

Kemampuan Filter Biochar Susunan Seri dalam Menyisihkan Detergen dan Fosfat dari Air Limbah

Tivany Edwin¹, Puti Sri Komala^{1*}, Budhi Primasari¹, Zulkarnaini¹, Farida Hannum Nasution¹, dan Fauzia Arionanda¹

¹Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Indonesia ; e-mail: putisrikomala@eng.unand.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi filter biochar susunan seri dalam menyisihkan detergen dan fosfat dari air limbah artifisial. Filter yang digunakan terdiri atas media biochar dan busa poliuretan dengan perbandingan volume 2:1, disusun dalam dua kolom seri masing-masing setebal 40 cm. Proses filtrasi berlangsung selama 14 hari, dengan konsentrasi awal detergen sebesar 0,701 mg/L dan fosfat sebesar 1,303 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi detergen pada efluen kolom seri 1 dan 2 masing-masing berkisar 0,21-0,43 mg/L dan 0,19-0,33 mg/L, dengan efisiensi penyisihan 39-70% dan 53-72%. Sementara itu, konsentrasi fosfat pada efluen kolom seri 1 berkisar 0,33-0,84 mg/L dengan efisiensi 35-74%, dan pada kolom seri 2 sebesar 0,14-0,66 mg/L dengan efisiensi 49-89%. Penyisihan yang lebih tinggi setelah melewati kolom seri 2 menunjukkan bahwa waktu retensi aliran berperan penting dalam meningkatkan efisiensi penyisihan kontaminan. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa filter berbasis biochar berpotensi sebagai media ramah lingkungan untuk pengolahan air limbah yang mengandung detergen dan fosfat.

Kata kunci: Air limbah, biochar, filter, fosfat, detergen

ABSTRACT

This study aims to evaluate the potential of a series-arranged biochar filter in removing detergents and phosphates from artificial wastewater. The filter consisted of biochar and polyurethane foam with a volume ratio of 2:1, arranged in two columns in series, each with a thickness of 40 cm. The filtration process was carried out over a period of 14 days, with initial concentrations of detergent and phosphate at 0.701 mg/L and 1.303 mg/L, respectively. The results showed that detergent concentrations in the effluent of series column 1 and 2 ranged from 0.21-0.43 mg/L and 0.19-0.33 mg/L, with removal efficiencies of 39-70% and 53-72%, respectively. For phosphate, the effluent concentrations ranged from 0.33-0.84 mg/L in series column 1 with removal efficiencies of 35-74%, and 0.14-0.66 mg/L in series column 2 with removal efficiencies of 49-89%. The higher removal efficiency achieved after passing through the second column indicates that longer hydraulic retention time enhances the interaction between pollutants and the filter media, thereby improving contaminant removal. Overall, this study highlights the potential of biochar-based filters as an environmentally friendly medium for treating wastewater containing detergents and phosphates..

Keywords: Biochar, filter, phosphate, detergents, wastewater

Citation: Edwin, T., Komala, P. S., Primasari, B., Zulkarnaini, Nasution, F. H., dan Arionanda, F. (2025). Kemampuan Filter Biochar Susunan Seri dalam Menyisihkan Detergen dan Fosfat dari Air Limbah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(5), 1237-1242, doi:10.14710/jil.23.5.1237-1242

1. PENDAHULUAN

Pembuangan limbah usaha *laundry* dan kegiatan pencucian kendaraan yang dibuang pada badan air sejumlah detergen dan fosfat. Hal ini dapat membahayakan bagi organisme akuatik (Pelu dkk., 2022). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada kelas II untuk badan air, batas maksimal detergen, dan fosfat yaitu 0,2 mg/L.

