

**KOMBINASI AERASI TERDIFUSI, BIOSAND FILTER DAN KARBON AKTIF UNTUK MENGOLAH LIMBAH DOMESTIK****COMBINATION OF DIFFUSED AERATION, BIOSAND FILTER AND ACTIVE CARBON FOR TREATING DOMESTIC WASTE**

**Indah Nurhayati dan M. Syafi'i**

*Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya;*

*Jl. Dukuh Menanggal XII/4 Surabaya, 60234, Indonesia*

*E-mail : indahnurhayati@unipasby.ac.id*

**ABSTRAK**

*Biosand filter adalah salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk mengolah air limbah domestik skala rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kombinasi aerasi, biosand filter dan adsorpsi dalam menurunkan COD dan fosfat, mengkaji pengaruh debit terhadap penurunan COD dan fosfat. Reaktor terdiri dari bak aerasi volume 50 L dengan aerator terdifusi dengan tipe TAKARI AT-350, kolom biosand filter dari pipa PVC 8" tinggi 75 cm dengan media pasir halus, pasir kasar dan kerikil, dan kolom adsorpsi dari pipa PVC 6" tinggi 15 cm dengan adsorben karbon aktif granul. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan sistem batch. Variasi yang digunakan adalah debit aliran 0,9 ml/detik dan 3,6 ml/detik. Reaktor beroperasi selama 7 hari, pengambilan sampel dilakukan setiap hari pada inlet dan outlet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil debit semakin tinggi penurunan COD dan fosfat. BSF1 debit 0,9 ml/detik dapat menurunkan COD sebesar 92% dan fosfat 88%; BSF2 debit 3,6 ml/detik dapat menurunkan COD sebesar 75% dan fosfat 78%.*

**Kata Kunci :** Aerasi, Air Limbah Domestik, Biosand Filter, Karbon Aktif.

**ABSTRACT**

*The biosand filter is a technology that can be applied to treat domestic wastewater on a household scale. This study aims to analyze the combination of aeration, biosand filter, and adsorption in reducing COD and phosphate, examine the effect of discharge on the reduction of COD and phosphate. The reactor consists of an aeration tank with a volume of 50 L with a diffused aerator of the TAKARI AT-350 type, a biosand filter column made of 8" PVC pipe 75 cm high with fine sand, coarse sand and gravel media, and an adsorption column made of 6" PVC pipe 15 cm high, with granular activated carbon adsorben. Research on a laboratory scale with a batch system. Variations used are flow rates of 0.9 ml/second and 3.6 ml/second. The reactor operates for 7 days, sampling is done every day at the inlet and outlet. The results showed that the smaller the discharge, the higher the decrease in COD and phosphate. BSF1 discharge of 0.9 ml/second can reduce COD by 92% and phosphate by 88%; BSF2 of 3.6 ml/second can reduce COD by 75% and phosphate by 78%.*

**Keywords:** Activated Carbon, Aeration, Biosand Filter, Domestic Wastewater.

## 1. PENDAHULUAN

Pencemaran air di Surabaya tidak hanya disebabkan oleh limbah industri, tetapi juga disumbang oleh air limbah domestik. Kuantitas limbah domestik semakin tahun semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, karena sekitar 60 – 80% air bersih yang digunakan masyarakat akan terbuang menjadi limbah domestik (Susanthi et al., 2018). Limbah cair domestik dapat berasal dari pemukiman, perkantoran, restoran, pasar, usaha laundry. Meningkatnya penggunaan detergen di masyarakat dan belum terolahnya limbah domestik dengan baik mengakibatkan tingginya kandungan fosfat dalam air limbah domestik. Salah satu dampak tingginya fosfat dalam air limbah adalah eutrofikasi. Eutrofikasi salah satunya ditandai terjadinya pertumbuhan alga yang cepat, sehingga organisme lain dalam perairan terganggu kehidupannya (Majid et al., 2017).

Untuk mengurangi pencemaran air, diperlukan teknologi pengolahan yang dapat diterapkan dalam skala rumah tangga. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk mengolah limbah domestik adalah biosand filter. *Biosand filter* merupakan salah satu teknologi pengolahan yang dapat diterapkan dalam skala rumah tangga, biayanya relatif terjangkau, desainnya sederhana, mudah perawatannya (Asadiya & Karnaningroem, 2018; Napotnik et al., 2021). Proses dalam *biosand filter* hampir sama dengan *slow sand filter*, air melewati media dengan kecepatan rendah dan terbentuk biofilm (Sarwono et al., 2017).

Jika dibandingkan dengan *slow sand filter*, *biosand filter* mempunyai laju filtrasi yang lebih tinggi, sehingga cocok untuk skala rumah tangga. Laju filtrasi *biosand filter* yang dianjurkan bervariasi antara 0.4 -1.1 m/jam (Guan et al., 2020). *Biosand filter* dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan kandungan zat organik yang tinggi. pengolahan secara fisika dan biologi terjadi dalam *biosand filter*. Komponen utama *biosand filter* adalah pasir halus. Media yang sering digunakan dalam *k* adalah kerikil dan pasir yang disusun berurutan. Air limbah dalam biosand filter akan melewati pasir dan kerikil, sehingga akan membentuk lapisan biologi (biofilm) dari mikroorganisme. Lapisan biologis inilah yang berfungsi untuk menguraikan dan menyaring secara fisik zat organik dalam air limbah (Sizirici, 2018). Dengan terbentuknya biofilm akan meningkatkan kinerja *biosand filter* (Guan et al., 2020).

