

Pengolahan Air Sungai Menggunakan *Slow Sand Filter* Sistem *Downflow* dalam Menurunkan COD dan BOD

Laily Noer Hamidah*, Urifatus Eka Kurnia Sari, dan Lily Oktavia

Teknik Lingkungan, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo, Sidoarjo, Indonesia

*lailynoerhamidah.tkl@unusida.ac.id

OPEN ACCESS

Citation: Laily Noer Hamidah, Urifatus Eka Kurnia Sari, dan Lily Oktavia. 2022. Pengolahan Air Sungai Menggunakan *Slow Sand Filter* Sistem *Downflow* dalam Menurunkan COD dan BOD. *Journal of Research and Technology* Vol. 8 No. 1 Juni 2022: Page 133–140.

Abstract

The raw water used as drinking water is currently contaminated with industrial, domestic, and agricultural waste, resulting in high concentrations of nitrogen, phosphate, detergent, COD and pesticides. Slow sand filters can be used as an effort to treat drinking water. This study aims to determine the effect of the variables used on the reactor performance for the removal of COD and BOD nutrients. In this study, the variation of gravel (with and without gravel) is used, so that the performance of each type of reactor can be seen. While the parameters to be measured are COD and BOD. The results showed that SSF gave a good reduction performance in reducing BOD up to 60% and COD up to 68.33% on the 6th day.

Keywords: Raw Water, BOD and COD Analysis, Slow Sand Filter.

Abstrak

Air baku yang digunakan sebagai air minum saat ini terkontaminasi limbah industri, domestik dan pertanian, sehingga menghasilkan konsentrasi nitrogen, fosfat, deterjen, COD dan pestisida yang tinggi. Slow sand filter dapat digunakan sebagai upaya pengolahan air minum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel-variabel yang digunakan terhadap kinerja reaktor untuk penyisihan nutrisi COD dan BOD₅. Dalam penelitian ini menggunakan variabel variasi kerikil (ada dan tidak ada kerikil), sehingga dapat dilihat kinerja dari masing-masing jenis reaktor. Sedangkan parameter yang akan diukur adalah COD dan BOD. Hasil penelitian menunjukkan SSF memberikan performa penurunan yang baik dalam menurunkan BOD yaitu hingga 60% dan COD hingga 68,33% pada hari ke-6.

Kata Kunci: Air Baku, Analisis BOD dan COD, Slow Sand Filter.

1. Pendahuluan

Zat organik berupa nilai COD, N, dan P dalam air menjadi suatu permasalahan yang harus diperhatikan dalam produksi air minum (Meffe *et al.*, 2010). Pada beberapa kasus dalam pengolahan air minum, konversi karbon menjadi *Biodegradable Organic Compound* (BDOC) dalam air semakin meningkat. Hal ini dapat mendorong pertumbuhan patogen seperti *Asellus* dan *Nais* dalam sistem distribusi BDOC (Laurent *et al.*, 1999). Untuk mengatasi masalah ini, dapat menggunakan filter pasir lambat (SSF) dalam sistem pengolahan air minum.

SSF memiliki keunggulan teknis, antara lain efisiensi pengolahan air secara fisik, kimia dan biologis tanpa penambahan bahan kimia, proses pembuatan yang murah dan sederhana, biaya pengoperasian yang rendah dan sederhana, serta residu lumpur dapat dimanfaatkan (Huisman and Wood., 1974). Selain kelebihan saringan pasir lambat, ada juga kekurangannya. Kerugian dari saringan pasir lambat adalah kecenderungan untuk mengalami penyumbatan ketika air baku sangat keruh dan pembentukan *schmutzdecke* terganggu dalam air limbah yang tercemar (Cheremisnoff, 2002). Sehingga diperlukan media filter yang mendukung proses filtrasi *sand filter* dalam pengolahan air. Salah satu cara untuk mendukung proses penyaringan pasir adalah melalui penambahan geotekstil. Geotekstil memiliki struktur permukaan yang hampir identik dengan struktur permukaan saringan pasir, sehingga dengan kesamaan ini diharapkan bakteri dapat menempel pada geotekstil. Tujuan penambahan geotekstil ini adalah untuk mempermudah proses pencucian jika terjadi penyumbatan (Hendrayani *et al.*, 2013).