Kandungan detergen bisa disisihkan dengan berbagai metode, salah satunya dengan metode filtrasi dan adsorpsi. Biochar yang merupakan material dengan kandungan karbon tinggi yang dibuat dengan minim oksigen, dikenal dapat menyisihkan kontaminan dari air limbah seperti fosfat (Edwin, dkk., 2023, Edwin, dkk., 2023). Biochar dapat dibuat dari bahan baku limbah pertanian seperti tempurung kelapa, sekam padi, jerami, dan sebagainya. Biochar yang mudah didapatkan salah satunya tempurung kelapa, yang dapat digunakan sebagai salah satu

material adsorpsi untuk penyisihan kontaminan karena memiliki luas permukaan yang tinggi dan peran gugus fungsi untuk pertukaran ion.

Hasil penelitian sebelumnya menggunakan filter dengan campuran media arang tempurung kelapa dan pasir serta zeolit dapat menyisihkan detergen sebesar 62,78% (Artiyani & Firmansyah, 2016) dan penelitian lain dengan biochar tempurung kelapa saja didapatkan efisiensi penyisihan sebesar 99,416% (Yatule, 2014). Berdasarkan penelitian Edwin dkk., (2024) menemukan bahwa nitrat dapat disisihkan dengan menggunakan filter dengan campuran biochar tempurung kelapa dan busa poliuretan dengan perbandingan 2 : 1, dengan rentang penyisihan sebesar 26,26% dengan konsentrasi awal 52,53 mg/L. Penggunaan busa poliuretan berfungsi untuk memperpanjang waktu retensi aliran di dalam filter. Penelitian tersebut dilanjutkan dengan pengujian penyisihan fosfat dan didapatkan rentang penyisihan 32,2-96,5%, namun filter ditemukan jenuh dalam waktu satu hari (Edwin, dkk., 2025). Untuk meningkatkan efisiensi penyisihan kontaminan, maka diperlukan durasi pengujian filter yang lebih lama. Pengaturan kolom filter secara seri untuk pemurnian air limbah dianggap lebih efektif dalam menyisihkan kontaminan karena menyebabkan terjadinya waktu kontak lebih lama antara media dengan air limbah pada kolom. Meskipun filtrasi seri meningkatkan penurunan tekanan di sepanjang rangkaian filter (Jornitz, 2019), pendekatan ini menawarkan kinerja yang lebih baik dalam hal waktu terobosan (*breakthrough time*) dan kapasitas kesetimbangan dibandingkan dengan sistem kolom tunggal (Ula & Latif, 2012).

Untuk itu penelitian ini dilakukan untuk menguji kemampuan filter biochar tempurung kelapa dengan rangkaian seri dalam menyisihkan detergen dan fosfat dari air limbah. Hasil penelitian diharapkan dapat berkontribusi terhadap penyisihan detergen dan fosfat dari air limbah.

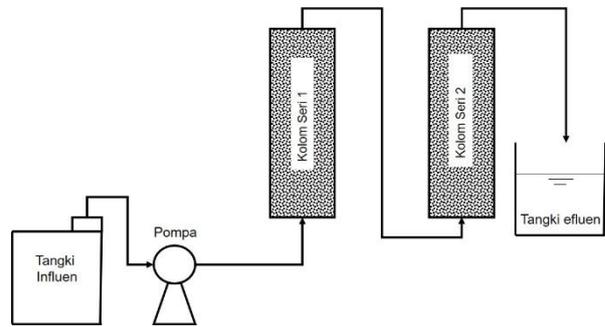
2. METODE PENELITIAN

Pemasangan instalasi filter dilakukan di laboratorium Penelitian, Departemen Teknik Lingkungan Universitas Andalas. Instalasi filter terdiri dari kolom filter yang terbuat dari pipa PVC berdiameter 10 cm dan tinggi 50 cm. Kolom filter terdiri dari dua rangkaian seri, yang masing-masingnya berisi media biochar tempurung kelapa dan busa poliuretan untuk retensi aliran dengan ketebalan media 40 cm. Statip digunakan untuk menyangga kolom filter tersebut. Tempurung kelapa yang digunakan dibakar pada suhu 300°C selama ±3 jam lalu biochar dipotong berbentuk *coarse* dengan ukuran ±0,5x0,5x0,3 cm. Busa poliuretan yang digunakan dipotong dengan ukuran ±0,5x0,5x0,5 cm.

