

## Kombinasi Adsorben Alam Dalam Pengolahan Air Limbah Cucian Pada Bengkel

Marlinang Isabella Silalahi<sup>1</sup>, Hartono<sup>1\*</sup>, Putranto Manalu<sup>2</sup>, Virgin Tursulawati Panggabean<sup>1</sup>, Wela Tresia Nababan<sup>1</sup>, Meyliana Ginting<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kedokteran, Kedokteran Gigi dan Ilmu Kesehatan Universitas Prima Indonesia, Indonesia

<sup>2</sup> Bagian Kebijakan dan Manajemen Kesehatan, Fakultas Kedokteran, Kedokteran Gigi dan Ilmu Kesehatan Universitas Prima Indonesia, Indonesia

\*Corresponding author: hartono@unprimdn.ac.id

Info Artikel: Diterima 2 November 2022 ; Direvisi 5 Februari 2023 ; Disetujui 15 Februari 2023

Tersedia online : 10 April 2023 ; Diterbitkan secara teratur : Juni 2023

**Cara sitasi (Vancouver):** Silalahi MI, Hartono H, Manalu P, Panggabean VT, Nababan WT, Ginting M. Kombinasi Adsorben Alam Dalam Pengolahan Air Limbah Cucian Pada Bengkel. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2023 Jun;22(2):122-127. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.2.122-127>.

### ABSTRAK

**Latar belakang:** Jumlah bengkel kendaraan bermotor yang meningkat berimplikasi pada volume limbah yang semakin tinggi dan berpotensi mencemari lingkungan. Salah satu limbah bengkel yang harus diolah sebelum dibuang adalah air limbah cucian tangan montir. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efektifitas pengolahan air limbah cuci tangan bengkel dengan kombinasi arang tempurung kelapa, batu apung dan limbah rambut sebagai media filtrasi dalam menurunkan kandungan BOD, COD, TSS, fosfat dan minyak.

**Metode:** Rancangan *one group pre-test* dan *post-test* dipilih pada studi eksperimental ini. Pengambilan sampel dilakukan di bengkel Jl. Sekip Sei Putih Timur I Medan Petisah pada bulan Desember 2020 dan proses uji dilakukan di Laboratorium Kimia BTKLPP Kelas I Medan. Pengambilan sampel dilakukan bulan Desember 2020. Pengambilan sampel dilakukan sore hari setelah montir selesai melakukan aktivitas. Data dianalisis dengan melihat perbedaan konsentrasi parameter pencemar yakni BOD, COD, TSS dan fosfat sebelum dan sesudah dilakukan penyaringan. Dari perbedaan nilai konsentrasi tersebut diperoleh tingkat efektifitas media filtrasi yang kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase.

**Hasil:** Pada studi ini ditemukan bahwa persentase kadar BOD (41,57%), COD (44,33%), dan TSS (41,27%), mengalami penurunan lebih besar menggunakan saringan B (pori-pori batu apung lebih kecil) dibandingkan dengan saringan A. Namun saringan A lebih efektif dalam menurunkan persentase kadar fosfat (65,60%). Hasil uji organoleptik menunjukkan hasil air limbah cucian tangan bengkel dari saringan A lebih jernih setelah pengulangan sebanyak 3 kali dibandingkan saringan B.

**Simpulan:** Penggunaan kombinasi media arang tempurung kelapa, limbah rambut dan batu apung cukup efektif dalam mengurangi kadar BOD, COD, TSS, fosfat dan minyak. Namun perlu dipertimbangkan besarnya pori-pori batu apung yang digunakan dalam penyaringan.

**Kata kunci:** limbah cucian bengkel; adsorben; filtrasi; efektifitas

### ABSTRACT

**Title:** *Combination of Natural Absorbents in Automotive Service Station Liquid Waste Management*

**Background:** *Increasing number of automotive service station has implications for the higher volume of waste and has the potential to pollute the environment. One of the automotive service station wastes that must be treated*

before being disposed of is the mechanic's hand-washing wastewater. This study aims to measure the effectiveness of automotive service station liquid waste management with a combination of coconut shell charcoal, pumice stone, and hair waste as a filtration medium in reducing BOD, COD, TSS, phosphate, and oil content.