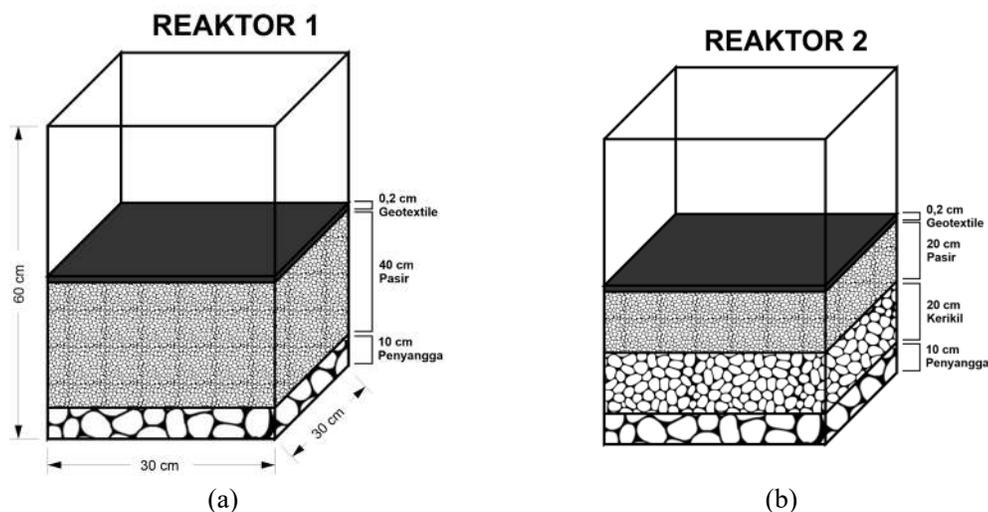
Pengukuran COD dan BOD dilakukan karena bahan organik banyak terdapat pada bahan yang tidak dapat terurai dengan cara biologis dan hanya dapat diuraikan secara kimia. Kandungan COD dan BOD dalam air dipelajari untuk menggambarkan jumlah bahan organik terlarut dalam air (Koda *et al.*, 2017). Penghilangan COD ini melibatkan proses biologi dan kimia. Proses biologis dihasilkan dari adanya lapisan *Schmutzdecke* yang dapat menghilangkan bahan organik, menggantikan senyawa organik sintetis dan menghancurkan patogen. Lapisan *Schmutzdecke* merupakan matriks yang terdiri dari sekresi mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang pada substrat (Hamidah, 2019). Pemantauan BOD penting dalam aliran pencemaran, karena digunakan untuk menentukan beban pencemaran limbah dan merancang sistem *bioremoval* air tercemar (Hadisantoso, 2018).

Kontaminan dalam air baku dapat dihilangkan dengan menggunakan SSF dikarenakan adanya aktivitas biologis pada lapisan atas yang berada di dalam filter (Aslan dan Cakici, 2007). Lapisan tersebut mengandung bakteri, ganggang, limbah organik dan senyawa biologis aktif. Lapisan ini disebut *schmutzdecke* dan bervariasi berdasarkan filter. Lapisan ini terdiri dari beberapa sentimeter bahan biologis untuk pertumbuhan bakteri di permukaan pasir (Huysman dan Wood, 1974). Lapisan *schmutzdecke* dapat menghilangkan bahan organik dan menggantikan senyawa organik sintetis oleh mikroorganisme (Campos *et al.*, 2002). Penghilangan zat organik dan anorganik pada lapisan *schmutzdecke* dipengaruhi oleh aktivitas mikroba melalui proses transpor, adsorpsi dan mobilisasi. (Hendel *et al.*, 2001). *Schmutzdecke* memiliki arsitektur kaya akan mukopolisakarida yang dihasilkan oleh mikroorganisme *in situ* dan alga yang telah mati (Woton dan Hirabayashi, 1999). Lapisan ini terdiri dari bahan biologis padat yang merupakan tempat tumbuh dan berkembangnya bakteri hingga beberapa sentimeter

di atas permukaan pasir (Huisman dan Wood, 1974). Pertumbuhan bakteri ini dapat mempengaruhi kinerja *sand filter* dalam menghilangkan unsur hara dari air baku (Hamidah *et al.*, 2015)