Porositas media filter adalah 62,58% dan laju aliran 30 mL/menit (Edwin dkk., 2024). *Dimmer* digunakan untuk mengatur kecepatan aliran. *Hydraulic retention time* (HRT) aliran dalam satu kolom rangkaian seri adalah 68 menit. Percobaan dilakukan dengan

replikasi duplo dengan sistem aliran *upflow*. Skema instalasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Sampel yang digunakan yakni larutan artifisial yang menyerupai karakteristik air limbah di lapangan seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Skema Instalasi Filter

Tabel 1. Karakteristik Larutan Artifisial

Parameter	Ketebalan Media	Baku Mutu*
pH	6,42	6-9
DO (mg/L)	4,5	3
Temperatur (°C)	24,9	Dev 3
TDS (ppm)	65	1000
Detergen (mg/L)	0,701	0,2
Fosfat (mg/L)	1,303	0,2
Amonium (mg/L)	1,735	-
Mikroplastik	405	-

* Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

Pengukuran sampel uji di laboratorium terdiri atas pengujian konsentrasi fosfat dan detergen, serta pengukuran faktor lingkungan secara langsung meliputi oksigen terlarut (DO), pH, suhu dan *Total Dissolved Solid* (TDS). Metode analisis detergen dilakukan secara biru metilen sesuai dengan SNI 06-6989.31-2005 pada panjang gelombang 652 nm. Metode analisis fosfat dilakukan secara asam askorbat sesuai dengan SNI 6989-31:2021 pada panjang gelombang 880 nm. Setiap pengambilan sampel efluen filter untuk pengujian konsentrasi fosfat, diukur juga faktor lingkungan dari masing-masing efluen yang diambil. Faktor lingkungan berupa DO diukur menggunakan alat DO Meter jenis Dissolved Oxygen Analyzer-SO9100, serta pengukuran suhu, pH dan TDS dengan menggunakan alat multi-meter jenis EZ-9909.

Pengujian efluen air limbah dilakukan pada efluen filter kolom seri pertama dan kedua. Pengambilan air efluen filter dilakukan sebanyak enam kali dalam waktu 14 hari yaitu hari ke-3, hari ke-5, hari ke-7, hari ke-9, hari ke-11 dan hari ke-14 (Kaetzl, 2018). Efisiensi penyisihan detergen dan fosfat dihitung dengan persamaan (1).

$$\% \text{ penyisihan} = \frac{C_{in}-C_{out}}{C_{in}} \cdot 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

C_{in} = Konsentrasi fosfat pada influen filter

C_{out} = Konsentrasi fosfat pada efluen filter

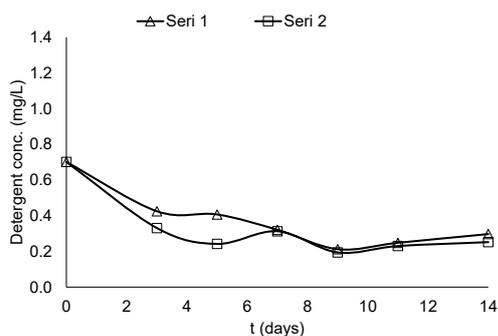
Uji-t dilakukan untuk menganalisis adanya perbedaan yang signifikan dari efisiensi penyisihan fosfat pada filter biochar dengan variasi kolom seri 1 dan 2. Hipotesis awal H_0 yakni tidak terdapat

perbedaan yang signifikan dari penyisihan detergen dan fosfat pada kolom seri 1 dan 2. Sedangkan hipotesis H_1 yakni terdapat perbedaan yang signifikan dari penyisihan fosfat antara kolom seri 1 dan 2. Kondisi lingkungan meliputi pH, DO, suhu, dan TDS dianalisis korelasinya dengan konsentrasi detergen dan fosfat menggunakan metode korelasi Pearson, setelah dipastikan data terdistribusi normal dengan metode *Shapiro Wilk*. Analisis statistik ini dilakukan menggunakan *software IBM SPSS 27*.