Sudah banyak penelitian pengolahan limbah dengan *biosand filter* (Asadiya & Karnaningroem, 2018; Guan et al., 2020; Yulistianto & Karnaningroem, 2014). Pengolahan air limbah domestik dengan aerasi, sedimentasi dan biosand filter dengan variasi ketebalan media dapat menurunkan *Total Suspended Solids* (TSS) 90.89%, *Chemical Oxygen Demand* (COD) 59.3%, Fosfat 22.82% (Yulistianto & Karnaningroem, 2014). *Biosand filter* dengan media pasir, kerikil, pasir kasar, pasir halus dan karbon aktif dapat menurunkan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) 67.01% dan TSS 81.99% air limbah laundry (Asadiya & Karnaningroem, 2018). *Biosand filter* dapat menurunkan TSS air sungai sebesar 67% dan kekeruhan 90% (Kurniawan et al., 2021). *Biosand filter* dengan biochar jerami gandum menurunkan bakteri *E. coli* 84% sedangkan dengan biochar kayu 79% (Guan et al., 2020).

Aerasi merupakan proses mengontakkan air dengan udara secara alami atau dengan mekanik, sehingga oksigen masuk ke dalam air (Asadiya & Karnaningroem, 2018). Aerasi dapat menambah kadar oksigen terlarut dalam air limbah sehingga proses biologis mikroorganisme dapat tumbuh optimal (Ratnawati et al., 2020). Proses aerasi diperlukan dalam pengolahan

limbah domestik secara biologis, karena mikroorganisme aerob akan menguraikan zat organik dalam limbah menjadi zat organik yang lebih sederhana (Sumada et al., 2021).

Penggunaan aerasi dalam pengolahan limbah sudah banyak dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir. Kombinasi aerasi dan pengolahan biologis limbah cair industri pakan ternak dapat menurunkan BOD 89,18 % dan COD 78,4% (Sumada et al., 2021). Pengolahan limbah domestik dengan aerasi, pengendapan dan filtrasi dapat menurunkan zat organik 93,14%, Nitrogen (N) 99,81%, *Total Dissolved Solids* (TDS) 84,76% dan TSS 99,97% (Asadiya & Karnaningroem, 2018).

Karbon aktif mempunyai luas permukaan sekitar 300-350 m<sup>2</sup>/g sehingga kemampuan daya serap terhadap senyawa organik dan anorganik, antara 25-100% (Utomo et al., 2018). Pengolahan limbah laboratorium kimia dengan karbon aktif ampas tebu dapat menurunkan TDS 31 % dan perak (Ag) 24% (Nurhayati et al., 2018). Pengolahan limbah laundry menggunakan karbon aktif dapat menurunkan surfaktan anionic 74%, fosfat dari 14.148 menjadi tidak terdeteksi (Utomo et al., 2018). Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis kombinasi aerasi, *biosand filter* dan adsorpsi dalam menurunkan COD dan fosfat, dan mengkaji pengaruh debit terhadap penurunan COD dan fosfat air limbah domestik.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Desain Biosand Filter

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium, menggunakan reaktor yang terdiri dari bak aerasi, kolom *biosand filter* dan kolom adsorpsi. Bak aerasi terbuat dari plastik dengan volume 50 L. Aerator yang digunakan aerator akuarium model TAKARI AT 350. Kolom *biosand filter* terbuat dari pipa PVC 8'' tinggi 75 cm. Media *biosand filter* disusun dari bawah ke atas yaitu kerikil diameter 6-12 mm setebal 5 cm, pasir kasar diameter 0.7- 6 mm setebal 5 cm, pasir halus diameter  $\leq 0,7$  mm setebal 50 cm, bagian atas media adalah ruang kosong 5 cm yang digunakan untuk mempertahankan ketinggian air yang diolah  $\pm 5$  cm. Kolom adsorpsi terbuat dari pipa PCV 6'' tinggi 15 cm, diisi media karbon aktif granul.

Air limbah dialirkan secara gravitasi dengan aliran *downflow* melalui pipa berlubang yang ada ditengah media, agar air terdistribusi merata ke dalam media. Pipa outlet berada di atas *biosand filter*. Reaktor kombinasi aerasi, *biosand filter* dan adsorpsi ditunjukan pada Gambar 1.