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan kajian terhadap kinerja masing-masing reaktor dalam menyisihkan *nutrient*/parameter ukur berupa COD, BOD. Pengambilan air baku berasal dari air sungai. Variabel penelitian ini adalah variasi perbedaan media filter, dimana jenis media yang digunakan adalah kerikil, pasir dan geotekstil. Pada media pasir (*single media*), reaktor akan diisi pasir dengan ketebalan 40 cm dengan penambahan geotekstil dengan ketebalan 0,2 cm. Sedangkan pada media pasir-kerikil (*dual media*), reaktor diisi dengan media pasir ketebalan 20 cm dan kerikil setebal 20 cm dengan penambahan geotekstil 0,2 cm. Rancangan reaktor *single* dan *dual* media dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Reaktor Pasir (*Single Media*), (b) Reaktor Pasir-Kerikil (*Dual Media*)

Jenis parameter yang diukur yaitu:

- Nilai BOD, sampel diambil dari inlet (air baku) dan *outlet* dari reaktor (air olahan).
- Nilai COD, sampel diambil dari inlet (air baku) dan *outlet* dari reaktor (air olahan).

Pengambilan sampel dilakukan selama 12 hari setiap 6 hari sekali setelah aklimatisasi (15 hari) yaitu pada hari ke 1, 6, dan 12.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian dilakukan dengan dua tahap yaitu tahap aklimatisasi dan tahap *running* reaktor. Kegiatan aklimatisasi dilaksanakan selama 15 hari. Tujuan dari aklimatisasi ini adalah untuk menghasilkan mikroorganisme yang stabil dan beradaptasi dengan air baku (Indriati, 2003). Mikroorganisme tersebut akan tumbuh dipermukaan pasir yang disebut sebagai lapisan *schmutzdecke* (Huisman dan Wood, 1974). Sehingga diharapkan mikroorganisme ini dapat mengolah *nutrient* dalam air baku sehingga kinerja SSF semakin efektif. Air baku dalam

penelitian ini menggunakan air sungai, dan penelitian dilaksanakan selama musim penghujan dimana air biasanya memiliki zat terlarut cukup tinggi yaitu 259 ppm. Variasi yang digunakan berupa penggunaan media filter pasir dan kerikil dengan penambahan geotekstil *non woven* ketebalan 0,2 cm.

3.1 Perakitan Reaktor

Dimensi reaktor yang digunakan adalah 60 x 30 x 30 cm (Gambar 2), dengan susunan reaktor media penyangga (10 cm), kerikil (20 cm), pasir (20 cm) dan *free space* (10 cm).



Gambar 2. (a) Proses Pengukuran dan Pemotongan Kaca, (b) Proses Finishing Reaktor

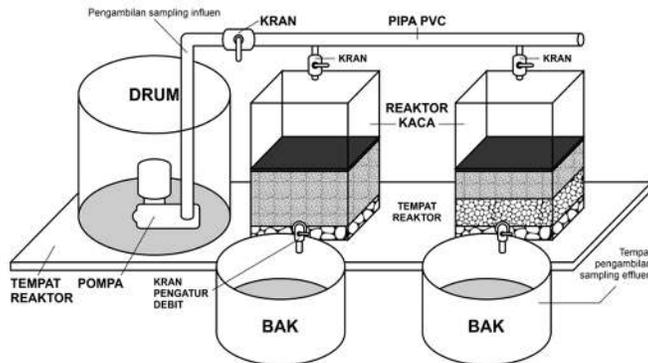
3.1.1. Aklimatisasi

Proses aklimatisasi dilaksanakan selama 14 hari untuk menumbuhkan mikroorganisme di lapisan pasir dan lapisan *schmutzdecke* sebagai agen pendegradasi *nutrient* dalam air baku. Ide dari penelitian ini berawal dari kemampuan SSF dalam menghilangkan senyawa organik dan mikroorganisme patogen telah dibuktikan oleh beberapa peneliti sebelumnya (Bauer *et al.*, 2011). Kemampuan ini melibatkan proses biologis yang terjadi pada lapisan *biofilm* yang terbentuk diatas permukaan pasir dalam SSF yang disebut sebagai lapisan *schmutzdecke*.