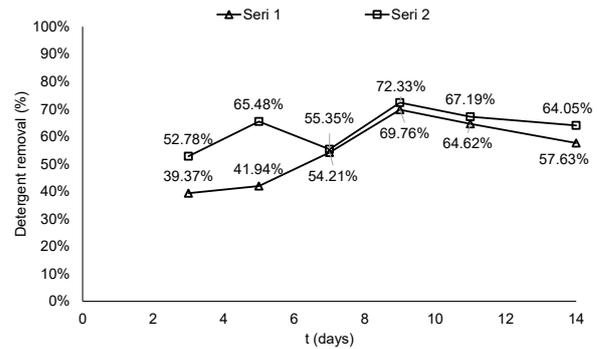
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian terkait konsentrasi detergen menggunakan pada efluen filter rangkaian kolom seri 1 dan 2 selama 14 hari ditampilkan pada Gambar 2, sedangkan Gambar 3 menunjukkan penyisihan konsentrasi detergen. Rentang konsentrasi detergen pada efluen kolom seri 1 yakni 0,21-0,43 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 39-70%, sedangkan kandungan detergen pada efluen kolom seri 2 sebesar 0,19-0,33 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 53-72%.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penurunan konsentrasi detergen pada efluen kolom seri 2 lebih rendah dibandingkan efluen kolom seri 1. Penggunaan dua kolom seri memungkinkan kontak yang lebih lama antara air limbah dengan media dalam kolom, sehingga media biochar memiliki waktu kontak partikel kontaminan dengan adsorben pada waktu yang lebih lama. Penggunaan satu kolom filter dinilai memiliki kemampuan yang lebih rendah sehingga hasil yang didapatkan kurang optimal. Hal ini didukung oleh penelitian Setiawan (2019), tentang penurunan konsentrasi detergen menggunakan filter dengan media zeolit dan karbon aktif menunjukkan bahwa variasi ketinggian media yang lebih setebal 90 cm yang mampu menyisihkan konsentrasi detergen sebesar 100% karena memiliki waktu kontak yang cukup untuk penyisihan kontaminan. Berdasarkan penelitian Artiyani (2016), tentang penyisihan detergen menggunakan filtrasi *upflow* dengan variasi ketinggian media (arang tempurung kelapa, pasir, dan zeolit) dengan penyisihan detergen sebesar 62,78% dari konsentrasi awal 35,21 mg/L menjadi 13,11 mg/L. Dengan demikian filtrasi *upflow* dengan ketebalan media yang lebih besar mampu menurunkan konsentrasi detergen pada penelitian tersebut.



Gambar 2. Penyisihan Konsentrasi Detergen Menggunakan Media Filter



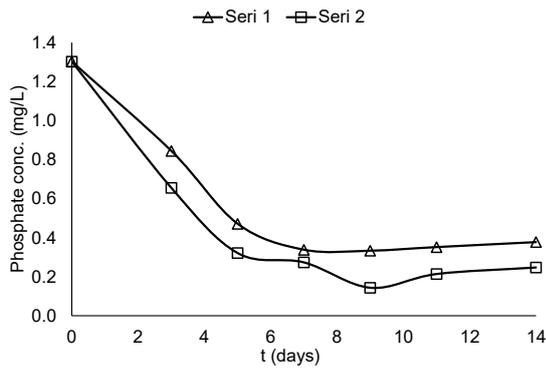
Gambar 3. Efisiensi Penyisihan Detergen Menggunakan Media Filter

Penurunan konsentrasi fosfat menggunakan filter dengan media biochar tempurung kelapa ditampilkan pada Gambar 4 dan efisiensi penyisihannya pada Gambar 5. Rentang konsentrasi fosfat pada efluen filter kolom seri 1 adalah 0,33-0,84 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 35-74%, sedangkan pada efluen kolom seri 2 pada rentang 0,14-0,66 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 50-89%.