### 2.2 Bahan

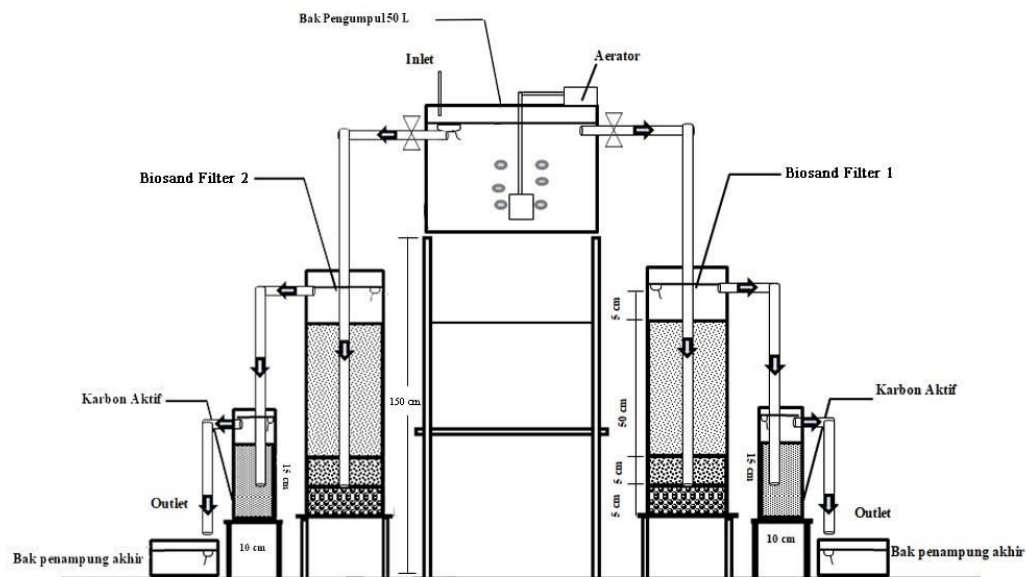
Media pasir dan kerikil didapatkan dari daerah sekitar Surabaya. Sebelum digunakan media dicuci sampai bersih dan dikeringkan menggunakan sinar matahari. Media diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam sesuai yang diinginkan. Air limbah domestik diambil dari *drainase* pemukiman penduduk Kelurahan Nginden-Jangkungan, Kota Surabaya Jawa Timur.

### 2.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2020. Lokasi penelitian di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya dan analisis fosfat dilakukan di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Jawa Timur

## 2.4 Proses Seeding dan Aklimatisasi

*Seeding* dan *aklimatisasi* dilakukan secara alami (Dhuhan et al., 2021), dilakukan secara *batch* dengan merendam media *biosand filter* menggunakan air limbah domestik, dengan ketinggian air dipertahankan sekitar 5 cm. *Seeding* dan *aklimatisasi* dilakukan sampai terbentuk *biofilm*. Untuk mengetahui keberhasilan *seeding* dan *aklimatisasi* dilakukan uji konsentrasi COD dan terbentuknya lapisan *biofilm* yang menandai terjadinya pertumbuhan bakteri. Proses *aklimatisasi* dikategorikan berhasil jika terjadi penurunan COD 50% (Rahayu, 2018).



Gambar 1. Reaktor Biosand Filter

## 2.5 Running Biosand Filter

Langkah penelitian adalah sebagai berikut air limbah domestik dialirkan ke dalam bak aerasi, untuk diaerasi menggunakan difusser aerator. Dari bak aerasi air limbah dialirkan secara gravitasi ke dalam *biosand filter 1* (BSF1) dan *biosand filter 2* (BSF2) menggunakan pipa yang dilengkapi dengan pengatur debit, seperti pada Gambar 1. BSF1 air limbah dialirkan dengan debit 0.9 ml/detik kecepatan aliran 0.103 m/jam dan BSF 2 dialiri air limbah dengan debit 3.6 ml/detik dengan kecepatan alir 0.412 m/jam. Air limbah akan mengisi media BSF melalui pipa berlubang yang diletakkan ditengah-tengah media sehingga air limbah merata melewati media. Ketinggian genangan air limbah dalam BSF dipertahankan  $\pm 5$  cm. dari kolom BSF air dialirkan ke dalam kolom adsorpsi karbon aktif secara gravitasi menggunakan pipa berlubang yang diletakkan di tengah-tengah karbon aktif. Pengambilan sampel dilakukan pada inlet dan outlet setiap hari selama 7 hari untuk analisis kadar COD, dan fosfat. Analisis COD dengan metode APHA 5220 C, Ed 23, 2017,  $\text{PO}_4\text{-P}$  dengan metode APHA 4500 P-E, Ed 23, 2017

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakteristik Limbah Domestik

Kualitas air limbah sebelum diolah disajikan dalam Tabel 1 dan secara visual terlihat keruh, tersaji dalam Gambar 2. Berdasarkan parameter COD, BOD limbah domestik belum memenuhi baku mutu air limbah domestik yang dipersyaratkan sesuai Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016, tentang Baku Mutu Limbah Domestik. Tingginya kadar kadar BOD dalam limbah domestik mengindikasikan bahwa air limbah mengandung zat organik yang mudah terurai oleh mikroorganisme tinggi sehingga menyebabkan oksigen dalam air tinggi (Ratnawati & Ulfah, 2020). Kadar COD limbah domestik yaitu 156 mg/L, menunjukkan bahwa air limbah domestik mengandung zat organik yang yang mudah dan sulit diuraikan secara biologi sangat tinggi (Nurhayati, dkk. 2019). Rasio BOD/COD sebesar 0.45 masih dalam kisaran 0.3-0.8, menunjukkan bahwa air limbah cocok untuk diolah dengan pengolahan biologis (Nurhayati et al., 2019).

