

EFISIENSI PENYISIHAN NUTRIENT PADA AIR BAKU MENGUNAKAN *SLOW SAND FILTER SINGLE MEDIA* DAN *GEOTEKSTILE*

Laily Noer Hamidah

Teknik Lingkungan, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo, Sidoarjo

E-mail: enha.laily@gmail.com

Abstract

Removal of nutrients in raw water in the form of COD, Nitrogen (N), and Phosphorus (P) content can use the Filtration Method with a Slow Sand Filter (SSF). The addition of geotextile above the sand layer can support the growth of microorganisms in the schmutzdecke layer, so it is expected to be able to improve the performance of SSF in treating raw water. The purpose of this study was to determine the efficiency of SSF performance in setting aside COD, total N, and total P. In this study two types of SSF reactors with 60 cm sand thickness were used and without the addition of geotextile. The results of the study showed that the highest average COD and Total Nitrogen removal efficiency was in the Sand and Geotextile (PG) reactor unit with a difference of 0.26% and 13.5%, respectively, greater than the P reactor unit. While the average efficiency the total removal of Phosphorus in the P reactor unit is 7.9% greater than the PG reactor unit.

Keywords: Geotekstile, Nutrient Removal, Slow Sand Filter.

Abstrak

Penyisihan nutrient dalam air baku berupa COD, kandungan Nitrogen (N), dan Fosfor (P) dapat menggunakan Metode Filtrasi dengan Slow Sand Filter (SSF). Penambahan geotextile diatas lapisan pasir dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme pada lapisan schmutzdecke, sehingga diharapkan mampu meningkatkan kinerja SSF dalam mengolah air baku. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi kinerja SSF dalam menyisihkan COD, total N, dan P. Dalam penelitian ini digunakan dua jenis reaktor SSF dengan ketebalan pasir 60 cm dengan dan tanpa penambahan geotekstil. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata efisiensi penyisihan COD dan Total Nitrogen terbesar adalah pada unit reaktor Pasir dan Geotekstil (PG) dengan selisih masing-masing sebesar 0,26% dan 13,5% lebih besar dibandingkan unit reaktor P. Sedangkan rata-rata efisiensi penyisihan total Fosfor pada unit reaktor P lebih besar 7,9% dibandingkan unit reaktor PG.

Kata kunci: Geotekstile, Penyisihan Nutrient, Slow sand Filter.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran oleh limbah industri, rumah tangga, dan pertanian mengakibatkan

kondisi air baku yang digunakan sebagai air minum pada saat ini umumnya tidak memenuhi syarat baku mutu air minum.

Pencemaran ini menyebabkan konsentrasi nitrogen, fosfat, deterjen, COD, serta pestisida cukup tinggi (Said dan Herlambang, 1997). Kondisi ini juga terjadi pada air baku di IPAM Ngagel, air memiliki total nitrogen (N) dan fosfor (P) yang tinggi.

Dalam produksi air minum, keberadaan COD, N, dan P sendiri sering menjadi perhatian, hal ini dikarenakan konversi senyawa karbon menjadi menjadi senyawa organik *biodegradable* (BDOC) dapat mendukung perkembangan mikroorganisme patogen seperti *Asellus* dan *Nais* dalam sistem distribusi air minum (Laurent *et al.*, 1999), yang mana mikroorganisme tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia. Selain itu, menurut Bodalo *et al* (2005), larutnya nitrogen dalam air dapat menimbulkan terjadinya eutrofikasi dan pengasaman, sedangkan tingginya kandungan fosfor dapat menyebabkan ledakan pertumbuhan alga di perairan (*algae bloom*).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat digunakan sistem pengolahan air minum dengan menggunakan *Slow Sand Filter* (SSF). SSF merupakan sistem pengolahan air yang mengacu pada proses alam, yaitu ketika air hujan merembes ke dalam tanah menuju ke akuifer atau sungai bawah tanah (Logsdon *et al.*, 2002), sehingga SSF ini efektif dalam menurunkan mikroorganisme patogen serta zat pencemar lainnya seperti kandungan nutrisi dalam air baku serta ramah lingkungan (Huisman dan Wood, 1974) dikarenakan tidak membutuhkan penambahan bahan kimia (McDowall *et al.*, 2009).

Hal menarik dari unit SSF adalah adanya lapisan *schmutzdecke*, yaitu lapisan *biofilm* yang terbentuk di atas media pasir (Law *et al.*, 2001). Lapisan ini terdiri dari lumpur *alluvial*, limbah organik, dan berbagai

mikroorganisme seperti bakteri, alga, protozoa, dan mikroorganisme lainnya (Huisman dan Wood, 1974), sehingga aktivitas biologis yang terjadi pada lapisan ini melalui proses bioadsorpsi dan biodegradasi yang dapat menghilangkan senyawa organik (Ho, *et al.*, 2006) seperti senyawa karbon, total N dan P.