**Method:** One group pre-test and post-test designs were chosen in this experimental study. Sampling was carried out at the workshop on Jl. Sekip Sei Putih Timur I Medan Petisah in December 2020 and the test process was carried out at the BTKLPP Class I Chemistry Laboratory, Medan. Sampling is carried out in December 2020. Sampling was carried out in the afternoon after the mechanic had finished performing activities. Data were analyzed by looking at the difference in concentration of pollutant parameters, namely BOD, COD, TSS and phosphate before and after filtering. From the difference in concentration values, the effectiveness of the filtration media is obtained which is then expressed in percentage.

**Result:** In this study, it was found that the percentage levels of BOD (41.57%), COD (44.33%), and TSS (41.27%), experienced a greater decrease using filter B (smaller pumice pores). compared to filter A. However, filter A was more effective in reducing the percentage of phosphate content (65.60%). The results of the organoleptic test showed that the automotive service station hand-washing wastewater from filter A was clearer after 3 repetitions than filter B.

**Conclusion:** The use of a combination of coconut shell charcoal media, hair waste, and pumice stone is quite effective in reducing the levels of BOD, COD, TSS, phosphate, and oil. However, it is necessary to consider the size of the pores of the pumice used in the filter.

**Keywords:** automotive service station liquid waste; absorbent; filtration; effectiveness

## PENDAHULUAN

Limbah cair yang dihasilkan dari bengkel kendaraan bermotor seperti oli bekas, bahan bakar minyak, sisa cuci *sparepart*, dan air bekas cuci tangan montir dapat mencemari lingkungan.<sup>1</sup> Kualitas limbah cair yang buruk menyebabkan degradasi badan air permukaan penerima dan dapat mengakibatkan iritasi serta gangguan kulit bagi masyarakat.<sup>2,3</sup> Regulasi yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup menekankan bahwa limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan industri perbengkelan tidak boleh melewati baku mutu lingkungan.<sup>4</sup> Karakteristik limbah cair bengkel otomotif mengandung minyak dan lemak, deterjen, fosfat, asam fluorida, produk amonium bifluorida dan logam berat.<sup>5</sup> Limbah cair bengkel tergolong dalam limbah cair industri sehingga dalam pengelolannya memperhatikan kadar *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), minyak dan lemak.<sup>6</sup>

Salah satu metode yang digunakan dalam pengolahan limbah cair adalah melalui proses filtrasi menggunakan media filtrasi berupa absorbent-absorbent alam.<sup>7,8</sup> Absorbent alami meliputi arang, lempung, mineral lempung, zeolit, dan biji buah-buahan. Ban bekas, tempurung kelapa, limbah buah, kulit kayu, serbuk gergaji, sekam padi juga dapat dimanfaatkan sebagai media filtrasi. Karbon aktif yang dihasilkan dari bahan-bahan tersebut dapat digunakan sebagai absorbent untuk pengolahan air dan air limbah.<sup>9</sup> Beberapa studi menyimpulkan bahwa filtrasi dengan memadukan kombinasi berbagai absorbent alam terbukti efektif dalam mengelola limbah cair.<sup>10-13</sup>

Pada studi ini peneliti menggunakan kombinasi media arang tempurung kelapa, batu apung dan limbah rambut untuk mengelola limbah cair yang dihasilkan oleh bengkel. Pemilihan tiga jenis adsorbent ini adalah untuk memaksimalkan kinerja media filtrasi dalam

menurunkan berbagai parameter pencemar dalam limbah cucian bengkel. Dengan beragamnya jenis kandungan limbah yang ada pada bekas air cucian tangan montir maka dibutuhkan kombinasi yang memiliki fungsi penyerapan yang baik. Literatur menyebutkan bahwa kandungan air yang minim dan pori-pori yang banyak pada arang tempurung kelapa mampu menghasilkan daya serap yang cukup baik.<sup>14</sup> Sedangkan batu apung cukup baik untuk dijadikan media filtrasi karena kapiler-kapiler halus yang meningkatkan daya absorpsi.<sup>15</sup> Batu apung dapat dimanfaatkan sebagai sumber silika dalam proses pembuatan zeolit sintesis secara hidrotermal. Sifat batu apung sebagai zeolit tipe A yakni berfungsi menjadi adsorbent, katalis, membran, penukar ion, maupun *molecular sieve*.<sup>16</sup> Studi sebelumnya melaporkan bahwa penggunaan limbah rambut dapat menurunkan kadar minyak air limbah bengkel kendaraan bermotor mencapai 83,6%. Mikrofilibril dari bagian medulla pada rambut manusia dapat menyaring dan mengikat jenis minyak.<sup>17</sup> Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan arang tempurung kelapa, batu apung dan limbah rambut sebagai media filtrasi untuk pengolahan limbah cair bengkel.