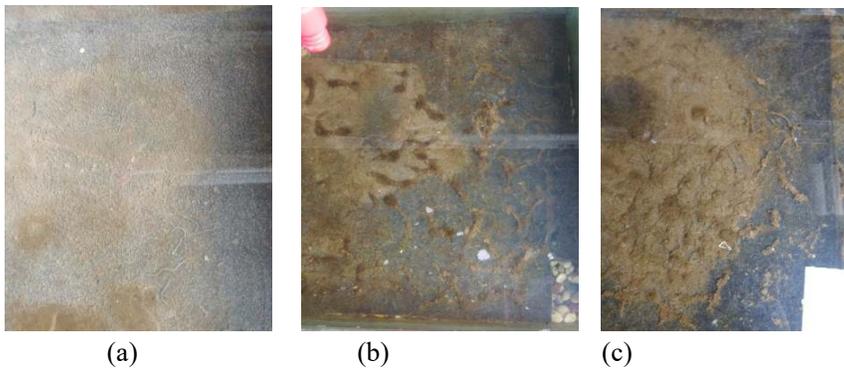
Air baku yang digunakan adalah air baku berupa air sungai, dari hasil analisis pendahuluan didapatkan nilai BOD sebesar 3 mg/L, COD sebesar 6 mg/L, Total N sebesar 1,55 mg/L, Total P sebesar 2,63 mg/L serta padatan zat terlarut/ TDS sebesar 337 ppm. Hasil awal ini terbilang cukup tinggi dikarenakan kegiatan penelitian dilaksanakan selama musim penghujan.

3.1.2. Running Reaktor

Penelitian ini menggunakan 2 jenis SSF yaitu SSF *Single media* (media pasir) dan SSF *Dual media* (pasir-kerikil). Proses *running* dilaksanakan selama 18 hari dengan pengambilan sampel setiap 6 hari sekali yaitu hari ke-1, 6, dan 12. Jenis parameter yang dianalisis adalah: *Biological Oxygen Demand* (BOD₅) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Analisis parameter tersebut dianalisis di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Sidoarjo. Tampilan reaktor yang akan dilakukan proses *running* ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3. Proses *Running* Filtrasi

Pengambilan sampel dilakukan tiga kali dengan interval 6 hari. Hal ini dilakukan untuk proses filtrasi dan menumbuhkan *schmutzdecke* sebagai agen penjernih air baku. Setelah proses aklimatisasi, terbentuk *schmutzdecke* di permukaan geotekstil yang mendukung proses filtrasi melalui proses fisik, kimia dan biologi serta pertumbuhan biologis pada lapisan pasir dan kerikil. Lapisan *schmutzdecke* yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Lapisan *schmutzdecke* diatas permukaan geotekstil setelah aklimatisasi pada pengambilan sampel hari ke-1, (b) Lapisan *schmutzdecke* diatas permukaan geotekstil setelah aklimatisasi pada pengambilan sampel hari ke-6, (c) Lapisan *schmutzdecke* diatas permukaan geotekstil setelah aklimatisasi pada pengambilan sampel hari ke-12.