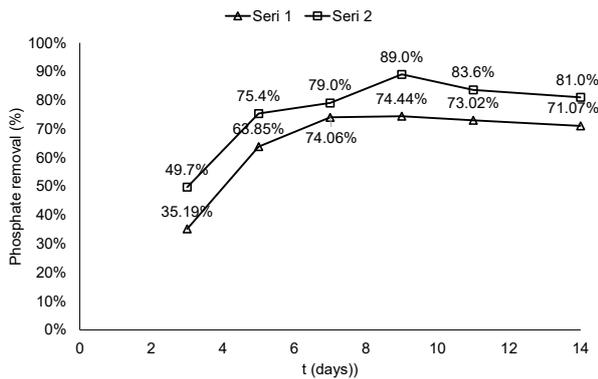
Dari penelitian ini didapatkan bahwa penggunaan dua kolom seri memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan konsentrasi fosfat dibandingkan satu kolom saja. Sama halnya dengan penyisihan detergen, dengan penggunaan dua kolom seri memungkinkan terjadinya waktu kontak yang cukup untuk penyerapan fosfat dibandingkan dengan penggunaan satu kolom. Penggunaan satu kolom filter mengurangi kemampuan menyerap fosfat yang kurang optimal.

Hal ini didukung oleh penelitian Pungut (2021) dengan filter (media karbon aktif dan zeolit) mendapatkan variasi media dengan ketebalan paling besar yakni 60 cm. Penelitian ini menunjukkan ketebalan media pada kolom mempengaruhi efisiensi penyisihan fosfat.

Selanjutnya tantangan jangka panjang yang dapat dihadapi terkait penyisihan kontaminan adalah kompetisi antar ion kontaminan lainnya karena senyawa tersebut bersaing untuk disisihkan oleh media filter yang sama. Senyawa detergen, seperti surfaktan, dapat mengikat fosfat dan membentuk senyawa yang lebih sulit diadsorpsi oleh media penyaring (Koohsaryan, dkk., 2020). Mikroplastik juga dapat mengurangi efisiensi penyisihan fosfat secara signifikan sekitar 15-30%. Hal ini terjadi karena mikroplastik mampu menyerap fosfat dan zat lain pada permukaannya sehingga menghambat kemampuan media filter untuk mengadsorpsi fosfat secara efektif. Selain itu, keberadaan mikroplastik juga dapat mengganggu stabilitas proses biologis dan kimia yang biasa digunakan dalam instalasi pengolahan air limbah, sehingga mempersulit upaya untuk menghilangkan fosfat secara efisien (Cristaldi, dkk., 2020).



Gambar 4. Penyisihan Konsentrasi Fosfat Menggunakan Media Filter



Gambar 5. Efisiensi Penyisihan Fosfat Menggunakan Media Filter

Analisis statistik untuk perbedaan nyata penyisihan detergen menggunakan filter biochar dengan 2 kolom rangkaian seri didapatkan nilai signifikansi yaitu $0,012 < 0,05$ yang artinya H_1 diterima. Maka konsentrasi efluen filter rangkaian seri 1 dan 2 menunjukkan perbedaan signifikan. Berbeda dengan konsentrasi fosfat yang menunjukkan efluen pada rangkaian seri tidak berbeda signifikan secara statistik. Walaupun begitu, secara visual, konsentrasi fosfat pada efluen kolom seri 1 selalu lebih tinggi dibandingkan kolom seri 2, yang menunjukkan kolom seri 2 lebih baik dalam menyisihkan fosfat dibandingkan kolom seri 1.