**Tabel 1.** Karakteristik Awal Limbah Domestik

| Parameter           | Satuan | Baku Mutu* | Sebelum Pengolahan |
|---------------------|--------|------------|--------------------|
| COD                 | mg/L   | 100        | 156.6              |
| BOD                 | mg/L   | 30         | 70.5               |
| PO <sub>4</sub> – P | mg/L   | 10**       | 12.9               |
| DO                  | mg/L   | -          | 1.5                |
| pH                  | -      | 6-9        | 7.7                |
| Suhu                | °C     | -          | 26.9               |

Keterangan:

\*) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 (*Regulation of the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia No. P.68 of 2016, Concerning Domestic Waste Quality Standards., n.d.*).

\*\*) Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 (Jawa Timur, 2014).

Baku mutu limbah domestik sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016, tidak mengatur fosfat, sehingga parameter Fosfat (PO<sub>4</sub>-P) mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014, tentang baku mutu air limbah untuk industri minyak nabati, sabun/detergen. Tingginya kadar fosfat dalam limbah domestik disebabkan tingginya penggunaan detergen di masyarakat dan air limbah langsung dibuang ke drainase tanpa adanya pengolahan. Salah satu bahan baku dari detergen adalah fosfat (Palilingan et al., 2019). Tingginya konsentrasi fosfat dapat memicu pertumbuhan alga di air permukaan. Apabila pertumbuhan alga berlebihan (*eutrifikasi*) menyebabkan tidak lancarnya saluran air, berkurangnya oksigen di dalam air sehingga kehidupan biota air terganggu (Nurhayati et al., 2021; Utomo et al., 2018). Kadar oksigen terlarut (DO) dalam air limbah rendah sehingga diperlukan penambahan oksigen terlarut agar biota air dapat hidup optimal. Penambahan oksigen dapat dilakukan dengan aerasi dan *biosand filter*. pH air limbah sebelum diolah sudah sesuai dengan baku mutu yang ditentukan.

Air limbah setelah diolah secara visual terlihat jernih dan tidak berwarna, seperti tersaji dalam Gambar 2. Konsentrasi COD setelah pengolahan pada BSF1 dan BSF2 masing-masing 14.7 mg/L dan 44.4 mg/L. Konsentrasi akhir fosfat BSF1 sebesar 1.6 mg/L dan BSF2 2.9 mg/L.



a. Sebelum Pengolahan

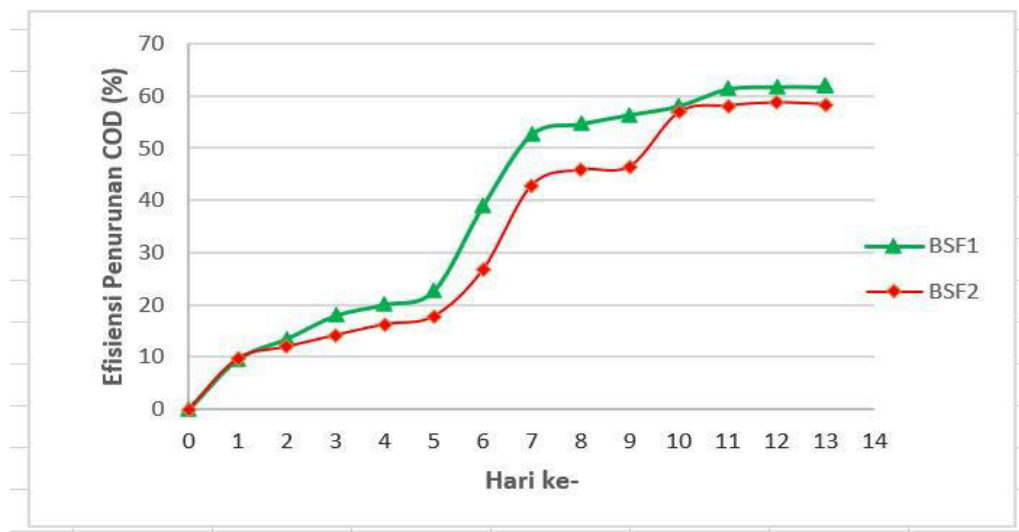


b. Sesudah Pengolahan

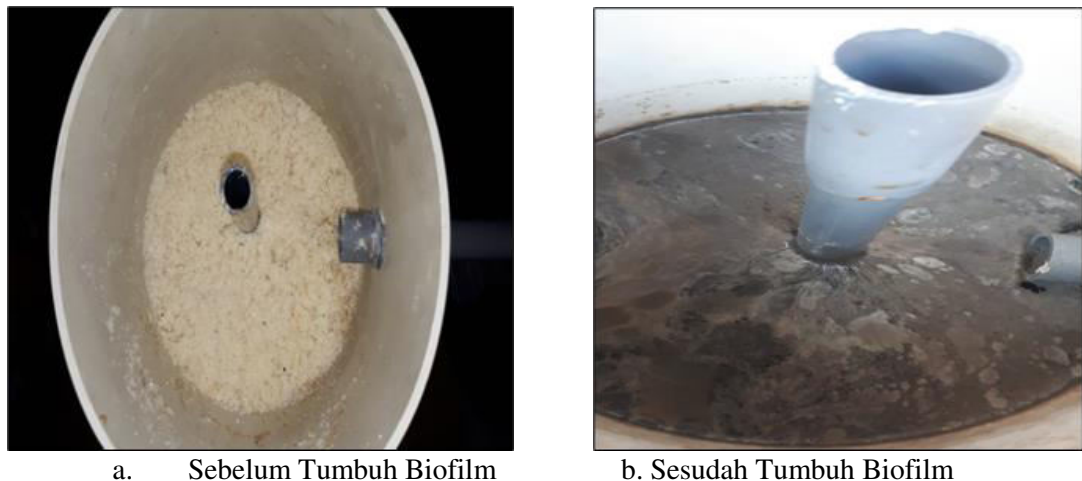
**Gambar 2.** Air Limbah Sebelum dan Sesudah Pengolahan