Hasil analisis parameter BOD dan COD dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian BOD₅ dan Rata-rata Efisiensi Penyisihan pada Interval 6 Hari

Jenis Reaktor	Hasil Uji BOD ₅ (mg/L)			Rata-rata Efisiensi Penyisihan BOD ₅
	Inlet	Outlet		
		Hari ke-1	Hari ke-6	
R1	3	7	1,2	Hari ke-1 = -
R2		15	1,2	Hari ke-6 = 60%
				Hari ke-12 = 0%

Keterangan:

R1: Reaktor dengan *single media* (pasir) + geotekstil 0,2 cm

R2: Reaktor dengan *dual media* (pasir dan kerikil) + geotekstil 0,2 cm

Kenaikan kadar BOD pada kedua reaktor saat pengambilan sampel hari ke 1 sebesar 7 mg/L pada R1 dan 15 mg/L pada R2 dimungkinkan karena media filter belum matang, sehingga penyerapan tidak efektif. Penurunan nilai BOD menggunakan SSF baik dengan media *single* atau *dual* menunjukkan hasil yang signifikan. Pada hari ke-6, penurunan rata-rata tertinggi mencapai 60%. Hal ini terjadi karena lapisan *schmutzdecke* tumbuh di permukaan atas media filter. Lapisan ini mengandung bakteri, jamur, protozoa, rotifera dan larva serangga air (Fitriani et al., 2013). Geotekstil *non-woven* dapat secara efektif menghilangkan polutan di permukaan air. Selain itu, serat geotekstil dapat menyebabkan kontaminan di dalam air menempel ke permukaan. Fenomena penetrasi kontaminan dapat terjadi karena partikel yang tidak dapat melewati pori-pori geotekstil. Selain itu, penempelan kontaminan seperti mikroorganisme dapat dikaitkan dengan nutrisi yang terikat pada geotekstil (Hendrayani, 2014).

Pengambilan sampel pada hari ke-12 tidak terjadi penyisihan BOD pada kedua reaktor yang dimungkinkan saat proses filtrasi berlangsung reaktor mengalami *clogging* atau penyumbatan dan waktunya melakukan *scrapping* agar proses filtrasi dapat berjalan optimal kembali (Hendrayani et al., 2013).

Tabel 2. Hasil Pengujian COD dan Rata-rata Efisiensi Penyisihan pada Interval 6 Hari

Jenis Reaktor	Hasil Uji COD (mg/L)				Rata-rata Efisiensi Penyisihan COD (%)
	Inlet	Outlet			
		Hari ke-1	Hari ke-6	Hari ke-12	
R1	6	18,93	1,9	8	Hari ke-0 = -
R2		20,88	1,9	5	Hari ke-6 = 68,33%
					Hari ke-12 = 25%

Keterangan:

R1: Reaktor dengan *single media* (pasir)

R2: Reaktor dengan *dual media* (pasir dan kerikil)

Penyisihan COD dengan SSF menunjukkan hasil yang baik dengan reaktor S1 maupun S2. Pada hari ke-6, penurunan rata-rata terbesar adalah 68,33% karena proses filtrasi, dimana air baku melewati pasir dan kerikil. Filtrasi memisahkan padatan dari zat zair untuk menghilangkan sejumlah besar padatan halus tersuspensi dan koloid. Persentase COD bervariasi naik turun dikarenakan kapasitas adsorpsi dari adsorben yang digunakan berbeda dengan jenis media filter pasir dan kerikil yang digunakan dalam penelitian ini.

Peran pasir pada proses filtrasi tidak hanya sebagai penyaring pengotor dalam air baku, tetapi juga dalam penumbuhan lapisan *schmutzdecke* yang dapat menghilangkan bahan organik, memetabolisme senyawa organik dan menghilangkan patogen. Daerah ini mengandung organisme besar yang memungkinkan bakteri tumbuh di pasir hingga beberapa sentimeter. Saat air melewati lapisan *schmutzdecke*, nutrisi ditangkap dan dilarutkan secara organik, dicerna, dan dicerna oleh bakteri, jamur, dan protozoa di lapisan *schmutzdecke*. Pertumbuhan bakteri pada lapisan ini dapat mempengaruhi kinerja saringan pasir dalam menyisihkan *nutrient* dalam air baku (Hamidah et al., 2015). Ukuran bahan penyerap dapat mempengaruhi keefektifan filtrasi. Semakin kecil butiran bahan yang akan dijadikan media filter, maka semakin besar luas

permukaannya dan semakin banyak pula kontaminan yang akan diserap. Peningkatan BOD dan COD pada hari ke-12 disebabkan adanya polutan yang melewati media filter sehingga pori-pori terisi oleh pengotor, sehingga efisiensi berkurang (Nirvana dan Windswara, 2020). Selain itu, porositas dan kualitas permukaan juga mempengaruhi efisiensi penyisihan berbagai jenis media. Semakin besar porositas, maka semakin besar kebersihan air yang melewati media filter tersebut (Droste 1997 dalam Aziz, 2014).

