logam dan zat warna yang terlarut dalam limbah cair. Zeolit diaktifkan dengan memakai HCl 1M dan dipanaskan pada suhu 130 derajat Celsius untuk menghilangkan senyawa pengotor serta membuka ruang pori zeolit agar dapat berfungsi optimal sebagai bahan adsorben (Fitriyah, 2016). Fungsi zeolit tidak hanya untuk mendekomposisi senyawa organik dalam limbah cair dan menyerap nitrogen amonia ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$), tetapi juga agar proses penyerapan (filtrasi) limbahnya merata ke sistem pengolahan limbah cair tersebut. Pengisian limbah cair ke dalam sistem ini dilakukan melalui pipa berlubang yang



Seminar Nasional LPPM UNSOED 2025

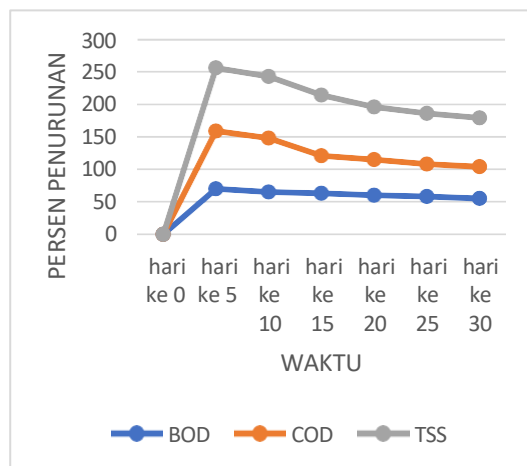
"Pengembangan Sumberdaya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan"

8 Oktober 2025

Purwokerto

dibuat dengan jarak yang sama menghadap ke atas, sehingga distribusi limbah ke sistem pengolahan air limbah dapat berlangsung merata.

Berdasarkan penelitian Irmanto *et al.*, (2013), menyatakan bahwa proses penyesuaian sistem berlangsung selama 21 hari atau tiga minggu. Dalam penelitian ini, sebelum alat pengolahan limbah cair digunakan untuk pengujian efisiensi, alat tersebut terlebih dahulu disiapkan selama tiga hari. Limbah cair dari laboratorium dialirkan secara terus-menerus ke dalam alat pengolahan dengan kecepatan 90 L m²- hari⁻¹ dan dilakukan pengenceran, yaitu mencampurkan 1 liter limbah cair dengan 9 liter air. Tujuan langkah ini adalah untuk menciptakan kondisi optimum pada alat pengolahan limbah cair dan memastikan tersedianya limbah cair laboratorium. Penilaian efisiensi sistem pengolahan limbah cair dilakukan dengan metode filtrasi dan adsorpsi pada laju pengisian 90 L m²- hari⁻¹ dengan pengenceran serupa (1 liter limbah dicampur dengan 9 liter air). Pengukuran kadar BOD, COD, dan TSS dilakukan setiap lima hari selama 30 hari. Hasil pengujian kualitas limbah cair laboratorium bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Persentase penurunan kadar BOD, COD dan TSS

Pada pengambilan sampel kelima, terdapat penurunan terbesar dalam kadar BOD, COD, dan TSS dengan persentase berturut-turut mencapai 61.71%, 80.75%, dan 83.35%. Penurunan ini disebabkan proses filtrasi dan adsorpsi senyawa organik serta anorganik berjalan secara optimal di alat pengolahan limbah cair. Dua hal penting dalam pengolahan bahan organik limbah cair laboratorium, adalah mikroorganisme menggunakan oksigen untuk respirasi dan pembentukan sel mikroorganisme dengan menggunakan bahan organik sebagai makanan dan sumber energi (Irmanto *et al.*, 2013). Persentase penurunan BOD dan TSS terlihat stabil setelah hari ke 20, sedangkan untuk COD cenderung stabil turun. Semua dikarenakan komponen alat pengolahan limbah cair seperti pasir, arang aktif, dan zeolit yang sudah mencapai titik jenuh dalam proses filtrasi dan adsorpsi senyawa organik dan anorganik pada limbah cair laboratorium.

Zeolit aktif dengan konsentrasi zat pengaktif 5 M hampir mencapai titik jenuh pada waktu 120 menit. Efisiensi alat pengolahan limbah cair dalam mengurangi kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair laboratorium adalah rata-rata persentase penurunan setiap parameter selama 30 hari. Hasil efisiensi alat pengolahan limbah dalam mengurangi kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1.



Seminar Nasional LPPM UNSOED 2025

"Pengembangan Sumberdaya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan"

8 Oktober 2025

Purwokerto

Tabel 1. Efisiensi Alat Pengolahan Limbah dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS Limbah Cair Laboratorium

Parameter	Efisiensi Alat Pengolahan Limbah (%)
BOD	61,17
COD	80,75
TSS	83,35

Efisiensi pengurangan TSS menggunakan alat pengolahan limbah cair menunjukkan penurunan tertinggi, yaitu 83,35%. Penurunan ini disebabkan karena proses adsorpsi yang dilakukan oleh arang aktif dan zeolit, yang memiliki karakteristik sebagai penukar kation, sehingga mampu menyerap TSS di dalam limbah cair. Perbandingan nilai TSS sebelum dan sesudah proses pengolahan dapat terlihat jelas, limbah yang telah melalui proses pengolahan menjadi lebih jernih dibandingkan sebelumnya. Hal ini disebabkan keberadaan pasir dan kerikil yang berfungsi sebagai media sedimentasi, sehingga hasil filtrasi menjadi lebih jernih. Proses filtrasi dapat menjernihkan air yang keruh dan menghilangkan aroma kurang sedap pada air keruh (Intan dan Sunita, 2013). Arang aktif dan zeolit dapat juga menyerap zat pewarna dalam limbah cair laboratorium, biasanya berasal dari sisa limbah batik.