### 3.2 Seeding dan Aklimatisasi

Proses *seeding* dan *aklimatisasi* dilakukan sampai terbentuk biofilm selama 13 hari. Analisis COD dilakukan setiap hari. Penurunan COD selama proses *seeding* dan *aklimatisasi* disajikan dalam Gambar 3, menunjukkan bahwa kolom BSF1 dan BSF2 selama 13 hari konsentrasi COD mengalami penurunan  $\geq 50\%$ . Hal ini mengindikasikan bahwa mikroorganisme mendegradasi zat organik yang berada dalam air limbah domestik (Rahayu, 2018).

**Gambar 3.** Efisiensi Penurunan COD Proses *Seeding* dan *Aklimatisasi*

*Seeding* dan *aklimatisasi* pada BSF1 lebih cepat berhasil dari pada BSF2. BSF1 pada hari ke-7 mengalami penurunan COD mencapai 53%, sedangkan BSF2 pada hari ke-10 mencapai 57%. Penurunan COD tertinggi terjadi pada hari ke-13, pada BSF1 dan BSF2 masing-masing sebesar 62% dan 58%. *Seeding* dan *aklimatisasi* sudah berhasil mulai hari ke-10, karena sudah terbentuk biofilm dan penurunan COD pada BSF1 dan BSF2 sudah mencapai di atas 50% dan penurunannya sudah stabil (Rahayu, 2018). Biofilm pada proses *seeding* dan *aklimatisasi* disajikan dalam Gambar 3.



**Gambar 4.** Biofilm Proses *Seeding* dan Aklimatisasi

### 3.3 Removal COD

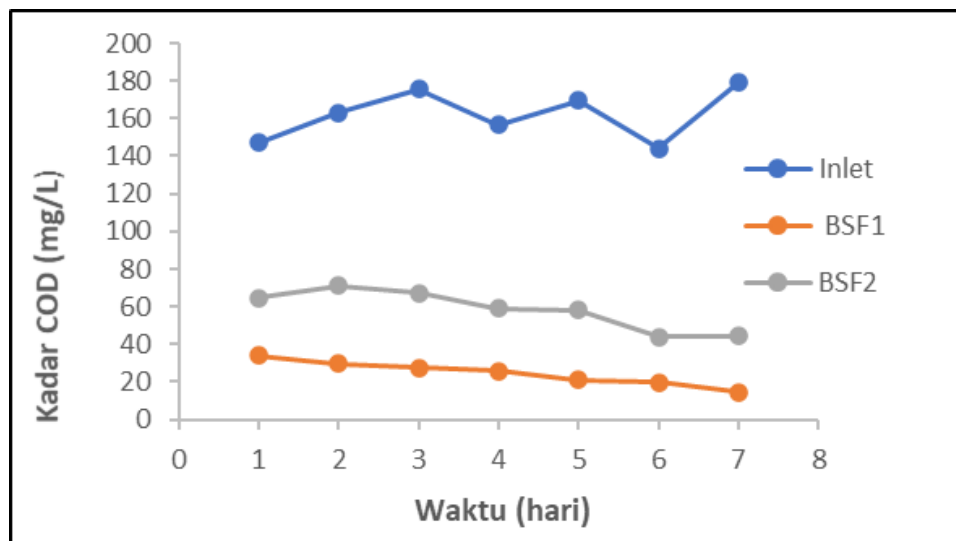
Gambar 5 menunjukkan konsentrasi COD air limbah selama penelitian. Konsentrasi COD pada inlet selama 7 hari fluktuatif, antara 143 - 179 mg/L dan semua berada pada kondisi belum memenuhi baku mutu PERMEN LHK No 68 Tahun 2016. Konsentrasi COD pada outlet BSF1 mulai hari pertama sampai hari ke-7 antara 14 - 4 mg/L, pada BSF2 antara 44 - 67 mg/L. Konsentrasi COD pada outlet sudah memenuhi baku mutu PERMEN LHK No 68 Tahun 2016. Penurunan COD pada BSF1 dan BSF2 pada hari ke-7 masing-masing 75% dan 92%.

