

Penggunaan *slow sand filter* dalam pengolahan air gambut untuk menurunkan turbiditas dan kandungan senyawa organik

The use of slow sand filter in peat water treatment to reduce turbidity and organic compound content

Utami Irawati^{1*}, Nugi Maulana¹, Tety Wahyuningsih Manurung²

¹Program Studi Kimia Fakultas MIPA, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

²Program Studi Kimia Fakultas MIPA, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

Abstrak.

Slow Sand Filter (SSF) atau Saringan Pasir Lambat (SPL) adalah salah satu teknologi sederhana yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh waktu retensi dan umur filter terhadap kemampuan SSF untuk mengolah air gambut, dalam hal penurunan turbiditas dan kadar senyawa organik dalam air gambut. Sebagai pembanding, sampel air gambut yang digunakan juga diolah menggunakan filter arang aktif. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini menunjukkan bahwa dalam pengolahan air gambut menggunakan SSF dan filter arang, waktu retensi berpengaruh terhadap penurunan turbiditas dan kandungan senyawa organik. Filter arang membutuhkan waktu retensi yang lebih rendah untuk memberikan penurunan turbiditas yang optimal dibandingkan dengan *slow sand filter*. Waktu retensi yang memberikan hasil optimal untuk penurunan turbiditas untuk filtrasi menggunakan arang aktif adalah selama 2 jam, dan untuk SSF dibutuhkan waktu minimal 3 jam. Waktu retensi juga sangat berpengaruh dalam penurunan kadar senyawa organik, yang kemungkinan berkaitan dengan siklus hidup bakteri dalam SSF dan kesetimbangan adsorpsi dalam filter arang. Umur filter pasir juga mempengaruhi kinerja SSF, dimana umur filter yang lebih lama akan memberikan penurunan kadar senyawa organik yang lebih baik.

Abstract.

Slow Sand Filter (SSF) is a simple technology to improve water quality. In this research, the effect of retention time and filter age towards the effectivity of SSF in decreasing turbidity and organic content in peat water was investigated. Another filter using commercial activated carbon was also used to treat the peat water samples as a comparison. The results of this study shows that retention time affects the effectivity of SSF and activated carbon in decreasing turbidity and organic contents. Activated carbon needed a lower retention time to give an optimal turbidity decrease compared to SSF. While activated carbon needed 2 hours of retention time to give an optimum result in decreasing turbidity, SSF needed at least 3 hours of retention time. Retention time appeared to also significantly affect the decrease in organic content. This is probably due to the life cycle of the bacteria living in the SSF and the time it took to have a sorption equilibrium in the activated carbon filter. The age of the filter also significantly affects the performance of SSF, in which older filter gave better results in removing organic content in peat water

Keywords: sand filter, peat water, turbidity, filtration

Kata kunci: saringan pasir, air gambut, turbiditas, filtrasi

1. PENDAHULUAN

Air gambut merupakan salah satu air tanah atau air permukaan yang banyak ditemukan di daerah rawa dan dataran rendah, terutama di Sumatera dan Kalimantan. Beberapa karakteristik air gambut antara lain adalah intensitas warna yang tinggi (merah kecokelatan), derajat keasaman tinggi (nilai pH rendah), kandungan senyawa organik tinggi, dan kekeruhan rendah (Kusnaedi 2006).

* Korespondensi Penulis
Email : uirawati@ulm.ac.id

Warna air gambut dapat menjadi indikator kadar zat organik yang terkandung di dalamnya. Warna yang semakin pekat menunjukkan makin tingginya kandungan zat organik dalam air gambut tersebut (Suherman dan Sumawijaya 2013). Karakteristik air gambut, terutama dari segi turbiditas/kekeruhan dan warnanya menyebabkan air gambut tidak layak-digunakan untuk tujuan konsumsi. Oleh karena itu, agar air gambut dapat menjadi air bersih yang selanjutnya dapat digunakan untuk keperluan konsumsi, diperlukan pengolahan terhadap air gambut tersebut. Salah satu teknologi pengolahan air yang dapat digunakan adalah teknologi *Slow Sand Filter* (SSF) atau yang juga dikenal sebagai Saringan Pasir Lambat (SPL).