Dalam penelitian ini digunakan *geotextile* dimaksudkan untuk mengoptimalkan pertumbuhan dari mikroorganisme *schmutzdecke*. Berdasarkan penelitian sebelumnya telah dibuktikan bahwa penggunaan *geotextile* cukup efektif untuk mengolah air limbah secara biologis, karena *geotextile* memiliki struktur permukaan yang hampir sama seperti struktur dan pori-porinya (Yaman, 2003), sehingga mikroorganisme yang tersaring dapat tumbuh dan berkembang di atasnya. Selain itu, penambahan geotekstil dapat memperluas permukaan bidang penempelan bakteri, dimana Pertumbuhan bakteri ini nantinya dapat mempengaruhi kinerja dari SSF dalam pengolahan air (Hamidah *et al.*, 2015).

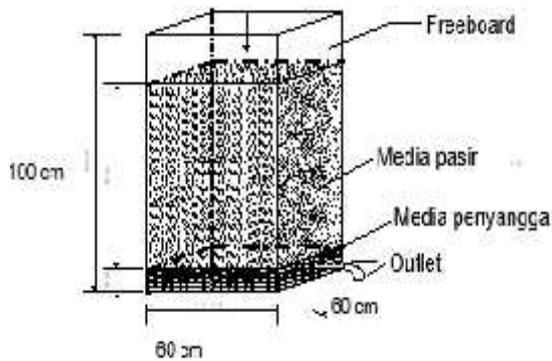
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi penyisihan *nutrient* (COD, total N, dan total P) dalam air baku menggunakan reaktor SSF *single media* baik dengan penambahan *geotextile* maupun tanpa penambahan.

2. METODE PENELITIAN

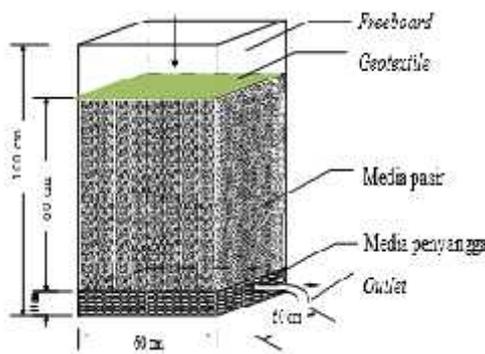
2.1 *Running* SSF

Pada penelitian ini digunakan dua jenis unit SSF (Gambar 1 dan 2), yaitu SSF dengan media pasir (P) dan SSF dengan media pasir + *geotextile* (PG). *Geotextile* diletakkan di atas permukaan pasir. Dimensi SSF dengan panjang dan lebar masing-masing 60 cm dan kedalaman media 60 cm. Pasir yang digunakan sebagai media memiliki diameter 0,15-0,35 mm dan kecepatan pengaliran

(*flow rate*) sebesar $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$. Ukuran media dan *flow rate* yang digunakan ini sesuai dengan kriteria desain yakni masing-masing sebesar $0,15\text{-}0,35 \text{ mm}$ dan $0,1\text{-}0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$ (Huisman dan Wood 1974).



Gambar 1. Unit SSF Pasir (P)



Gambar 2. Unit SSF + Geotextile (PG)

Penelitian berlangsung selama 15 hari dengan 14 hari aklimatisasi. Tujuan dari adalah untuk menumbuhkan mikroorganisme yang stabil dan dapat beradaptasi dengan air baku (Indriyati, 2003). Air baku yang digunakan berasal dari *outlet* unit prasedimentasi PDAM Ngagel I Surabaya. Penelitian dilaksanakan pada saat musim penghujan sehingga air sungai memiliki kekeruhan yang cukup tinggi yaitu mencapai 259 NTU. Oleh karena itu digunakan pengolahan pendahuluan dengan *Roughing Filter* (RF).

Jenis unit RF yang digunakan adalah *Vertical Roughing Filter* (VRF) 4 seri dengan aliran *downflow*, memiliki dimensi panjang

dan lebar masing-masing sebesar 30 cm dan kedalaman media 50 cm.

2.2 Metode Pengumpulan Data

Untuk mengetahui efisiensi SSF dalam menyisihkan *nutrient* pada air baku, maka dilakukan analisis terhadap kualitas *inlet* dan *outlet* dari SSF. Parameter yang diukur berupa nilai COD, total N, dan P. Ketiga parameter diukur dengan menggunakan Spektrofotometri.