Konsentrasi COD mengalami penurunan yang signifikan baik pada reaktor BSF1 dan BSF2. Penurunan COD terjadi karena adanya lapisan biofilm dalam BSF yang merupakan koloni dari mikroorganisme. Zat organik dalam air limbah terdegradasi oleh mikroorganisme yang berada dalam BSF menjadi senyawa yang lebih sederhana (Rahayu, 2018). Dalam pertumbuhannya mikroorganisme memerlukan zat organik sebagai sumber nutrisi, sehingga zat organik semakin berkurang (Ratnawati & Ulfah, 2020; Said, 2017). Mikroorganisme akan menghasilkan enzim *protease* yang dimanfaatkan untuk menguraikan senyawa organik menjadi lebih sederhana. Degradasi zat organik berjalan optimal juga disebabkan adanya proses aerasi yang dilakukan sebelum air limbah dialirkan ke BSF. Aerasi akan menambah kadar oksigen dalam air limbah sehingga mikroorganisme tumbuh optimal (Ratnawati et al., 2020). Karbon aktif dalam kolom adsorpsi juga mempunyai peran dalam menyerap zat organik dalam air limbah domestik (Utomo et al., 2018).

Debit aliran berpengaruh terhadap penurunan COD. BSF1 dengan debit 0.9 ml/detik dan kecepatan aliran 0.103 m/jam dapat menurunkan COD lebih tinggi dari pada BSF2 dengan debit 3.6 ml/detik dan kecepatan aliran 0.412 m/jam. Selama 7 hari penelitian penurunan COD mengalami peningkatan. Pada hari pertama BSF1 dapat menurunkan COD dari 147.1 mg/L menjadi 33.9 mg/L (77%), dan pada hari ke-7 penurunan COD dari 179 mg/L menjadi 14.7 mg/L (92%). BSF2 pada hari pertama dapat menurunkan COD dari 147.1 mg/L menjadi 64.6 mg/L (56%), dan pada hari ke-7 COD mengalami penurunan dari 179 mg/L menjadi 44.4 mg/L (75%).

Debit aliran berkaitan dengan masa tinggal air limbah di dalam reaktor. Debit kecil mengakibatkan semakin lama air limbah tinggal dalam reaktor, sehingga kontak antara biomassa dengan air limbah juga semakin lama, penurunan COD juga meningkat, karena degradasi biologis yang berlangsung baik (Bastom, 2015). Pada debit yang kecil efektivitas karbon aktif dalam menyerap zat organik juga meningkat. Hal tersebut dikarenakan debit kecil mengakibatkan kontak adsorben dengan zat organik lebih lama, sehingga permukaan adsorben mempunyai kesempatan untuk bersinggungan dengan zat organik dan mengakibatkan zat organik akan terserap lebih banyak di dalam pori-pori karbon aktif (Nurhayati et al., 2020).

Penelitian ini dapat menurunkan COD lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya, yaitu pengolahan limbah domestik dengan BSF selama 20 hari dapat menurunkan BOD 67% (Ratnawati & Ulfah, 2020). Penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya pengolahan air sungai dengan biosand filter dengan variasi kecepatan alir tidak berpengaruh terhadap penurunan zat organik  $\text{KMnO}_4$ , tetapi berpengaruh terhadap penurunan kekeruhan, dan *E. coli*, semakin kecil kecepatan alir semakin tinggi penurunan kekeruhan dan total *Coliform* (Sarwono et al., 2017).



Gambar 5. Konsentrasi COD Selama Penelitian

### 3.4 Removal Fosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )

Konsentrasi  $\text{PO}_4\text{-P}$  selama penelitian disajikan pada Gambar 6. Konsentrasi fosfat pada inlet selama 7 hari fluktuatif antara 10.3 - 13.0 mg/L, dan sudah sesuai dengan Baku Mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014. Air limbah setelah diolah menggunakan kombinasi aerasi, BSF dan adsorpsi karbon aktif konsentrasi fosfat mengalami penurunan secara signifikan baik pada BSF1 dan BSF2. Konsentrasi fosfat pada outlet BSF1 selama 7 hari, antara 1.6 - 5.2 mg/L, dan pada BSF2 antara 2.9 - 6.8 mg/L. Air limbah diolah dengan Konsentrasi fosfat setelah diolah dengan kombinasi aerasi, BSF dan adsorpsi karbon aktif sudah memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi aerasi, BSF dan adsorpsi karbon aktif dapat menurunkan fosfat limbah domestik secara signifikan.