Filtrasi dengan metode *slow sand filter* adalah filtrasi partikel tanpa melalui perlakuan kimia, seperti koagulasi. Teknologi ini disebut sebagai penyaringan lambat karena laju filtrasinya yang rendah (0,1-0,4 m³/jam). Rendahnya kecepatan ini dikarenakan pasir yang digunakan berdiameter kecil, antara 0,15–0,35 mm. Prinsip kerja SSF adalah penguraian senyawa organik yang menjadi pengotor dalam air oleh aktivitas mikroorganisme pada lapisan biofilm (*schmutzdecke*) yang terbentuk pada permukaan pasir (Indrawati 2016). Menurut Loh et al. (2022), kinerja SSF dipengaruhi antara lain oleh laju filtrasi dan kedalaman lapisan. Kecepatan air lambat akan memberikan hasil yang baik sedangkan apabila terjadi peningkatan kecepatan filter akan mengakibatkan partikel yang telah terjebak dalam pasir terlepas sehingga menyebabkan kekeruhan. Kedalaman pasir yang lebih tinggi akan menghasilkan efisiensi yang baik.

Penggunaan SSF dalam pengolahan air telah dilakukan dalam beberapa penelitian. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Herlina (2018), penggunaan SSF dapat memperbaiki kekeruhan air sungai dari berwarna kecokelatan menjadi bening hingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Hamidah et al. (2022) melaporkan bahwa penggunaan SSF pada pengolahan air sungai dapat menurunkan BOD dan COD hingga 60,00% dan 68,33%. Nafisah et al. (2021) juga menggunakan SSF untuk mengolah air sungai, rata-rata penurunan turbiditas setelah pengolahan dengan SSF mencapai 94,48%.

Berdasarkan potensi air gambut yang ada di Indonesia, khususnya di Kalimantan Selatan, maka perlu dilakukan penelitian kinerja SSF dalam pengolahan air gambut menggunakan *slow sand filter*. Dalam penelitian ini, SSF digunakan untuk mengolah air gambut, dilakukan pengamatan pengaruh dari waktu retensi air di dalam SSF dan umur filter terhadap parameter yang diuji, yaitu kekeruhan dan kadar zat organik.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi dan waktu penelitian

Sampel air gambut yang diambil berasal dari kawasan Gambut, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. Perakitan SSF dan filter arang serta analisis kadar senyawa organik dalam sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru. Analisis turbiditas dilakukan di Laboratorium PDAM Bandarmasih Banjarmasin.

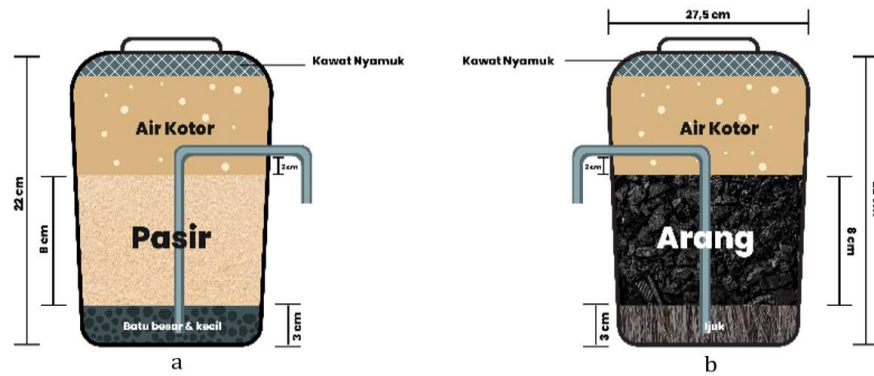
2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1. Pengambilan sampel

Sampel diambil di sepanjang pinggiran sungai dan dilakukan di 6 titik yang berbeda. Sampel dimasukkan ke dalam botol 5 L dan galon 19 L sebelum dibawa ke laboratorium. Selanjutnya ke dalam sampel ditambahkan H_2SO_4 setiap 1 mL untuk 1 liter sampel sebagai langkah pengawetan sampel.

2.2.2. Perakitan filter

Pertama disiapkan ember dengan kapasitas 10 L. Pada dinding ember, dibuat lubang yang 1 cm sebagai *outlet* untuk mengalirkan efluen. Gromet dan pipa dimasukkan ke dalam ember kemudian direkatkan. Pada bagian dasar ember dimasukkan batu besar dan batu kecil dengan ketinggian 3 cm. Pasir halus yang berukuran 0,40 sampai 0,70 mm dimasukkan ke dalam ember dengan ketinggian 8 cm. Kawat nyamuk dipasang di atas ember. Pada ember dimasukkan air sampai menggenang dengan ketinggian maksimum 5 cm. Filter arang dirakit dengan cara yang sama, dengan ketebalan arang 8 cm. **Gambar 1** menunjukkan susunan medium yang ada di dalam SSF dan filter arang.