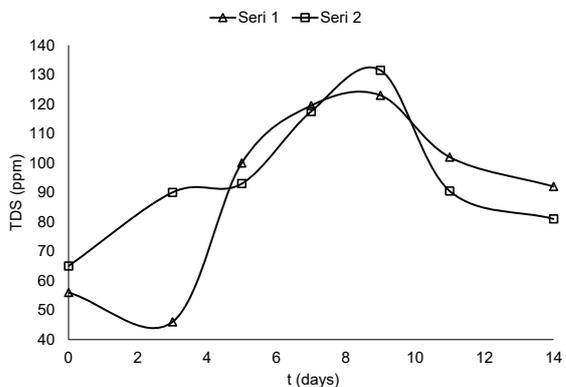
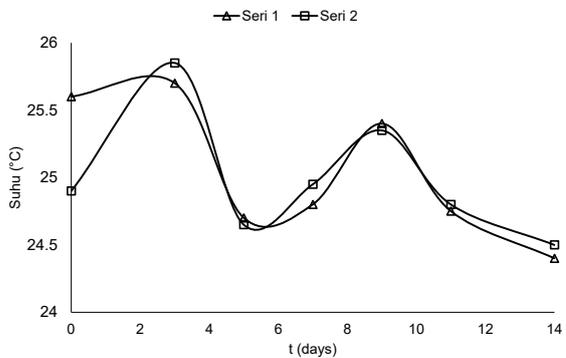
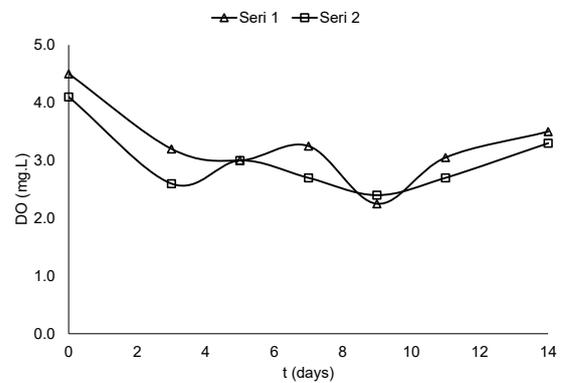
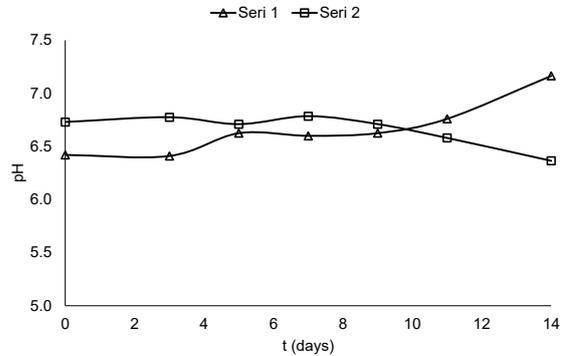
Tabel 2. Uji-t Terkait Perbedaan Signifikan Penyisihan Detergen dan Fosfat dengan Ketebalan Media

Parameter	Sig.
Detergen	0.012*
Fosfat	0.210

*berbeda nyata

Pada Gambar 6 ditampilkan konsentrasi DO, pH, suhu dan TDS efluen filter selama percobaan. Pada rangkaian kolom seri 1, nilai pH yang didapatkan selama 14 hari percobaan adalah 6,42-6,81, sedangkan pada kolom seri 2 berkisar pada 6,73-6,37 menunjukkan kondisi pH efluen dalam kondisi netral. Oksigen terlarut (DO) yang didapat berkisar antara 2,25-4,5 mg/L pada efluen rangkaian seri 1, dan 2,4 - 4,1 mg/L pada efluen rangkaian seri 2. Suhu air pada efluen kedua rangkaian seri berkisar antara 24,4-

25,7°C untuk efluen pada rangkaian seri 1, sedangkan pada efluen rangkaian seri 2 berkisar pada 24,5 - 25,85°C. Untuk TDS pada efluen rangkaian seri 1 pada rentang 65-131,5 ppm, sedangkan pada efluen rangkaian seri 2 pada rentang 46-123 ppm, yang berkaitan dengan pengurangan padatan terlarut pada efluen dengan dua rangkaian kolom seri 2 lebih tinggi dibandingkan satu kolom saja.