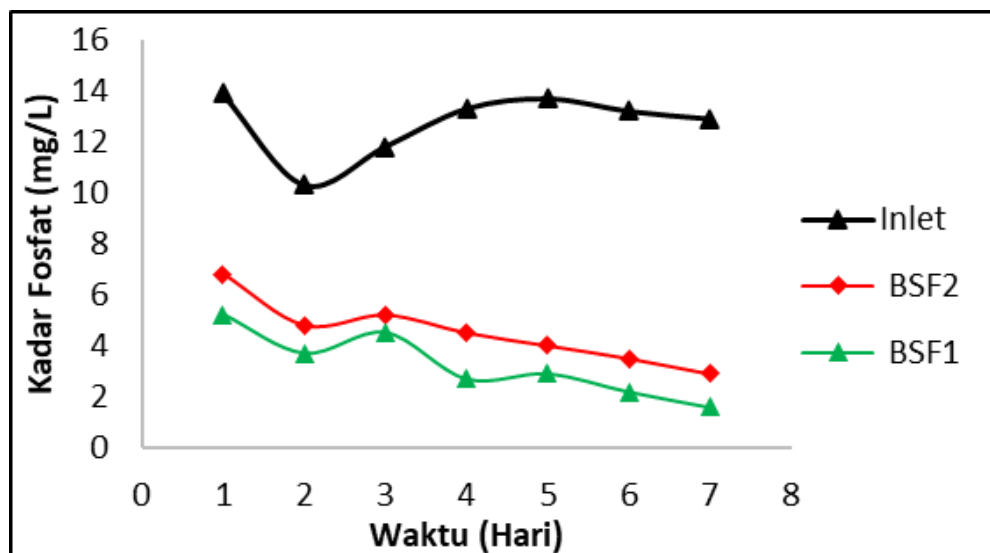
Penurunan fosfat terjadi karena media dalam BSF ditumbuhi mikroorganisme yang membentuk *biofilm* dan akan menguraikan fosfat dalam air limbah (Sinaga et al., 2020). Mikroorganisme memanfaatkan fosfat sebagai nutrient (Kusuma et al., 2019). Air limbah domestik pada umumnya mengandung polifosfat yang berasal dari detergen. Polifosfat dalam air limbah akan dirubah menjadi ortofosfat yang akan diuraikan oleh mikroorganisme.

Debit berpengaruh terhadap efisiensi penurunan konsentrasi  $\text{PO}_4\text{-P}$  dengan metode *aerasi* terdifusi, *biosand filter* dan *karbon aktif*. BSF1 dengan debit 0,9 ml/detik lebih efektif menurunkan kadar  $\text{PO}_4\text{-P}$  dibandingkan dengan BSF2 dengan debit 3,6 ml/detik. BSF1 mulai hari pertama sampai ke-7 dapat menurunkan fosfat sebesar 63%, 64%, 62%, 80%, 79%, 83% dan 88%, sedangkan pada BSF2 adalah 51%, 53%, 56%, 66%, 70%, 73%, 78%.

Debit air yang kecil mengakibatkan waktu tinggal air limbah di dalam BSF dan kolom adsorpsi semakin lama. Semakin lama kontak air limbah dengan mikroorganisme dalam BSF mengakibatkan degradasi fosfat semakin tinggi. Semakin lama air limbah tinggal dalam kolom adsorpsi juga memberikan kesempatan karbon aktif untuk menyerap fosfat lebih banyak.

Penambahan aerasi dalam reaktor BSF akan menambah oksigen dalam air sehingga menambah jumlah mikroorganisme dalam BSF dan semakin banyak pula fosfat yang digunakan mikroorganisme sebagai nutrient. Menurut (Essa, 2017), bahwa semakin lama durasi aerasi dalam pengolahan limbah RS dengan *Sequencing Batch Biofilter Granul Reaktor* semakin tinggi removal  $\text{PO}_4$ .

Selama 7 hari penelitian kombinasi aerasi, BSF dan adsorpsi dapat menurunkan fosfat tertinggi 88%. Pada penelitian terdahulu pengolahan limbah laundry dengan biosand selama 30 hari dapat menurunkan fosfat dari 19.1 menjadi 4.3 mg/L, dengan penurunan 77% (Sinaga et al., 2020).



Gambar 6. Konsentrasi Fosfat Selama Penelitian

#### 4. KESIMPULAN

Pengolahan air limbah domestik dengan kombinasi *aerasi* terdifusi, *biosand filter* dan *karbon aktif* dengan menggunakan variasi debit dapat disimpulkan bahwa semakin kecil debit semakin tinggi penurunan COD dan fosfat; BSF1 debit 0,9 ml/detik dapat menurunkan COD sebesar 92% dan fosfat 88%; BSF2 debit 3,6 ml/detik dapat menurunkan COD sebesar 75% dan fosfat 78%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asadiya, A., & Karnaningroem, N. (2018). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28923>
- Bastom, B. M. (2015). Kajian Efek Aerasi Pada Kinerja Biofilter Aerob Dengan Media Bioball Untuk Pengolahan Air Limbah Budidaya Tambak Udang. *Tugas Akhir*.
- Dhuan, Fitria, L., & Kadaria, U. (2021). Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Hotel. *Teknik Lingkungan Basah*, 09(2), 51–61.
- Essa, N. (2017). *Aplikasi Sequencing Batch Biofilter Granular Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Dalam Skala laboratorium*. Institut Sepuluh Nopember.
- Guan, P., Prasher, S. O., Afzal, M. T., George, S., Ronholm, J., Dhiman, J., & Patel, R. M. (2020). Removal of Escherichia coli from lake water in a biochar-amended biosand filtering system. *Ecological Engineering*, 150(March), 105819. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105819>
- Jawa Timur, G. (2014). *Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 Tentang Perubahan atas Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*.
- Regulation of the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia No. P.68 of 2016, concerning Domestic Waste Quality Standards. [http://neo.kemenperin.go.id/files/hukum/19 Permen LHK th 2016 No. P.63 Baku Mutu Air Limbah Domestik.pdf](http://neo.kemenperin.go.id/files/hukum/19%20Permen%20LHK%20th%202016%20No.%20P.63%20Baku%20Mutu%20Air%20Limbah%20Domestik.pdf)
- Kurniawan, A. P., Nahdi, M. S., & Aisah, S. (2021). *Modifikasi Biosand Filter Pasir Gumuk Sebagai Upaya Pengelolaan Air Sungai Gadjahwong Yogyakarta*. 6(1).
- Kusuma, D. A., Fitria, L., & Kadaria, U. (2019). Pengolahan Limbah Laundry Dengan Metode Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbr) (Laundry Wastewater Treatment Using Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbr) Method). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 7(1), 001–010. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v7i1.31882>
- Majid, M., Amir, R., Umar, R., & Hengky, H. K. (2017). Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Pada Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Usaha Laundry Di Kota Parepare Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional IKAKESMADA “Peran Tenaga*