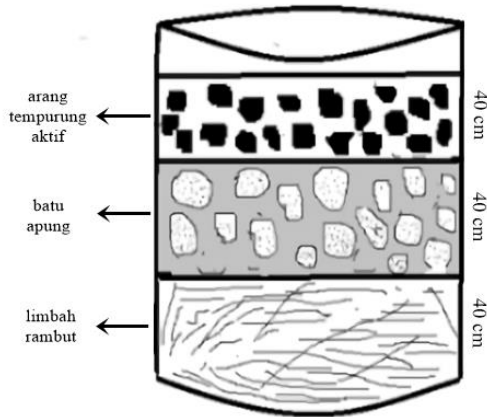
## MATERI DAN METODE

Penelitian ini merupakan studi eksperimental dengan rancangan *one group pre-test* dan *post-test*. Pengambilan sampel dilakukan di bengkel Jl. Sekip Sei Putih Timur I Medan Petisah pada bulan Desember 2020 dan proses uji dilakukan di Laboratorium Kimia BTKLPP Kelas I Medan. Pengambilan sampel dilakukan bulan Desember 2020. Pengambilan sampel dilakukan sore hari setelah montir selesai melakukan aktivitas.

Peneliti mengumpulkan alat dan bahan berupa arang tempurung kelapa, batu apung, limbah rambut, drum dan sampel air limbah cuci tangan. Media filtrasi

(saringan) yang digunakan pada studi ini terdiri dari 2 jenis. Perbedaannya terletak pada pori-pori batu apung, sedangkan arang tempurung kelapa dan limbah rambut tidak dibedakan pada kedua media filtrasi. Saringan A menggunakan batu apung dengan *mesh* yang lebih sedikit (pori-pori besar) dan saringan B menggunakan batu apung menggunakan batu apung dengan *mesh* yang lebih kecil dan berjumlah banyak (pori-pori kecil). Ukuran *mesh* batu apung pada saringan A

adalah mengikuti ukuran butiran kasar yakni memiliki 8 sampai 30 *mesh* dan pada saringan B batu apung mengikuti ukuran butiran sedang yakni memiliki 30 sampai 100 *mesh*.<sup>18</sup> Setelah semua alat dan bahan terkumpul peneliti mulai menyusun penyaringan air cuci tangan bengkel pada drum dengan bagian paling bawah disusun dengan rambut dengan masing-masing ketinggian 40 cm, lalu ditimpa dengan batu apung dan arang aktif.



Gambar 1. Penampang Media Filtrasi

Keterangan:

- Arang tempurung kelapa (ketinggian 40cm)
- Batu apung (2,4,10,dan 20 *mesh*)
- Limbah rambut (ketebalan 40 cm)

Sampel limbah cuci tangan yang digunakan sebanyak 20 liter. Peneliti memasukkan sampel air cuci tangan bengkel ke dalam 2 wadah penyaringan yang sudah disiapkan. Penyaringan dilakukan berulang sebanyak 3 kali dan masing-masing parameter diukur setiap kali pengulangan. Pengulangan dilakukan untuk menemukan hasil maksimal dari efektifitas saringan. Dalam berbagai Rancangan Acak Lengkap dengan dua atau lebih variasi filtrasi, pengulangan dilakukan sebanyak tiga kali, seperti pada perancangan unit filtrasi untuk pengolahan limbah domestik dan penggunaan beberapa jenis media filtrasi terhadap kualitas limbah cair ekstraksi sagu.<sup>19,20</sup> Untuk melihat efektifitas media filtrasi dalam mengurangi kandungan minyak, diuji secara organoleptik. Selanjutnya data yang dihasilkan dari uji disajikan dalam bentuk naratif. Data dianalisis dengan melihat perbedaan konsentrasi parameter pencemar yakni BOD, COD, TSS dan fosfat sebelum dan sesudah dilakukan penyaringan. Dari perbedaan nilai konsentrasi tersebut diperoleh tingkat

efektifitas media filtrasi yang kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase (%).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah cuci tangan tiap bengkel memiliki karakteristik yang sama karena jenis oli yang digunakan pada setiap bengkel memiliki kesamaan yakni menggunakan merk oli Unioil, Evalube 2T dan Yamalube. Wadah cuci tangan yang digunakan tiap bengkel yaitu bak dan ember hitam serta tidak menggunakan air mengalir. Sumber air baku yang digunakan untuk mencuci tangan adalah air yang bersumber dari sumur bor. Saringan A merupakan media filtrasi yang dikombinasikan dari beberapa absorbent seperti arang tempurung kelapa, batu apung dengan pori-pori yang besar dan limbah rambut. Sedangkan saringan B merupakan media filtrasi yang dikombinasikan dari arang tempurung kelapa, batu apung dengan pori-pori yang lebih kecil dan limbah rambut.