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah SSF memberikan performa penurunan yang baik dalam menurunkan BOD yaitu hingga 60% dan COD hingga 68,33% pada hari ke-6. Kinerja ini didukung karena ada pertumbuhan lapisan *schmutzdecke* pada lapisan pasir dan biofilm pada kerikil.

DAFTAR PUSTAKA

- Elliott, M.A., Stauber, C.A., Koksai, F., DiGiano, F.A., dan Sobsey, M.D. 2008. Reductions of *E. coli*, Echovirus Type 12 and Bacteriophages in an Intermittently Operated Household-Scale Slow Sand Filter. *Journal of Water Research*, Vol. 42, pp: 2662-2670.
- Hamidah, L. N., Rahmayanti, A., Fitriani, N., dan Trihadiningrum, Y. 2015. Variasi Media Tumbuh terhadap Jumlah Bakteri *Schmutzdecke* dalam Slow Sand Filter. *Prosiding Seminar Nasional Industrilisasi*
- Hamidah, Laily Noer. 2013. Studi Komunitas Bakteri pada Lapisan *Schmutzdecke* dalam Slow Sand Filter dengan Variasi Berbagai Media Tumbuh. Tesis. Jurusan Teknik Lingkungan, ITS. Surabaya
- Huisman, L. dan Wood, W. E. 1974. *Slow Sand Filtration Handbook*. World Health Organisation, Geneva, Switzerland.
- Isparmo. 2010. Geotextile Non Woven, Definisi dan Fungsi. <http://geotextile.web.id/definisi-geosynthetics-geosintetik.html>
- Laurent, P., Vost, M., Cigana, M.J., Niquette, P., dan Servais, P. 1999. Biodegradable Organic Matter Removal in Biological Filters: Evaluation of the Chabrol Model. *Journal of Water Research*, Vol. 33, No. 6, pp: 1387-1398.
- M.R, Hamimal., Nurina Fitriani., Nieke Karnaningroem. 2013. Uji Kemampuan Slow Sand Filter dalam Menurunkan Kekeruhan, COD, dan Total Coliform. *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan*, pp:1-5.
- Meffe, R., Kohfahl, C., Holzbecher, E., Massmann, G. Richter, D., Du'nnbier, U., dan Pekdeger, A. 2010. Modelling the Removal of p-TSA (para-toluenesulfonamide) During Rapid Sand Filtration Used for Drinking Water Treatment. *Journal of Water Resources Research*, Vol. 44, pp: 205-213.
- Nakhla, G. dan Farooq, S. 2003. Simultaneous Nitrification– Denitrification in Slow Sand Filters. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. B96, pp: 291–303.
- PERMENKES RI No.492/MENKES/PER/IV/2010. Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. <http://www.hukor.depkes.go.id/>.
- Said, N.I. 2000. Aplikasi Teknologi Biofilter Tercelup Anaerobik-Aerobik untuk Pengolahan Limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 3, pp: 498-539.
- Said, N.I., dan Herlambang, A. 1997. Pengolahan Air Bersih dengan Proses Saringan Pasir Lambat Up Flow. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 6, pp: 672-789.

- SNI. 1996. Istilah dan Definisi Geotekstil, SNI 08-4337. <http://www.pustan.bpkimikemenperin.go.id/files/SNI%2008-4337-1996.pdf>.
- Wegelin, M., Bolller, M., dan Schertenleib, R. 1987. Particle removal by horizontal-flow roughing filtration. *Journal of Aqua*, Vol. 2, pp. 80-90.