*Kesehatan Dalam Pelaksanaan SDGs, ” 85–91.*

- Napotnik, J. A., Baker, D., & Jellison, K. L. (2021). Influence of sand depth and pause period on microbial removal in traditional and modified biosand filters. *Water Research*, 189, 116577. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116577>
- Nurhayati, I., Ratnawati, R., & Sugito. (2019). Effects of potassium and carbon addition on bacterial algae bioremediation of boezem water. *Environmental Engineering Research*, 24(3), 495–500. <https://doi.org/10.4491/EER.2018.270>
- Nurhayati, I., Ratnawati, R., Sutrisno, J., Pramana, Y. B., & Oktavitri, N. I. (2021). Microalgae *Scenedesmus* sp potential in phytoremediation of kalidami retention pond with potassium and carbon addition. *Pollution Research*, 40(1), 194–198.
- Nurhayati, I., Sutrisno, J., & Zainudin, M. S. (2018). Pengaruh Konsentrasi Dan Waktu Aktivasi Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Ampas Tebu Dan Fungsinya Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Laboratorium. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 16(1), 62–71. <https://doi.org/10.36456/waktu.v16i1.1491>
- Nurhayati, I., Vigiani, S., & Majid, D. (2020). Penurunan Kadar Besi ( Fe ), Kromium ( Cr ), COD dan BOD Limbah Cair Laboratorium dengan Pengenceran ., *Ecotrophic*, 14(1), 74–87.
- Palilingan, S. C., Pungus, M., & Tumimomor, F. (2019). Penggunaan kombinasi adsorben sebagai media filtrasi dalam menurunkan kadar fosfat dan amonia air limbah laundry. *Fullerene Journal of Chemistry*, 4(2), 48. <https://doi.org/10.37033/fjc.v4i2.59>
- Rahayu, R. (2018). Penyisihan Konsentrasi COD dalam Proes seeding dan aklimitasi secara anaerob dengan sistem curah menggunakan Fluidized Bed Reactor. *Semnastek*, 2, 1–6.
- Ratnawati, R., Nurhayati, I., & Sari, V. Y. (2020). Pengaruh Konsentrasi Unsur Kalium, Karbon, dan Aerasi pada Bioremediasi Air Limbah Boezem dengan High Rate Algae Pond. *Teknik*, 41(2), 119–125. <https://doi.org/10.14710/teknik.v0i0.24518>
- Ratnawati, R., & Ulfah, S. L. (2020). Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan Biosand Filter. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 8–14. <https://doi.org/10.14710/jil.18.1.8-14>
- Said, N. I. (2017). Aplikasi Bio-Ball Untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean. *Jurnal Air Indonesia*, 1(1).
- Sarwono, E., Rohmahendi, A., & Setiawan, Y. (2017). *Pengaruh Kecepatan Alir Pada Reaktor Biosand Filter Dalam Instalasi Pengolahan Air Bersih Pada Air Sungai Karang Mumus*. 1(1), 9–17.
- Sinaga, M. S., Astuti, S. W., & Gultom, E. (2020). Degradation of phosphat in laundry waste

with biosand filter method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 801(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/801/1/012067>

- Sizirici, B. (2018). Modified biosand filter coupled with a solar water pasteurizer: Decontamination study. *Journal of Water Process Engineering*, 23(April), 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.04.008>
- Sumada, K., Chaerani, N. C., Priambodho, M. D. W. I., & Saputro, E. A. D. I. (2021). *Pengolahan Limbah Cair Industri Pakan Ternak dengan Kombinasi Proses Aerasi dan Biologi Aerob Wastewater Treatment of Animal Feed Industry Using Combination of Aeration and Biological Aerobic Process*. 22(2), 249–256.
- Susanthi, D., Purwanto, M. Y., & Suprihatin, S. (2018). Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 229. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i2.2834>
- Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Rosyidah, A., Shafwah, O. M., Naashihah, L. K., Nurfitria, N., & Ullfindrayani, I. F. (2018). Penurunan Kadar Surfaktan Anionik dan Fosfat dalam Air Limbah Laundry di Kawasan Keputih, Surabaya menggunakan Karbon Aktif. *Akta Kimia Indonesia*, 3(1), 127–140.
- Yulistianto, R., & Karnaningroem, N. (2014). *Analisis kinerja aerasi, bak pengendap, dan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.