Gambar 6. Kondisi Lingkungan pH, DO, Suhu dan TDS pada Efluen Filter

Tabel 3. Korelasi *Pearson* antara Detergen dan Fosfat dengan Kondisi Lingkungan

Parameter		pH	DO (mg/L)	Suhu (°C)	TDS (ppm)
Detergen	r	-0,216	0,435	0,188	-0,506
	Sig.	0,002	0,501	0,158	0,048
Fosfat	r	-0,208	0,230	0,542	-0,687*
	Sig.	0,516	0,472	0,069	0,013

Hasil analisis korelasi (Tabel 3) menunjukkan bahwa konsentrasi detergen memiliki hubungan signifikan dengan beberapa parameter kualitas air. Detergen berkorelasi negatif dengan pH ($r = -0.216$; $sig = 0.002$) dan TDS ($r = -0.506$; $sig = 0.048$), yang berarti peningkatan kadar detergen cenderung menurunkan tingkat keasaman air serta total padatan terlarut (Yanuar, dkk., 2024). Hal ini sejalan dengan sifat detergen yang dapat mengubah keseimbangan kimia air melalui kandungan surfaktan, sehingga memengaruhi kestabilan ion dan padatan terlarut. Sementara itu, hubungan detergen dengan DO, suhu, dan salinitas tidak signifikan, menunjukkan bahwa pengaruh detergen terhadap parameter tersebut tidak cukup kuat untuk digeneralisasi.

Berbeda dengan detergen, fosfat menunjukkan korelasi yang lebih kuat terhadap beberapa parameter kualitas air pada penelitian ini. Fosfat memiliki hubungan negatif yang signifikan dengan TDS ($r = -0,687$; $sig = 0,013$), serta hubungan positif dengan suhu ($r = 0,542$; $sig = 0,069$) meskipun tidak signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan fosfat dapat menurunkan kadar garam terlarut dan total padatan terlarut (Kushwaha & Srivastav, 2023; Massimi & Yahia, 2021), sementara kecenderungan hubungan dengan suhu menunjukkan bahwa fosfat lebih mudah terakumulasi pada kondisi perairan dengan temperatur lebih tinggi. Secara umum, baik detergen maupun fosfat cenderung menurunkan kualitas perairan, di mana fosfat tampak memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan detergen terhadap perubahan salinitas dan TDS.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian mengenai potensi biochar tempurung kelapa dan busa poliuretan (rasio volume 2:1) dalam menyisihkan detergen pada eksperimen filter selama 14 hari percobaan, didapatkan bahwa terjadi penurunan efluen detergen dari konsentrasi awal 0,701 mg/L menjadi 0,21-0,43 mg/L pada efluen filter seri 1 dan 0,19-0,33 efluen filter seri 2. Efisiensi penyisihan detergen pada filter rangkaian seri 1 dan 2 berturut-turut adalah 39-70% dan 53-72%. Sementara itu, pada parameter fosfat dengan konsentrasi awal 1,303 mg/L, filter rangkaian seri 1 mampu menurunkan kadar menjadi 0,33-0,84 mg/L dengan efisiensi 35-74%, sedangkan filter rangkaian seri 2 menghasilkan konsentrasi akhir yang lebih rendah yakni 0,14-0,66 mg/L dengan efisiensi 50-89%. Hasil penelitian menunjukkan filter dengan dua rangkaian seri lebih baik dalam menyisihkan detergen dan fosfat daripada

satu kolom filter saja. Penyisihan yang lebih tinggi pada filter seri 2 disebabkan oleh waktu retensi aliran yang lebih lama sehingga meningkatkan peluang kontak antara air limbah dengan permukaan biochar dan busa poliuretan. Kondisi ini memungkinkan proses adsorpsi, penyaringan, dan penjerapan ion terjadi lebih optimal. Dengan demikian, kombinasi biochar tempurung kelapa dan busa poliuretan berpotensi besar untuk diaplikasikan sebagai media filtrasi alternatif yang ramah lingkungan dalam meningkatkan kualitas air limbah rumah tangga.