Tabel 1 Efektivitas Filtrasi Arang Tempurung Kelapa, Batu Apung, dan Limbah Rambut Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD, TSS, dan Fosfat Pada Air Limbah Cucian Bengkel

Parameter	Perlakuan	Konsentrasi (mg/L)		Baku Mutu*
		Saringan A	Saringan B	
	Kontrol	35.50		
	Ulangan 1	29.50		
	Ulangan 2	27.50	26.50	30 mg/l
	Ulangan 3	23.50	19.50	
Rerata BOD setelah perlakuan (mg/L)		26.83	24.83	
Efisiensi penurunan (%)		24.41	41.57	

Parameter	Perlakuan	Konsentrasi (mg/L)		Baku Mutu*
		Saringan A	Saringan B	
	Kontrol	89.50	95.50	100 mg/l
	Ulangan 1	63.50	69.50	
	Ulangan 2	59.50	54.50	
	Ulangan 3	65.50	35.50	
Rerata COD setelah perlakuan (mg/L)		62.83	53.17	
Efisiensi penurunan (%)		29.80	44.33	
	Kontrol	32.00	42.00	30 mg/l
	Ulangan 1	25.00	26.00	
	Ulangan 2	29.00	26.00	
	Ulangan 3	21.00	22.00	
Rerata TSS setelah perlakuan (mg/L)		25.00	24.67	
Efisiensi penurunan (%)		21.88	41.27	
	Kontrol	9.40	10.30	10 mg/l
	Ulangan 1	4.0	4.60	
	Ulangan 2	4.10	4.00	
	Ulangan 3	1.60	2.70	
Rerata total fosfat (sebagai P) setelah perlakuan (mg/L)		3.23	3.77	
Efisiensi penurunan (%)		65.60	63.43	

\*) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah



Saringan A



Saringan B

Gambar 1. Perbedaan Hasil Saringan A dan Saringan B Dalam Menyaring Minyak Pada Air Limbah

Uji kandungan minyak pada penelitian ini dilakukan secara organoleptik di mana kandungan minyak pada kontrol masih tinggi (sebelum penyaringan). Namun setelah dilakukan 3 kali penyaringan maka kandungan minyak pada air cuci tangan telah berkurang dan apabila disentuh dengan tangan sudah terasa kesat. Dapat disimpulkan filtrasi ini mampu menurunkan kadar BOD, COD, TSS dan fosfat pada satu kali penyaringan.

## PEMBAHASAN

Hasil analisis kadar BOD pada air limbah cuci tangan bengkel menunjukkan penurunan sebesar 24,41% pada saringan A. Dari konsentrasi awal BOD sejumlah 35,50 mg/L menjadi 26,83 mg/L. Sedangkan pada saringan B terlihat penurunan kadar BOD sebesar 41,57%. Kadar BOD mengalami penurunan dikarenakan semakin berkurang bahan organik yang terlarut dalam air maka semakin banyak pula oksigen yang terlarut dalam air tersebut.<sup>21</sup> Di samping itu, bakteri yang terdapat pada air limbah domestik

menempel pada dinding permukaan absorben dan mendegradasi bahan organik yang menurunkan kadar BOD. Dapat dilihat bahwa saringan B lebih efektif menurunkan kadar BOD daripada saringan A karena peneliti menggunakan batu apung dengan ukuran *mesh* yang lebih kecil dan pori-pori yang lebih banyak pada saringan B.