2.3 Analisis Data Statistik

Untuk melihat pengaruh variabel terhadap kualitas *outlet*, maka dilakukan pengujian secara statistik. Sehingga didapatkan jenis SSF yang memberikan hasil optimum dalam menyisihkan COD, N total, P total, dan bakteri. Uji statistik yang digunakan pada penelitian ini adalah uji *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan rentang kepercayaan 95%. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Ho : Seluruh perlakuan pada reaktor memberikan pengaruh yang tidak signifikan terhadap nilai efisiensi penyisihan parameter.
- H1 : Sedikitnya ada 1 perlakuan pada reaktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai efisiensi penyisihan parameter.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Efisiensi Penyisihan COD

Pengukuran COD dilakukan selama 15 hari setelah aklimatisasi selesai pada masing-masing reaktor. Pengambilan sampel sebanyak 7 kali dilakukan setiap 2 hari. Selanjutnya dihitung efisiensi penyisihan COD dengan mengurangi hasil *inlet* dengan *outlet*. Hasil analisis efisiensi penyisihan COD untuk $v=0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$ dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Efisiensi Penyisihan COD

Hari ke-	Efisiensi Penyisihan COD (%)	
	Media Pasir (P)	Media Pasir-Geotekstil (PG)
1	60,53	42,11
3	90,91	36,36
5	66,67	16,67
7	6,25	62,50
9	75,00	75,00
13	11,76	41,18
15	21,74	60,87
Rata-rata	47,55	47,81

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa unit reaktor PG memiliki efisiensi penyisihan lebih tinggi dibandingkan P meskipun selisihnya tidak terlalu besar (0,26%).

Penyisihan COD ini terjadi karena adanya proses biologi dan kimia. Proses biologi terjadi karena keberadaan lapisan *schmutzdecke* yang dapat menghilangkan bahan-bahan organik, mengubah senyawa-unsur organik sintetik dan membasmi patogen, serta memproduksi mikrobiologi yang aman untuk air minum (Campos *et al.*, 2002). Proses transportasi, adsorpsi dan proses mobilisasi bahan organik dan anorganik ini dipengaruhi oleh aktivitas mikroba pada lapisan *schmutzdecke* (Hendel *et al.*, 2001).

Pada SSF juga terjadi proses kimia. Proses kimia terjadi melalui peristiwa adsorpsi. Adsorpsi merupakan pengurangan partikel yang lebih kecil dan partikel tersuspensi seperti partikel koloid dan partikel terlarut (Huisman dan Wood, 1974).

Menurut Huisman dan Wood (1974), pada pH normal, media penyaring memiliki muatan negatif, sedangkan bahan anorganik memiliki muatan positif. Bahan anorganik

pada air baku akan teradsorpsi pada media penyaring. Sedangkan untuk bahan organik memiliki muatan negatif, karena itu pada awal pengoperasian belum terjadi pengurangan bahan organik melalui proses adsorpsi. Namun setelah proses filtrasi berjalan dan banyak partikel bermuatan positif yang terjebak di permukaan media, maka bahan organik yang bermuatan negatif ikut teradsorpsi.

3.2 Efisiensi Penyisihan Total N

SSF tidak hanya mampu menyisihkan patogen, kekeruhan, SS, dan unsur organik saja namun juga mampu menyisihkan unsur nitrogen (Nakhla dan Farooq, 2003). Penyisihan unsur N ini terkait dengan peristiwa biologis dari lapisan *schmutzdecke*, yaitu terkait dengan peristiwa nitrifikasi-denitrifikasi.

Nilai N yang diukur adalah nilai N total pada *inlet* dan *outlet* dari masing-masing reaktor, pengukuran dilakukan selama 15 hari setelah aklimatisasi selesai. Pengambilan sampel sebanyak 7 kali dilakukan setiap 2 hari. Selanjutnya dihitung efisiensi penyisihan N total dengan mengurangi hasil *inlet* dengan *outlet*. Hasil analisis efisiensi penyisihan N dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat rata-rata efisiensi penyisihan total N pada reaktor PG lebih besar 13,5% dibandingkan unit reaktor P. Proses nitrifikasi terjadi pada kedalaman di bawah 30-40 cm (Huisman, 1974), Proses nitrifikasi dan denitrifikasi pada unit SSF terjadi karena adanya bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi.