Efisiensi pengurangan nilai BOD setelah pengolahan mencapai 61,71%. Hal ini menunjukkan bahwa alat pengolah limbah cair ini cukup efektif untuk menurunkan nilai BOD yang tinggi pada limbah cair laboratorium. Alat ini berfungsi dengan baik dalam menyerap dan memecah limbah cair, sehingga tercapai penurunan BOD secara signifikan. Hal ini disebabkan aktivitas mikroorganisme yang berada dalam alat pengolahan, berperan aktif memecah bahan organik. Efisiensi penurunan nilai COD limbah cair laboratorium yang diproses menggunakan alat pengolahan limbah cair mencapai 80,75%. Besarnya penurunan ini disebabkan oleh efektivitas arang aktif sebagai adsorben. Menurut Alfiany *et al.*, (2013) Kapasitas adsorpsi arang aktif yang teraktivasi lebih besar dibandingkan dengan yang tidak teraktivasi, karena berkurangnya zat-zat yang dapat menghalangi interaksi antara gugus aktif pada selulosa dan hemiselulosa. Nilai adsorpsi arang aktif terhadap ion logam meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah arang aktif yang digunakan, serta sebanding dengan peningkatan jumlah partikel dan luas permukaannya.

Zeolit mempunyai kemampuan mengadakan pertukaran ion yang tinggi, sehingga dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari suatu campuran tertentu. Zeolit memiliki ruang kosong cukup besar dengan ukuran pori yang bervariasi, berkisar antara 2Å hingga 8Å, tergantung pada jenis zeolit (Rosyida, 2011). Senyawa organik dalam limbah laboratorium dapat teradsorpsi dalam pori-pori adsorben, sehingga kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi zat organik berkurang, maka kadar COD limbah cair setelah proses pengolahan menjadi rendah.

KESIMPULAN

Metode filtrasi dan adsorpsi dapat diaplikasikan untuk pengolahan limbah cair laboratorium Perikanan dan Ilmu Kelautan, ditandai dengan persentase penurunan kadar BOD, COD, dan TSS. Efisiensi alat pengolahan limbah cair dengan metode filtrasi dan adsorpsi pada kecepatan alir 90 L m⁻² hari⁻¹ dapat menurunkan kadar BOD, COD,



Seminar Nasional LPPM UNSOED 2025

"Pengembangan Sumberdaya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan"

8 Oktober 2025

Purwokerto

dan TSS limbah cair laboratorium perikanan dan ilmu kelautan masing-masing adalah 61,71 %, 80,75 %, 83,35 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM UNSOED atas pembiayaan penelitian ini melalui Hibah Penelitian Riset Non Dosen dengan nomer kontrak 16.119/UN.23.34/PT.01/V/2025

DAFTAR PUSTAKA

Alfiany, H., Bahri, S., Nurakhirawati. 2013. Kajian penggunaan arang aktif tongkol jagung sebagai adsorben logam Pb dengan beberapa aktivator asam. *Jurnal Natural Science*, 2(3), 75–86.

Artiyani, A., Heri, N. 2016. Kemampuan filtrasi upflow dengan media pasir zeolit dan arang aktif dalam menurunkan kadar fosfat dan deterjen air limbah domestik. *Jurnal Industri Inovatif*, 6(1), 8–15.

Hidayat, C. W., et al. 2016. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(3). <https://doi.org/> (ISSN: 2356-3346)

Intan, Sunita. 2013. Filtrasi air limbah. Diakses 27 Agustus 2025.

Irmanto, Suyata, Zusfahair. 2013. Optimasi penurunan COD, BOD, dan TSS limbah cair industri etanol (vinasse) PSA Palimanan dengan metode multi soil layering (MSL). *Jurnal Molekul*, 8(2), 137–145. <https://ojs.jmolekul.com>

Kasman, M. 2018. Reduksi pencemar limbah cair industri tahu dengan tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dalam sistem kombinasi constructed wetland dan filtrasi. *Jurnal Litbang Industri*, 8(1), 39–46. <https://doi.org/10.24960/jli.v8i1.3832.39-46>

Rosyida, A. 2011. Bottom ash limbah batubara sebagai media filter yang efektif pada pengolahan limbah cair tekstil. *Jurnal Rekayasa Proses*, 5(2), 57–63.

Standar Nasional Indonesia. 2019. *SNI 06-6989.3-2019: Air dan air limbah—Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (total suspended solid, TSS) secara gravimetri*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2019. *SNI 6989.15:2019: Air dan air limbah—Bagian 15: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (chemical oxygen demand/COD) dengan refluks terbuka secara titrimetri*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2019. *SNI 6989.72:2019: Air dan air limbah—Bagian 72: Cara uji kebutuhan oksigen biokimia (biological oxygen demand/BOD)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.