Sedangkan hasil pengukuran pada kadar COD menunjukkan efisiensi penggunaan kombinasi media filtrasi. Pada saringan A hanya mampu menurunkan kadar COD sebesar 29,80%, sedangkan pada saringan B sebesar 44,33%. Penelitian terdahulu melaporkan bahwa biofilter anaerobik pada batu apung cukup efektif dalam menurunkan beban organik pada pengolahan limbah. Sifat mengikat molekul dalam cairan yang terdapat pada permukaan batu apung dapat menurunkan kadar COD hingga 96%.<sup>15</sup> Pada media filtrasi arang tempurung kelapa, kadar COD mengalami penurunan karena kemampuan permukaan arang yang cukup baik dalam menyerap bahan organik. Kemampuan menyerap bahan organik bergantung pada

rantai polar dari polutan sehingga semakin organik suatu zat maka rantai polarnya akan semakin mudah dipecah.<sup>22</sup>

Selanjutnya, kadar TSS pada air limbah cuci tangan bengkel setelah melalui perlakuan mengalami penurunan sebesar 21,88%. Sementara itu, pada saringan B sebesar 41,27% pada saringan B. Proses pengendapan serta resirkulasi menjadi penyebab penurunan kadar TSS pada air limbah. Selain itu, waktu tinggal air limbah yang semakin lama menyebabkan semakin banyak padatan yang tersuspensi dan diserap media.<sup>23</sup> Variasi lama waktu kontak antara air limbah dengan media filtrasi juga menentukan efektivitas penurunan kadar TSS.<sup>24</sup>

Hasil analisis menunjukkan saringan A (65,60%) lebih efektif dibandingkan saringan B (63,43%) dalam menyerap total fosfat (P) pada air limbah cuci tangan bengkel. Kandungan yang ada di dalam fosfat terjerat dalam pori-pori arang tempurung kelapa. Untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal maka dapat dilakukan penyaringan dengan waktu yang lebih lama. Penelitian terdahulu melaporkan bahwa media filtrasi terbukti dapat menurunkan secara signifikan kadar fosfat dan ammonia yang terkandung dalam sampel air limbah laundry yaitu sebesar 83,3%.<sup>25</sup>

Kelemahan dalam penelitian ini adalah penggunaan ketiga jenis adsorben ini hanya dapat digunakan sekali pakai, terutama jika air limbah cucian bengkel yang disaring memiliki kekeruhan yang cukup tinggi disertai dengan kadar minyak yang banyak. Dibutuhkan riset lanjutan agar media filtrasi ini bisa digunakan pada konsentrasi limbah yang lebih pekat dan volume yang lebih banyak.

## SIMPULAN

Penggunaan media filtrasi yang dikombinasikan terbukti cukup efektif dalam menyerap kadar BOD, COD, TSS, fosfat, dan minyak. Hasil uji memperlihatkan saringan B (batu apung dengan pori-pori yang lebih kecil) lebih efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD, TSS, dan minyak. Sedangkan untuk penyerapan fosfat lebih efektif menggunakan saringan A (batu apung dengan pori-pori yang besar). Disarankan kepada pemilik bengkel dan montir untuk mengolah air limbah cucian tangan sebelum dibuang ke drainase atau badan air dengan menggunakan media filtrasi. Penyaringan limbah dapat menggunakan adsorben alami berupa kombinasi batu apung, tempurung kelapa dan limbah rambut.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Dutra N, Victório C. Automobile repair shops have a negative impact on the environment. *Acta Sci Tech.* 2021;8:5–19. <https://doi.org/10.17648/uezo-ast-v8i2.292>
2. Edokpayi JN, Odiyo JO, Durowoju OS. Impact of Wastewater on Surface Water Quality in Developing Countries: A Case Study of South Africa. In: Odiyo JO, editor. *Water Quality.*