Gambar 1. Susunan dari (a) *Slow Sand Filter* dan (b) *Filter Arang*.

2.2.3. Filtrasi sampel

Sebanyak 2 L air gambut dimasukkan ke dalam filter. Untuk tahap pertama, waktu retensi yang diamati adalah 0 menit, lubang outlet dibuka dan efluen yang keluar dari filter ditampung. Untuk tahap kedua, waktu retensi yang diamati adalah 1 jam, sebanyak 2 L air gambut dimasukkan ke dalam filter dalam keadaan lubang outlet tertutup, sehingga air tertahan di dalam filter. Air yang ada di dalam filter didiamkan selama satu jam, kemudian lubang outlet dibuka. Sebanyak 2 L air gambut yang baru dimasukkan lagi ke dalam filter sehingga sampel yang telah tertahan selama 1 jam di dalam filter mengalir keluar, dan posisinya dalam filter digantikan sampel air yang baru. Lubang outlet ditutup kembali dan sampel air yang baru dimasukkan didiamkan selama waktu retensi selanjutnya yang diamati. Kisaran waktu retensi yang diamati adalah sebesar 0, 1, 2, 3, 6, 8, 10, 12, 18, dan 24 jam. Percobaan dilakukan kembali dengan interval waktu 1 minggu hingga diperoleh 3 variasi usia filter (1, 2 dan 3 minggu). Prosedur yang sama dilakukan dengan menggunakan filter arang.

2.2.4. Analisis turbiditas

Prosedur analisis kekeruhan dilakukan berdasarkan SNI 06.6989.25-2005 tentang air dan air limbah, menggunakan turbidimeter merek HACH model 2100Q sesuai manual penggunaan alat. Turbidimeter dikalibrasi dengan menggunakan blanko yang telah diisi akuades. Setelah itu, blanko dimasukkan ke dalam alat, tombol *zero* dan *read* ditekan hingga menunjukkan 0 NTU. Air gambut dimasukkan ke dalam kuvet sebanyak 1 mL, ditambahkan akuades hingga tanda batas tabung tertutup, tombol *read* ditekan sebanyak 1 kali dan alat dibiarkan hingga menunjukkan nilai pembacaan. Nilai kekeruhan air gambut yang telah diamati kemudian dicatat.

2.2.5. Analisis kadar senyawa organik

Analisis zat organik KMnO_4 dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.22-2004 tentang Air dan Air Limbah-Bagian 22: Cara Uji Nilai Permanganat secara Titrimetri. Sampel air gambut diambil sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 300 mL, lalu ditambahkan batu didih ke dalamnya sebanyak 3 butir. Kemudian, sampel ditambahkan dengan KMnO_4 0,01 N hingga terjadi perubahan warna. Asam sulfat 8 N bebas zat organik ditambahkan sebanyak 5 mL. Langkah selanjutnya, dilakukan pemanasan dengan temperatur 105°C , dalam pemanasan apabila tercium bau dari H_2S pendidihan diteruskan selama beberapa menit. Larutan baku KMnO_4 0,01 N di pipet sebanyak 10 mL, larutan baku asam oksalat 0,01 N di pipet sebanyak 10 mL. Larutan kemudian di titrasi dengan kalium permanganat 0,01 N sampai terjadi perubahan warna menjadi merah muda.

2.2.6. Prosedur analisis data

Data mentah yang diperoleh adalah nilai turbiditas sampel (dalam satuan NTU) dan angka permanganat yang menunjukkan kadar senyawa organik dalam sampel (dalam satuan mg/L). Data tersebut diolah hingga diperoleh data akhir berupa persentase penurunan turbiditas dan persentase penurunan kadar senyawa organik. Seluruh data numerik yang diperoleh ditabulasikan ke dalam tabel, kemudian dinyatakan secara visual dalam bentuk grafik.