ACKNOWLEDGMENT

LPPM Universitas Andalas untuk pendanaan publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Artiyani, A., & Firmansyah, N. H. (2016). Kemampuan Filtrasi Upflow Pengolahan Filtrasi Up Flow Dengan Media Pasir Zeolit Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fosfat Dan Deterjen Air Limbah Domestik. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 6(1), 8-15.
- Cristaldi, A., Fiore, M., Zuccarello, P., Oliveri Conti, G., Grasso, A., Nicolosi, I. & Ferrante, M. (2020). Efficiency of wastewater treatment plants (WWTPs) for microplastic removal: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 17(21), 8014.
- ^aEdwin, T., Mera, M., & Komala, P. S. (2023). Impact of pyrolysis temperature on the removal of nutrients using coarse rice-husk biochar. *Journal of Ecological Engineering*, 24(12).
- ^bEdwin, T., Putra, A. A., & Olivia, D. (2023). Variasi suhu pirolisis pembuatan biochar jerami padi dalam penyisihan fosfat dan amonium pada air limpasan pertanian. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(2), 444-448.
- ^aEdwin, T., Putra, A. A., & Olivia, D. (2024, May). Potential of rice straw waste biochar for nitrate removal from agricultural wastewater. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2891, No. 1). AIP Publishing.
- ^bEdwin, T., Mera, M., Komala, P. S., Zulkarnaini, Z., & Nabila, A. S. (2024). Penyisihan Nitrat Menggunakan Kolom dengan Media Biochar dan Busa Poliuretan. *Dampak*, 21(2), 1-6.
- Edwin, T., Komala, P. S., Mera, M., Zulkarnaini, Z., & Jamil, Z. (2025). Coconut shell biochar as a sustainable approach for nutrient removal from agricultural wastewater. *Journal of Water and Land Development*, 177-184.
- Jornitz, M. W. (Ed.). (2019). *Filtration and purification in the biopharmaceutical industry*. CRC Press.
- Kaetzl, K., Lübken, M., Gehring, T., & Wichern, M. (2018). Efficient low-cost anaerobic treatment of wastewater using biochar and woodchip filters. *Water*, 10(7), 818.
- Koohsaryan, E., Anbia, M., & Maghsoodlu, M. (2020). Application of zeolites as non-phosphate detergent builders: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104287.
- Kushwaha, G. J., & Srivastav, S. (2023). Water quality assessment of Kuwano River, Basti (UP) India, with reference to statistical analysis. *Environment Conservation Journal*, 24(4), 221-230.
- Massimi, M., & Yahia, A. (2021). Regression and correlation analyses between water chemical traits of acidity (pH) and electrical conductivity.

- Pelu, N., Tabaika, R., & Umagap, W. A. (2022). Pengaruh Bahan Pencemar (Detergen) terhadap Kelangsungan Hidup Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 2(2), 149. <https://doi.org/10.46339/alnafis.v2i2.913>
- Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Pungut, P., Al Kholif, M., & Pratiwi, W. D. I. (2021). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (Cod) Dan Fosfat Pada Limbah Laundry Dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 155-165.
- Setiawan, F. (2019). Daur Ulang Air Bekas Cucian Kendaraan Menggunakan Reaktor Konfigurasi Filter Zeolit Termodifikasi (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Unpas).
- SNI 6989-31-2021, Cara Uji Ortofosfat Dan Total Fosfor Menggunakan Spektrofotometer DGN Reduksi Asam Askorbat
- SNI 06-6989.51-2005 Cara Uji Surfaktan Anionik
- Ula, M. M., & Latif, W. A. (2012). Fixed bed adsorption for wastewater treatment. *Universiti Malaysia Pahang*.
- Yatule, Y. (2016). Efektivitas Adsorpsi dengan Arang Aktif dalam Rangkaian Sistem Pengolahan Limbah Cair Cuci Mobil di Jl. Tidar Kota Malang (Doctoral Dissertation, ITN Malang).
- Caesar, N. R., Yanuhar, U., Faqih, A. R., Anitasari, S., Ciptadi, G., Musa, M., ... & Wardani, N. P. (2024). Correlation between Water Quality and Surfactant Pollution in the Porong River. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 117, p. 01010). EDP Sciences.