- Rijeka: IntechOpen; 2017. p. 401–10. <https://doi.org/10.5772/66561>
3. Akpor OB, Muchie M. Environmental and public health implications of wastewater quality. *African J Biotechnol.* 2011;10(13):2379–87.
4. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Indonesia; 2014.
5. Asha MN, Chandan KS, Harish HP, Nikhileswar SR, Sharath KS, Liza GM. Recycling of Waste Water Collected from Automobile Service Station. *Procedia Environ Sci.* 2016;35:289–97. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.009>
6. Arini A, Apriani I, Kadaria U. Pengolahan Limbah Cair Cuci Tangan Bengkel Menggunakan Tiga Tahap Pengolahan Oil Catcher, Filtrasi dan Fitoremediasi. *J Teknol Lingkung Lahan Basah.* 2017;5(1):1–11. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v5i1.21199>
7. Englande Jr AJ, Krenkel P, Shamas J. Wastewater Treatment & Water Reclamation. In: Meyers RA, editor. *Encyclopedia of Physical Science and Technology.* Academic Press; 2015. p. 639–70. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227410-5/00818-8>
8. Kandasamy J, Vigneswaran S, Hoang TTL, Chaudhary DNS. Adsorption and Biological Filtration in Wastewater Treatment. In: *Water and Wastewater Treatment Technologies.* Encyclopedia of Life Support Systems; 2005. p. 1–14.
9. Rashed MN. Adsorption Technique for the Removal of Organic Pollutants from Water and Wastewater. In: Rashed MN, editor. *Organic Pollutants - Monitoring, Risk and Treatment.* Rijeka: IntechOpen; 2013. p. 167–94. <https://doi.org/10.5772/55953>
10. Cescon A, Jiang JQ. Filtration process and alternative filter media material in water treatment. *Water.* 2020;12(12):1–20. <https://doi.org/10.3390/w12123377>
11. Ingole N, Burghate S. Adsorption of Oil from Waste Water by Using Human Hair. *J Environ Sci Comput Sci Eng Technol.* 2014;3(1):207–17.
12. Pungus M, Palilingan S, Tumimomor F. Penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair laundry menggunakan kombinasi adsorben alam sebagai media filtrasi. *FullereneJournal Chem.* 2019;4(2):54–60. <https://doi.org/10.37033/fjc.v4i2.59>
13. Gherairi Y, Amrane A, Touil Y, Hadj Mahammed M, Gherairi F, Baameur L. A comparative study of the addition effect of activated carbon obtained from date stones on the biological filtration efficiency using sand dune bed. *Energy Procedia.* 2013;36:1175–83. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.133>
14. Masriatini R, Fatimura M. Penggunaan arang tempurung kelapa yang diaktifkan untuk menyerap zat warna limbah cair industri kain

- tradisional. *J Redoks*. 2019;4(2):37–40.
15. Ratnawati R, Kholif M Al. Aplikasi Media Batu Apung Pada Biofilter Anaerobik Untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Ayam. *J Sains & Teknologi Lingkungan*. 2018;10(1):1–14. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol10.iss1.art1>
  16. Mahaddilla FM, Putra A. Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Sumber Silika Dalam Pembuatan Zeolit Sintetis. *J Fis Unand*. 2013;2(4):262–8.
  17. Akhmadi Z, Suharno S. Efektivitas limbah rambut dalam menurunkan kadar minyak oli pada air limbah bengkel. *J Vokasi Kesehat*. 2017;3(1):17. <https://doi.org/10.30602/jvk.v3i1.83>
  18. Ridha M, Darminto. Karakterisasi Batu Apung Lombok Sebagai Bahan Komposit Alami. Institut Teknologi Sepuluh Nopember; 2016.
  19. Gultom SO, Mess TN, Silamba I. Pengaruh Penggunaan Beberapa Jenis Media Filtrasi Terhadap Kualitas Limbah Cair Ekstraksi Sagu (*metroxylon sp.*). *Agrointek J Teknol Ind Pertan*. 2018;12(2):81–9. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v12i2.3805>
  20. Sulianto AA, Kurniati E, Hapsari AA. Perancangan Unit Filtrasi untuk Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Sistem Downflow. *J Sumberd Alam dan Lingkung*. 2019;6(3):31–9. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2019.006.03.4>
  21. Bozorg-Haddad O, Delpasand M, Loáiciga HA. Water quality, hygiene, and health. In: Bozorg-Haddad O, editor. *Economical, Political, and Social Issues in Water Resources*. Elsevier; 2021. p. 217–57. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90567-1.00008-5>
  22. Alimsyah A, Damayanti A. Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *J Tek ITS*. 2013;2(1):6–9.
  23. Al Kholif M. Penurunan Beban Pencemar Pada Limbah Domestik Dengan Menggunakan Moving Bed Biofilter Reaktor (MBBR). *AI-Ard J Tek Lingkungan*. 2018;4(1):1–8. <https://doi.org/10.29080/alard.v4i1.365>
  24. Muliyadi, Ajid SH. Efektivitas Bonggol Jagung sebagai Media Biofiltrasi dalam Menurunkan Beban Pencemar Limbah Domestik. *HIGEIA J Public Heal Res Dev*. 2020;4(2):323–32.
  25. Palilingan SC, Pungus M, Tumimomor F. Penggunaan kombinasi adsorben sebagai media filtrasi dalam menurunkan kadar fosfat dan amonia air limbah laundry. *Fuller J Chem*. 2019;4(2):48–53. <https://doi.org/10.37033/fjc.v4i2.59>



©2023. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.