Tabel 2. Efisiensi Penyisihan Total N

Hari ke-	Efisiensi Penyisihan N (%)	
	Media Pasir (P)	Media Pasir-Geotekstil (PG)
1	41,33	53,51

Hari ke-	Efisiensi Penyisihan N (%)	
	Media Pasir (P)	Media Pasir-Geotekstil (PG)
3	38,46	54,95
5	32,77	38,24
7	47,62	42,86
9	39,39	66,67
13	60,00	62,11
15	12,90	37,10
Rata-rata	39,80	53,30

Menurut Nakhla dan Farooq, (2003), jumlah bakteri denitrifikasi ditemukan lebih banyak daripada jumlah bakteri nitrifikasi. Pada bagian bawah filter, meningkatnya aktivitas nitrifikasi sebanding dengan lamanya filter beroperasi.

Hal ini bertolak belakang dengan aktivitas nitrifikasi yang berada di permukaan filter, dimana proses nitrifikasi semakin lambat. Oleh karena itu waktu pengoperasian filter sangat berpengaruh terhadap jumlah bakteri nitrifikasi serta aktivitasnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa penyisihan unsur N tidak hanya berlangsung dipermukaan pasir saja tetapi juga dikedalaman pasir tertentu.

3.3 Efisiensi Penyisihan Total P

Penurunan konsentrasi P total terjadi karena adanya biofilm yang terbentuk pada permukaan media pasir atau berada di dalam pori media menahan padatan yang tersuspensi karena adanya gaya *Van Der Waals* dan gaya listrik antar partikel (Wegelin *et al.*, 1987). Sehingga proses flokulasi partikel yang dapat meningkatkan kecepatan pengendapan dapat terjadi. Selain itu keberadaan mikroorganisme yang membentuk biofilm pada kerikil membantu

penyisihan unsur P ini melalui mekanisme degradasi.

Nilai P yang diukur adalah nilai P total pada *inlet* dan *outlet* dari masing-masing reaktor, pengukuran dilakukan selama 15 hari setelah aklimatisasi selesai. Pengambilan sampel sebanyak 7 kali dilakukan setiap 2 hari. Selanjutnya dihitung efisiensi penyisihan P total dengan mengurangi hasil *inlet* dengan *outlet*. Hasil analisis efisiensi penyisihan P dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Efisiensi Penyisihan Total N

Hari ke-	Efisiensi Penyisihan P (%)	
	Media Pasir (P)	Media Pasir-Geotekstil (PG)
1	44,08	48,57
3	67,74	50,54
5	48,03	37,63
7	57,51	58,69
9	85,75	84,14
13	30,84	12,62
15	47,51	36,88
Rata-rata	49,00	41,01

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat rata-rata efisiensi penyisihan total P pada unit reaktor P lebih besar 7,9% dibandingkan unit reaktor PG. Secara garis besar mekanisme penyisihan unsur P pada saringan pasir terjadi karena adanya transportasi dan adsorpsi zat organik dan nutrien dari fasa liquid ke fasa biofilm. Penyisihan P tidak hanya terjadi pada kondisi aerobik saja, namun juga dapat terjadi dalam kondisi *anoxic-anaerob*. Pada kondisi ini nitrat yang dihasilkan dari proses nitrifikasi digunakan sebagai elektron aseptor menggantikan O₂ dalam menyisihkan unsur P. Organisme yang berperan adalah organisme pengakumulasi

fosfor (PAOs/*phosphorus accumulating organisms*), seperti *Acinetobacter*, *E. coli*. Oleh karena itu penyisihan fosfor tidak hanya terjadi di permukaan *bed filter* saja tetapi juga dikedalamannya tertentu (Ahn, *et al.*, 2003).

Efisiensi penyisihan total P tertinggi terdapat pada unit reaktor media Pasir. Unsur P teradsorpsi kedalam lapisan *schmutzdecke* yang tumbuh dipermukaan pasir. Fosfor (P) ini dibutuhkan oleh mikroba yang ada di lapisan *schmutzdecke* untuk pertumbuhannya dan disimpan secara intraselular sebagai polifosfat.

3.4 Hasil Analisa Data Statistik

Berdasarkan hasil pengujian ANOVA, dengan $\alpha = 5\%$ diperoleh kedua reaktor tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi penyisihan COD, N total dan P total ($p \text{ value} > 0,05$), dan berdasarkan hasil uji Tuckey ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Statistik Efisiensi Penyisihan COD, N, dan P

No	Parameter	Efisiensi rata-rata (%)	
		P	PG
1	COD	47,55 ^a	47,81 ^a
2	N Total	39,80 ^a	53,30 ^a
3	P Total	49,00 ^a	41,01 ^a

Ket: P = Media pasir; PG = Media pasir-geotekstil
 a,b,c = hasil analisis statistik, nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama (*superscript*) menunjukkan hasil tidak berbeda secara nyata.