2.2.7. Penurunan turbiditas

Nilai turbiditas sampel dicatat sesuai dengan hasil pengukuran yang ditampilkan pada layar turbidimeter. Persentase penurunan turbiditas (ΔT) dihitung dengan membandingkan turbiditas sampel awal (T_i) dengan nilai turbiditas sampel setelah filtrasi (T_f) menggunakan **Persamaan 1** berikut:

$$\Delta T (\%) = \frac{T_i - T_f}{T_i} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

ΔT = Penurunan turbiditas

T_i = turbiditas mula-mula

T_f = turbiditas akhir

2.2.8. Penurunan kadar senyawa organik

Kadar senyawa organik dinyatakan dalam angka permanganat, dan dihitung dari hasil titrasi sampel menggunakan kalium permanganat. Perhitungan kadar senyawa organik ($[C_{org}]$) dilakukan menggunakan **Persamaan 2** berikut:

$$[C_{org}](mg/L) = \frac{[10-a]b-(10 \times c)]1 \times 31,6 \times 1000}{d} \times f \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

a = volume $KMnO_4$ 0,01 N yang dibutuhkan pada titrasi

b = normalitas $KMnO_4$ yang sebenarnya

c = normalitas asam oksalat

d = volume contoh

f = faktor pengenceran air gambut.

Persentase penurunan turbiditas ($\Delta[C_{org}]$) dihitung dengan membandingkan turbiditas sampel awal ($[C_{org}]_i$) dengan nilai turbiditas sampel setelah filtrasi ($[C_{org}]_f$) menggunakan **Persamaan 3** berikut:

$$\Delta[C_{org}] (\%) = \frac{[C_{org}]_i - [C_{org}]_f}{[C_{org}]_i} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

$\Delta[C_{org}]$ = Penurunan kadar senyawa organik

$[C_{org}]_i$ = kadar senyawa organik mula-mula

$[C_{org}]_f$ = kadar senyawa organik akhir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

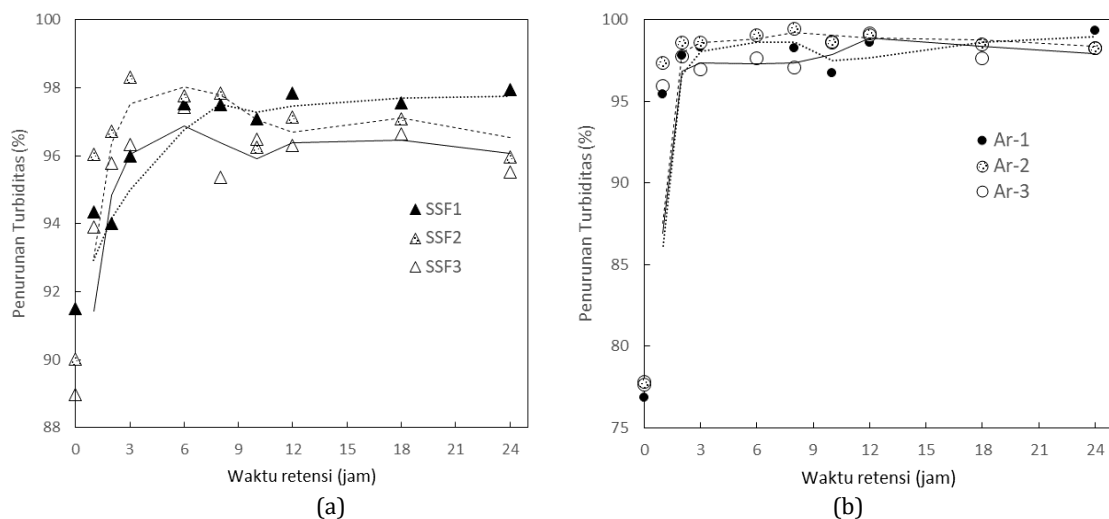
Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh waktu retensi dan umur filter untuk menurunkan turbiditas dan kadar senyawa organik dalam air gambut. Sampel air gambut yang digunakan dalam penelitian diambil dari salah satu sungai di daerah Gambut, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. **Gambar 2** menunjukkan pengambilan sampel dan sampel yang siap dibawa ke laboratorium.



Gambar 2. Pengambilan sampel dan sampel air gambut.

3.1. Pengaruh waktu retensi dan umur filter terhadap penurunan turbiditas

Kekeruhan air disebabkan oleh keberadaan berbagai macam partikel tersuspensi di dalam air, seperti: pasir halus, lumpur, tanah liat, dan senyawa organik. Sampel air gambut memiliki kekeruhan awal yang sangat tinggi, yaitu rata-rata sebesar 64,7 NTU. Nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan baku mutu air yang digunakan untuk keperluan higiene dan sanitasi berdasarkan PerMenKes Nomor 2 Tahun 2023, yaitu maksimal 3 NTU. Menurut Sutapa (2014), salah komponen utama yang menyebabkan kekeruhan air gambut adalah partikel organik tersuspensi yang ada di dalam air gambut. **Gambar 3** menunjukkan persentase penurunan turbiditas air gambut setelah pengolahan menggunakan (a) SSF dan (b) filter arang.



Gambar 3. Penurunan turbiditas setelah pengolahan menggunakan (a) *Slow Sand Filter*; (b) filter arang.

Gambar 3 (a), SSF1, SSF2 dan SSF3 berturut-turut adalah hasil dari pengolahan air gambut menggunakan SSF berusia 1 minggu (SSF1), 2 minggu (SSF2) dan 3 minggu (SSF3). **Gambar 3** (b), notasi Ar-1, Ar-2, dan Ar-3 berturut-turut menyatakan filter arang berusia 1, 2 dan 3 minggu. Hasil yang ditunjukkan pada **Gambar 3** menunjukkan bahwa pengolahan air gambut menggunakan *Slow Sand Filter* dan filter arang aktif dapat menurunkan turbiditas dengan sangat efektif. Pengolahan menggunakan SSF dapat menurunkan turbiditas hingga sekitar 98% dari turbiditas semula. Bahkan dalam pengolahan dengan menggunakan filter arang, penurunan turbiditas mencapai sekitar 99% dari turbiditas semula.

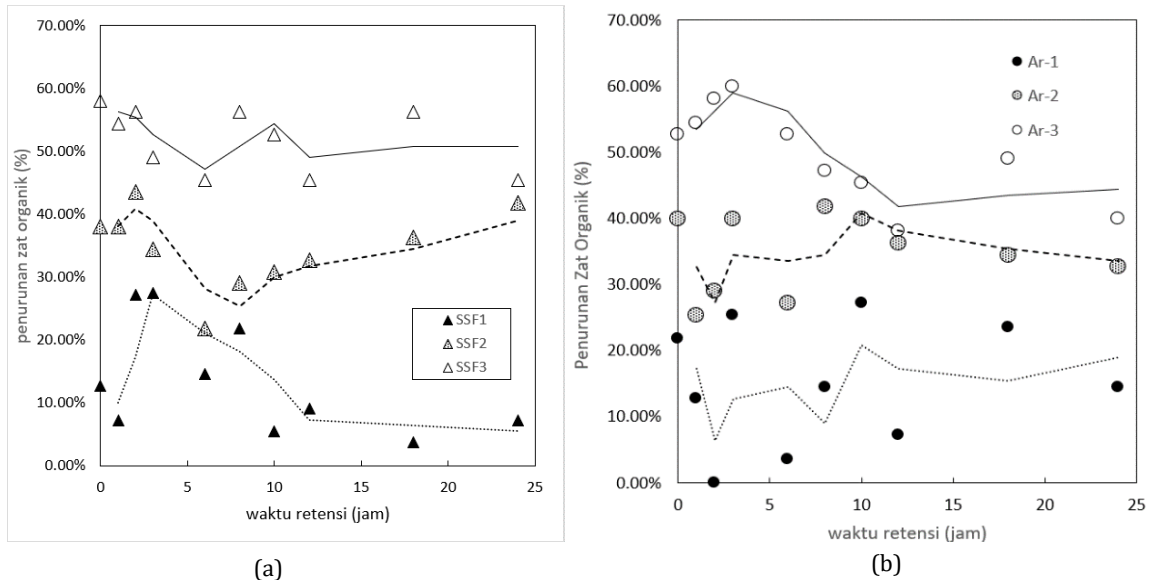
Penurunan turbiditas setelah pengolahan menggunakan SSF terjadi melalui proses filtrasi yang dapat melibatkan proses fisika (partikel pengotor terjebak di dalam pori-pori pasir), dan proses biologi melalui aktivitas mikroorganisme yang terdapat di dalam filter (Josephinne et al. 2009). Lapisan *schmutzdecke* adalah lapisan biologis (*biofilm*) pada medium pasir dimana organisme non-patogenik tumbuh dan berkembang biak (Lubarsky et al. 2022; Maiyo et al. 2023). Lapisan *schmutzdecke* terbentuk karena polutan yang memasuki filter dan melalui lapisan ini merupakan nutrisi bagi mikroorganisme yang ada di dalam lapisan *schmutzdecke* (Ayuningtyas et al. 2014). Jenis mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang di dalam lapisan *schmutzdecke* bergantung pada jenis senyawaan yang masuk ke dalam filter, sehingga asal jenis limbah juga menjadi salah satu faktor yang menentukan jenis mikroorganisme yang ada di dalam lapisan *schmutzdecke* (Ni'matuzahroh et al. 2022; Danley-Thomson et al. 2018).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam pengolahan menggunakan SSF, waktu retensi dan usia filter mempengaruhi efektivitas SSF dalam menurunkan turbiditas. Untuk memperoleh hasil yang memuaskan (turbiditas akhir <2 NTU) dibutuhkan waktu retensi setidaknya 6 jam. Hal ini dikarenakan penurunan turbiditas dalam SSF berlangsung melalui degradasi senyawa organik penyebab kekeruhan oleh aktivitas mikroorganisme yang berkembang di dalam lapisan *schmutzdecke* (Liu et al. 2019), sehingga dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk menguraikan pengotor. Adapun dari segi umur filter, semakin tua usia filter, semakin baik efektivitas SSF untuk menurunkan turbiditas, karena pertumbuhan mikroorganisme pada lapisan *schmutzdecke* menjadi makin baik. Sebagaimana yang dilaporkan oleh Trikanad et al. (2023), tingkat kematangan lapisan *schmutzdecke* adalah salah satu faktor utama yang menentukan efektivitas kinerja *slow sand filter*.

3.2. Pengaruh waktu retensi dan umur filter terhadap penurunan kadar senyawa organik

Air gambut memiliki kandungan senyawa organik dengan kadar yang sangat tinggi. Tingginya kadar senyawa organik di dalam air gambut sering kali menyebabkan air gambut menjadi keruh, berwarna kecokelatan dan berbau. Rata-rata kadar senyawa organik mula-mula dari air gambut yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1758,74 mg/L.

Penentuan kadar senyawa organik di dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan titrasi permanganometri dengan prosedur sesuai SNI. Kadar senyawa organik yang tersisa dalam air gambut setelah pengolahan menggunakan SSF dan filter arang untuk setiap waktu retensi ditunjukkan pada **Gambar 4**. **Gambar 4(a)** menampilkan perubahan kadar senyawa organik setelah diolah dengan SSF, dan **Gambar 4(b)** menampilkan perubahan kadar senyawa organik setelah diolah dengan menggunakan filter arang.



Gambar 4. Penurunan kadar senyawa organik setelah pengolahan menggunakan (a) Slow Sand Filter; (b) filter arang.

Gambar 4(a) menunjukkan perubahan kadar senyawa organik setelah diolah dengan SSF dimana SSF1, SSF2 dan SSF3 masing-masing adalah SSF yang berusia 1, 2 dan 3 minggu. Dari grafik pada **Gambar 4** tersebut, tidak ada hubungan yang konsisten antara penurunan kadar zat organik dengan waktu retensi air di dalam filter. Bahkan nilai penurunan yang diperoleh cenderung naik turun. Hal ini kemungkinan besar dikarenakan lapisan mikroorganisme yang diharapkan dapat menguraikan senyawa organik belum terbentuk dengan sempurna. Indikasi ini terlihat dari hasil yang diperoleh dari 3 kali percobaan. Hasil percobaan ketiga (SSF3) lebih baik daripada percobaan pertama dan kedua (SSF 1 dan SSF2).

Dalam percobaan ini, kemungkinan lapisan *schmutzdecke* masih berada dalam masa aklimatisasi sehingga lapisan tersebut masih belum stabil. Selain itu, melihat pola % penurunan yang serupa antara percobaan pertama hingga ketiga, kemungkinan tingkat penguraian senyawa organik yang terjadi sangat dipengaruhi oleh siklus hidup mikroorganisme pada lapisan *schmutzdecke*. Sebagaimana yang dilaporkan oleh Ekadewi dan Hadi (2018), pada interval waktu tertentu mikroorganisme di dalam SSF tidak dapat mengurai senyawa organik yang ada.

Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Sze *et al.* (2021) yang menunjukkan inkonsistensi dalam penurunan COD dan BOD. Hal ini dikarenakan pengotor mula-mula yang tertahan di lapisan pasir terurai perlahan-lahan pada akhirnya akan melepaskan bahan organik dan kemudian ikut lepas bersama efluen. Berdasarkan riset yang dilakukan oleh Josephinne *et al.* (2009), lapisan aktif biologis yang mendegradasi bahan organik membutuhkan waktu yang cukup lama untuk tumbuh pada media permukaan filter setidaknya 2 sampai 3 bulan. Faktor lain yang juga dapat mempengaruhi kemampuan SSF dalam menurunkan kadar senyawa organik dalam penelitian ini adalah ketebalan media pasir. Sebagaimana yang disebutkan oleh Maryani *et al.* (2014), tebalnya media dalam *slow sand filter* berpengaruh terhadap lamanya pengaliran, besarnya daya saring, dan tempat hidup mikroorganisme. Penambahan tebal media pasir akan meningkatkan pula peningkatan bakteri, sehingga peruraian senyawa pengotor oleh mikroorganisme akan menjadi semakin baik pula (Liu *et al.* 2023).

Adapun untuk penurunan senyawa organik oleh filter arang, sebagaimana hasil yang ditunjukkan dalam **Gambar 4(b)**, penurunan senyawa organik oleh filter arang masih tidak stabil yang dapat dilihat dari pola penurunan kadar zat organik yang masih tidak teratur. Bahkan data dari tiga kali percobaan menunjukkan bahwa kadar zat organik di dalam air gambut yang telah diolah masih belum memenuhi baku mutu berdasarkan PerMenKes No 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan PP No 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, yaitu maksimal 3 NTU. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar senyawa organik yang sebelumnya sempat terikat atau terjebak pada medium arang terlarut kembali. Dengan kata lain, adsorpsi senyawa organik oleh arang memerlukan waktu yang cukup panjang untuk mencapai kesetimbangan atau membentuk ikatan yang kuat sehingga tidak lagi terlepas.

Jika dibandingkan, filter arang dan SSF tidak jauh berbeda dalam penurunan zat organik dalam air gambut. Rata-rata persentase penurunan zat organik oleh filter arang hanya sedikit lebih besar daripada *slow sand filter* yaitu 33,21%, sedangkan *slow sand filter* yaitu 32,12%. Hal ini mengindikasikan bahwa selain mekanisme fisika ada mekanisme lain yang terjadi dalam penyisihan senyawa organik, mengingat dengan porositas arang yang lebih besar ($\phi_{\text{arang}} = 0,72$), penurunan kadar senyawa organik tidak jauh berbeda dengan *slow sand filter*, porositas pasir jauh lebih kecil ($\phi_{\text{pasir}} = 0,44$). Selain itu, pada percobaan ketiga, SSF mulai memberikan hasil yang hampir sama baik dengan filter arang, yang kemungkinan besar dikarenakan pada saat tersebut, lapisan *schmutzdecke* dalam SSF sudah mulai berkembang dengan lebih baik.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa waktu retensi berpengaruh terhadap penurunan turbiditas air gambut yang diolah menggunakan SSF, dalam percobaan ini dibutuhkan waktu retensi minimal 3 jam. Terkait dengan penurunan kadar senyawa organik melalui pengolahan menggunakan SSF, selain waktu retensi, siklus hidup mikroorganisme juga berpengaruh terhadap penurunan zat organik dalam air gambut. Faktor lain yang juga berpengaruh dalam pengolahan air gambut menggunakan SSF adalah umur filter yang digunakan, karena hal ini berhubungan erat dengan kematangan lapisan *schmutzdecke* (lapisan mikroorganisme) dalam SSF yang berperan besar dalam mengurangi pengotor dalam air gambut.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak PDAM Bandarmasih Kota Banjarmasin yang membantu memfasilitasi instrumen turbidimeter.

6. DAFTAR PUSTAKA

Ayuningtyas AA, Fitriani NN dan Hadi WW. 2014. Pengaruh ketebalan media geotextile dan arah aliran slow sand filter rangkaian seri untuk menyisihkan P total dan N total. Jurnal Teknik ITS 3(1):26–29.

- Danley-Thomson AA, Huang EC, Worley-Morse T and Gunsch CK. 2018. Evaluating the role of total organic carbon in predicting the treatment efficacy of biosand filters for the removal of *Vibrio cholerae* in drinking water during startup. *Journal of applied microbiology* 125(3):917-928.
- Ekadewi CY dan Hadi W. 2018. Studi kinerja Slow Sand Filter dengan bantuan lampu Light Emitting-Diode (LED) putih. *Jurnal Teknik ITS* 7(1):207-212.
- Hamidah LN, Sari UEK dan Oktavia L. 2022. Pengolahan air sungai menggunakan Slow Sand Filter sistem downflow dalam menurunkan COD dan BOD. *Journal of Research and Technology* 8(1):133-140.
- Herlina S. 2018. Metode Slow Sand Filter dan pengukuran MPN Coliform sebagai upaya peningkatan kualitas air sungai di Pekapuran Raya Banjarmasin. *Journal Islamic Medicine* 2(1):26-33.
- Indrawati D. 2016. Efektivitas sand filter dalam meningkatkan kualitas air sumur menjadi air minum menggunakan parameter Fe dan TDS [Disertasi]. Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Josephinne, Notodarmojo S and Irsyad M. 2009. Evaluation of single stage dry Slow Sand Filter in removing some physical pollutants from surface water (case study : Cikapundung River). Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Kusnaedi. 2006. Mengolah air kotor untuk air minum. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Liu L, Fu Y, Wei Q, Liu Q, Wu L, Wu J and Huo W. 2019. Applying bio-slow sand filtration for water treatment. *Polish Journal of Environmental Studies* 28(4):2243-2251.
- Liu HL, Li X and Li N. 2023. Application of bio-slow sand filters for drinking water production: Linking purification performance to bacterial community and metabolic functions. *Journal of Water Process Engineering* 53:103622.
- Lubarsky H, Fava NDMN, Souza-Freitas BL, Terin UC, Oliveira M, Lamon AW, Pichel N, Byrne JA, Sabogal-Paz LP and Fernandez-Ibañez P. 2022. Biological layer in household slow sand filters: characterization and evaluation of the impact on systems efficiency. *Water* 14(7):1078.

- Loh ZZ, Zaidi NS, Yong EL, Syafiuddin A, Boopathy R and Kadier A. 2022. Current status and future research trends of biofiltration in wastewater treatment: a bibliometric review. *Current Pollution Reports* 8(3):234–248.
- Maiyo JK, Dasika S and Jafvert CT, 2023. Slow Sand Filters for the 21st Century: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20(2):1019.
- Maryani D, Masduqi A dan Moesriati A. 2014. Pengaruh ketebalan media dan rate filtrasi pada sand filter dalam menurunkan kekeruhan dan total coliform. *Jurnal Teknik ITS* 3(2):D76–D81.
- Nafisah N, Fitrawati N, Ridwan R, Jannah F, Rahimah PJ dan Irawati U. 2021. Slow sand filter untuk pengolahan air di Desa Pekauman Ulu, Kalimantan Selatan. *Jurnal Pengabdian ILUNG (Inovasi Lahan Basah Unggul)* 1(2):73–80.
- Ni'matuzahroh, Fitriani N, Nuswantara EN, Affandi M, Prasongsuk S and Kurniawan SB. 2022. Isolation and characterization of schmutzdecke in slow sand filter for treating domestic wastewater. *Journal of Ecological Engineering* 23(11):76-88.
- PerMenKes (Peraturan Menteri Kesehatan) No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.
- Suherman D dan Sumawijaya N. 2013. Menghilangkan warna dan zat organik air gambut dengan metode koagulasi-flokulasi suasana basa. *Riset Geologi Dan Pertambangan* 23(2):125–137.
- Sutapa IDA. 2014. Perbandingan efisiensi koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dan aluminium sulfat dalam menurunkan turbiditas air gambut dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Riset Geologi Dan Pertambangan* 24(1):13–21.
- Sze YS, Aris A, Zaidi NS and Bahrodin MB. 2021. Performance of sand filtration system with different sand bed depth for polishing wastewater treatment. *Journal of Environmental Treatment Techniques* 9(2):452–457.
- Trikannad SA, van Halem D, Foppen JW and van der Hoek JP. 2023. The contribution of deeper layers in slow sand filters to pathogens removal. *Water Research* 237:119994.