Tabel 4 menunjukkan kedua reaktor tidak memberikan pengaruh yang berbeda secara nyata dalam menurunkan COD, N, dan P. Hal ini dapat dilihat nilai rata-rata efisiensi penyisihan COD, N, dan P memiliki notasi huruf yang sama (*superscript*). Kondisi ini disebabkan karena air baku yang

diolah atau yang masuk kedalam *inlet* memiliki kekeruhan yang tinggi (16-174 NTU), dimana menurut Huisman dan Wood (1974), kekeruhan yang diperbolehkan untuk diolah menggunakan SSF adalah kurang dari 50 NTU. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang maksimal kondisi tersebut harus dipenuhi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa rata-rata efisiensi penyisihan COD dan total Nitrogen terbesar adalah pada unit reaktor Pasir + Geotekstil (PG) dengan selisih masing-masing sebesar 0,26% dan 13,5%. Sedangkan rata-rata efisiensi penyisihan total Fosfor pada unit reaktor P lebih besar 7,9% dibandingkan unit reaktor PG.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, K. H., Song, K. G., Cho, E., Cho, J., Yun, H., Lee, S., dan Kim, S. (2003). Enhanced Biological Phosphorus and Nitrogen Removal Using a Sequencing Anoxic/Anaerobic Membrane Bioreactor (SAM) Process. *Journal of Desalination*, Vol. 157, pp: 345-352.
- Bodalo A., Gomez, J.L., Gomez, E., Leon, G., dan M. Tejera. (2005). Ammonium Removal from Aqueous Solutions by Reverse Osmosis Using Cellulose Acetate Membranes. *Journal of Water Research*, Vol. 184, pp: 149-155.
- Campos, L. C., Su, M.F.J., Graham, N.J.D., dan Smith, S.R. (2002). Biomass Development in Slow Sand Filter. *Journal of Water Research*, Vol. 36, pp: 4543-4551.
- 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 Madura (SNIRA)*, Vol.4. pp. 286-291.
- Hendel, B., Marxsen, J., Fiebig, D., dan Preu, G. (2001). Extracellular Enzyme Activities During Slow Sand Filtration in A Water Recharge Plant. *Journal of Water Research*, Vol. 35, No. 10, pp: 2484–2488.
- Ho, L., Meyn, T., Keegan, A., Hoefel, D., Brookes, J., Saint, C.P., dan Newcombe, G. (2006). Bacterial Degradation of Microcystin Toxins within a Biologically Active Sand Filter. *Journal of Water Research*, Vol. 40, pp: 768-774.
- Huisman, L. dan Wood, W. E. 1974. *Slow Sand Filtration Handbook*. World Health Organiation, Geneva, Switserland.
- Indriyati. (2003). Proses Pembenuhan (*Seeding*) dan Aklimatisasi pada Reaktor Tipe *Fixed Bed*. *Jurnal Teknik Lingkungan P3TL-BPPT*, Vol. 2, pp.54-60.
- 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.
- Law, S.P., Melvin, M.M.A., dan Lamb, A.J. (2001). Visualisation of the Establishment of a Heterotrophic Biofilm Within the Schmutzdecke of a Slow Sand Filter Using Scanning Electron Microscopy. *Journal of Biofilm*, Vol.6, No.1, pp: 1-17.
- Logsdon, G. S., Kohne, R., Abel, S., dan LaBonde, S. (2002). Slow Sand Filtration for Small Water Systems. *Journal of Enviromental Engineering Science*, Vol. 1, pp: 339-348.
- McDowall, B., Hoefel, D., Newcombe, G., Saint, C.P., dan Ho, L. (2009). Enhancing the Biofiltration of Geosmin by Seeding Sand Filter Columns with a Consortium of Geosmin-Degrading Bacteria. *Journal of Water Research*, Vol. 43, pp: 433-440.
- Nakhla, G. dan Farooq, S. (2003). Simultaneous Nitrification–Denitrification in Slow Sand Filters. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. B96, pp: 291–303.
- 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.
- Wegelin, M., Bolller, M., dan Schertenleib, R. (1987). Particle removal by horizontal-flow roughing filtration. *Journal of Aqua*, Vol. 2, pp. 80-90.
- Yaman, C. (2003). *Geotextile as Biofilm Filters in Wastewater Treatment*. Thesis of Doctor of Philosophy. United State: Drexel University.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN