

Pengaruh Ketebalan Media *Geotextile* dan Arah Aliran *Slow Sand Filter* Rangkaian Seri untuk Menyisihkan P Total dan N Total

Ayuningtyas, Nurina Fitriani, Wahyono Hadi

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: wahyono@enviro.its.ac.id

Abstrak— Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap parameter-parameter yang berkaitan dengan standar kualitas air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/MENKES/PER/IV/2010 pada air baku Kali Surabaya yang terlebih dahulu diolah pada unit *pretreatment* di IPAM Ngagel 1 Surabaya dan air yang akan diolah berasal dari *outlet prasedimentasi*. Air *outlet prasedimentasi* diolah terlebih dahulu menggunakan 4 unit *roughing filter* yang disusun secara seri kemudian diolah lebih lanjut ke unit *slow sand filter* dengan rangkaian seri. Digunakan dua variabel yaitu variasi arah aliran dan variasi ketebalan media *geotextile*. Media *geotextile* yang digunakan berjenis *geotextile non woven*. Ketebalan media *geotextile* yang digunakan sebesar 4 cm dan 6 cm sedangkan variasi arah aliran yang digunakan yaitu *downflow-upflow* dan *downflow-downflow*. Digunakan unit pengolahan *slow sand filter* dengan rangkaian seri sebanyak 2 reaktor. Pada penelitian ini akan dilakukan penambahan media *geotextile* di unit *slow sand filter* dan nantinya diharapkan supaya kandungan N total dan P total dapat diturunkan. *Flow rate* yang digunakan pada unit *slow sand filter* sebesar 0,3 m³/m² jam. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui ketebalan media *geotextile* dan arah aliran yang optimum pada unit *slow sand filter* dan menganalisis pengaruh penambahan media *geotextile* terhadap kualitas air hasil olahan unit *slow sand filter* untuk menyisihkan N total dan P total.

Kata Kunci—*Geotextile*, N total, P total, *Slow Sand Filter*

I. PENDAHULUAN

PENGOLAHAN air secara biologis pada dasarnya dapat dilakukan melalui proses pertumbuhan bakteri yang terikat pada media pendukung membentuk lapisan tipis yang disebut *biofilm*. *Slow Sand Filter* merupakan teknologi pengolahan air yang sangat sederhana, yang memanfaatkan *biofilm* yang terbentuk pada media pasir yang digunakan dalam unit pengolahannya. [1] Air baku yang akan diolah dalam unit *slow sand filter* kekeruhannya tidak boleh melebihi 50 NTU sebab jika kekeruhannya melebihi 50 NTU maka *slow sand filter* tidak dapat bekerja secara maksimal. [2] Penggunaan media pasir pada *slow sand filter* memiliki beberapa kendala yaitu pada saat proses pembersihan unit *slow sand filter*, perlu dilakukan pengerukan media pasir dengan cara *scrapping*. Keuntungan dari penggunaan *geotextile* yaitu dapat memperbaiki kualitas *effluent* yang dihasilkan dengan menurunkan kandungan TSS, bakteri, dan dapat mengakumulasi biomassa. [3] Efisiensi *slow sand filter* dalam

menyisihkan P total sebesar 58,41% dan N total sebesar 51,76%.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap ketebalan media *geotextile* pada unit pengolahan *slow sand filter* yang digunakan untuk menyisihkan N total dan P total. Penggunaan media *geotextile* merupakan salah satu alternatif yang perlu dicoba untuk menghasilkan air olahan yang berkualitas lebih bagus. Air baku yang digunakan berasal dari *outlet prasedimentasi* yang kemudian diolah di unit *roughing filter* sebanyak 4 unit yang disusun secara seri kemudian barulah air hasil olahan diolah di unit *slow sand filter* yang disusun secara seri sebanyak 2 reaktor.

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu N total dan P total. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi ketebalan media *geotextile* dan variasi arah aliran. Ketebalan media *geotextile* yang digunakan yaitu 4 cm dan 6 cm. *Slow sand filter* disusun secara seri dengan variasi arah aliran *downflow-downflow* dan *downflow-upflow*. Hasil yang diharapkan nantinya air hasil olahan dapat memenuhi persyaratan kualitas air minum berdasarkan PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 terhadap parameter N total dan P total pada air baku.

II. METODE

A. Tahap Telaah

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap beberapa parameter yang berkaitan dengan standar kualitas air minum berdasarkan PERMENKES No.492/MENKES /PER/IV/2010 terhadap parameter N total dan P total pada air baku. Air baku yang digunakan berasal *outlet prasedimentasi* yang kemudian diolah menggunakan unit *roughing filter* dan *slow sand filter*. Unit *roughing filter* disusun secara seri sebanyak 4 unit, unit *slow sand filter* juga disusun secara seri dan divariasikan arah alirannya. Variabel yang digunakan yaitu berupa variasi ketebalan media *geotextile* dan variasi arah aliran. Variasi ketebalan media *geotextile* yang digunakan sebesar 4 cm dan 6 cm sedangkan variasi arah aliran yaitu *downflow-downflow* dan *downflow-upflow*. *Flow rate* yang digunakan yaitu sebesar 0,3 m³/m².jam. Unit *roughing filter* menggunakan media kerikil dengan diameter 2-3 cm, sedangkan unit *slow sand filter* menggunakan media kerikil berdiameter 2-3 cm sebagai.

Tabel 2.1

Variabel Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketebalan Media geotextile	4 cm (A)	6 cm(B)	Kontrol (C)
Arah Aliran			
Downflow-Upflow	A1	B1	C1
Downflow-Downflow	A2	B2	C2

media penyangga dan media pasir dengan diameter 0,15-0,35 mm. Penelitian yang dilakukan berupa analisis kandungan N total dan P total pada air baku. Reaktor dioperasikan secara kontinyu dan penelitian ini dilakukan sebanyak 3 tahapan. Tahap pertama digunakan penambahan media *geotextile* setebal 4 cm, tahap kedua digunakan penambahan media *geotextile* 6 cm, dan pada tahap ketiga tidak dilakukan penambahan media *geotextile* sehingga hanya digunakan media pasir saja. Variabel yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.1.

Setiap tahapan dilakukan dalam waktu 7 hari dan pengambilan sampel dilakukan setiap dua kali sehari. Total titik sampling yang akan dianalisis yaitu sebanyak 5 titik.

Desain reaktor *roughing filter* disesuaikan dengan penelitian terdahulu yaitu sebagai berikut:

- Panjang = 30 cm
- Lebar = 30 cm
- Ketinggian Reaktor = 90 cm
- *Freeboard* = 10 cm
- *Supernatant* = 5 cm
- Bagian bawah bak = 30 cm
- Ketebalan Media Kerikil = 60 cm

Desain reaktor *slow sand filter* yaitu sebagai berikut:

- Panjang = 30 cm
- Lebar = 30 cm
- Ketinggian Reaktor = 110 cm
- *Freeboard* = 10 cm
- *Supernatan* = 30 cm
- Media Penyangga = 10 cm
- Ketebalan Media = 60 cm
- Luas Reaktor = Panjang x Lebar
= 30 cm x 30 cm
= 900 cm²
= 0,09 m²
- Volume Reaktor = Panjang x Lebar x Tinggi
= 60 cm x 60 cm x 110 cm
= 396000 cm³
= 0,396 m³

Dari desain reaktor dan media yang sudah ditentukan ini maka akan diperoleh perhitungan *headloss* media. *Headloss* media di *slow sand filter* yaitu sebesar 13,78 cm dan *headloss* pada media *roughing filter* yaitu sebesar 0,0043 cm.

A. Aklimatisasi Media Geotextile

Sebelum melakukan penelitian, media *geotextile* terlebih dahulu diaklimatisasi menggunakan air *outlet prasedimentasi* selama 1 bulan. Pada proses aklimatisasi ini, dilakukan penggantian air baku setiap hari supaya tidak terjadi proses anaerobik. [4] Adanya mikroorganisme yang tumbuh dipermukaan media *geotextile* ini akan berperan penting dalam menurunkan beberapa pencemar pada air baku.

Penambahan media *geotextile* dalam unit pengolahan *slow sand filter* divariasikan menjadi 2 tahapan. Tahap pertama digunakan penambahan media *geotextile* setebal 4 cm dan tahap kedua sebesar 6 cm. Media *geotextile* terlebih dahulu diaklimatisasi menggunakan air *outlet prasedimentasi* IPAM Ngagel 1 selama 7 hari. Pada saat media *geotextile* diaklimatisasi, *schmutzdecke* sudah mulai tumbuh menempel pada *geotextile* dan terlihat pada hari keempat. Lapisan *schmutzdecke* tersebut bertekstur licin dan menempel di permukaan media *geotextile* yang berwarna abu-abu. Polutan yang berada pada air baku kemungkinan akan menempel pada media *geotextile* secara otomatis lapisan *schmutzdecke* terbentuk sebab polutan tersebut merupakan nutrient bagi mikroorganisme. [5] Pada proses aklimatisasi ini, dilakukan penggantian air baku setiap hari supaya tidak terjadi proses anaerobik. Adanya mikroorganisme yang tumbuh dipermukaan media *geotextile* ini akan berperan penting dalam menurunkan beberapa pencemar pada air baku.

Aklimatisasi ini hanya dilakukan pada media *geotextile* saja sebab dalam penelitian ini tujuannya hanya ingin untuk mengetahui efisiensi penggunaan media *geotextile* untuk menurunkan N total dan P total. Akan tetapi media pasir secara otomatis juga akan teraklimatisasi ketika proses pengoperasian sudah berjalan. Pada awalnya aklimatisasi dilakukan pada media *geotextile* yang digunakan pada tahap pertama. Media *geotextile* pada tahap kedua ini diaklimatisasi bersamaan dengan pengoperasian *slow sand filter* pada tahap pertama. Pada tahap kedua ini, *geotextile* dari tahap pertama dicuci terlebih dahulu lalu ditambah dengan media *geotextile* yang sudah diaklimatisasi sehingga yang digunakan pada tahap kedua ini totalnya untuk setiap reaktor setebal 6 cm.

Hal ini hanya dilakukan pada media *geotextile* saja sebab dalam penelitian ini tujuannya hanya ingin untuk mengetahui efisiensi penggunaan media *geotextile* untuk menurunkan N total dan P total. Akan tetapi media pasir secara otomatis juga akan teraklimatisasi ketika proses pengoperasian sudah berjalan.

B. Pembentukan Lapisan Schmutzdecke

[6] Pada proses pengolahan secara biologi, unit *slow sand filter* ini memiliki lapisan *schmutzdecke* yang merupakan lapisan yang terdiri dari limbah organik, bakteri, *algae*, dan senyawa-senyawa biologi lainnya yang tumbuh dipermukaan media filter. Lapisan *Schmutzdecke* terbentuk di permukaan media *geotextile* yang memiliki tekstur licin. Lapisan ini memiliki peranan yang cukup besar dalam menyisihkan pencemar karena adanya mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang pada lapisan tersebut.

Lapisan *schmutzdecke* inilah yang akan menurunkan zat-zat pencemar yang ada pada air baku. *Schmutzdecke* adalah hal yang paling penting pada saringan pasir lambat dan lapisan ini merupakan lapisan coklat kemerah-merahan yang agak berlendir dimana dapat menurunkan kandungan zat organik, besi, dan mangan. Pada pembentukan lapisan *schmutzdecke* yang matang memerlukan waktu 2-3 minggu, serta tergantung pada suhu dan kandungan biologis (bakteri dan bahan organik) pada air baku. [7] Pada lapisan *schmutzdecke* ini terdapat biomassa. Fungsi utama biomassa pada *slow sand filter* adalah untuk menghilangkan mikroorganisme patogen dan virus, serta untuk mendegradasi zat organik. Efektivitas *schmutzdecke* ini bergantung pada makanan yang tersedia (bahan organik pada air baku), kandungan oksigen serta suhu air yang cukup.

C. Analisa N total dan P total

Hasil analisis N total dan P total pada setiap tahapan sangat bervariasi dan berfluktuatif. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar ketika dilakukannya penelitian. Dari data-data yang sudah diperoleh maka nantinya akan diketahui efisiensi penyisihan N total dan P total pada air baku disetiap tahapan penelitian. Penyisihan kandungan N total dan P total ini dilakukan oleh beberapa mikroorganisme yang tumbuh di permukaan media filter. Akan tetapi efisiensi penyisihan N total dan P total pada penelitian ini kurang dari 50% sebab air baku yang digunakan sudah melewati unit pengolahan *pretreatment* sehingga air sudah berkualitas cukup bagus. Apabila Nitrogen yang terlarut dalam air baku cukup banyak maka nitrogen tersebut akan didegradasi oleh bakteri nitrifikasi sehingga akan terjadi proses nitrifikasi pada media filter dengan kedalaman 30-40 cm. Akan tetapi jika nitrogen yang terlarut dalam air sedikit maka proses degradasi dilakukan oleh beberapa bakteri jenis lain dan *algae*.

Posphat yang terlarut didalam air baku ini akan didegradasi oleh mikroorganisme yang tumbuh dipermukaan media filter. Mikroorganisme tersebut berbagai macam jenis bakteri dan juga *algae*. Umumnya penyisihan kandungan P total pada air baku lebih besar jika dibandingkan dengan penyisihan kandungan N total.

Pada proses pengolahan secara biologi, unit *slow sand filter* ini memiliki lapisan *schmutzdecke* yang merupakan lapisan yang terdiri dari limbah organik, bakteri, *algae*, dan senyawa-senyawa biologi lainnya yang tumbuh dipermukaan media filter. Lapisan *Schmutzdecke* terbentuk di permukaan media *geotextile* yang memiliki tekstur licin. Lapisan ini memiliki peranan yang cukup besar dalam menyisihkan pencemar karena adanya mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang pada lapisan tersebut.

Media *geotextile* yang digunakan memiliki serat-serat berupa *polimer hidrofobik* yang menyebabkan mikroorganisme mudah untuk tumbuh di permukaan media tersebut. Adanya mikroorganisme yang tumbuh di media ini akan ikut berperan dalam penurunan beberapa pencemar yang ada pada air baku Aliran air yang kontinyu akan menyebabkan terbentuknya media *schmutzdecke* yang semakin tebal. Semakin tebal lapisan *schmutzdecke* yang terbentuk maka akan menyebabkan terjadinya *clogging*.

Tabel 3.1
Ringkasan Efisiensi Unit *Slow Sand Filter* Aliran *Downflow-Downflow* dengan Masing-masing Variasi

Parameter	Titik 2	Titik 3
N total	16,137	13,327
P total	12,239	21,2724

Tabel 3.2
Ringkasan Efisiensi Unit *Slow Sand Filter* Aliran *Downflow-Upflow* dengan Masing-masing Variasi

Parameter	Titik 3	Titik 5
N total	17,194	10,438
P total	13,442	6,936

Keterangan :

Tahap 1 : Penambahan media *geotextile* setebal 4 cm

Tahap 2 : Penambahan media *geotextile* setebal 6 cm

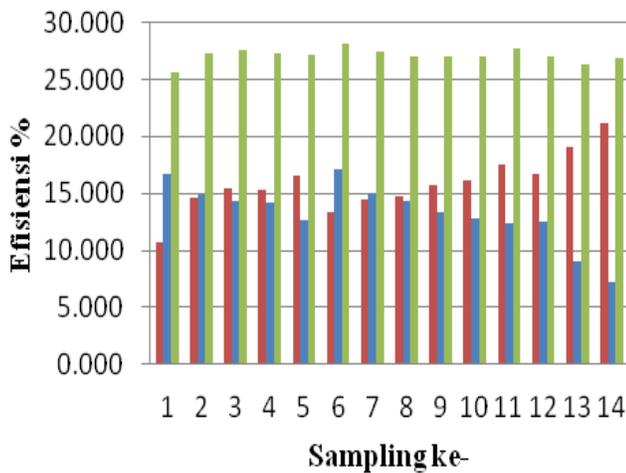
Tahap 3 : Tidak dilakukan penambahan media *geotextile* (Kontrol)

Efisiensi penyisihan kandungan N total dan P total pada setiap tahapan dapat dilihat pada tabel 3.1 dan tabel 3.1. Tabel 3.1 dan 3.2 diatas menunjukkan bahwa efisiensi penurunan pada unit *slow sand filter* aliran *downflow-downflow* memiliki hasil akhir yang lebih baik jika dibandingkan dengan aliran *downflow-upflow* dalam menyisihkan N total dan P total. Unit *slow sand filter* yang ditambah dengan media *geotextile* memiliki efisiensi penyisihan N total dan P total lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filter* yang hanya menggunakan media pasir saja. Perbedaan yang diperoleh cukup jauh sehingga media *geotextile* dalam pengolahan di *slow sand filter* ini memiliki peranan yang cukup penting dalam penyisihan N total dan P total. Berdasarkan nilai efisiensi penyisihan N total dan P total penambahan media *geotextile* dengan tebal 4 cm dan 6 cm cukup memberikan pengaruh. Hal ini ditunjukkan dalam persentase efisiensi yang dihasilkan dari masing-masing variabel cukup besar jika dibandingkan dengan efisiensi tahap kontrol.

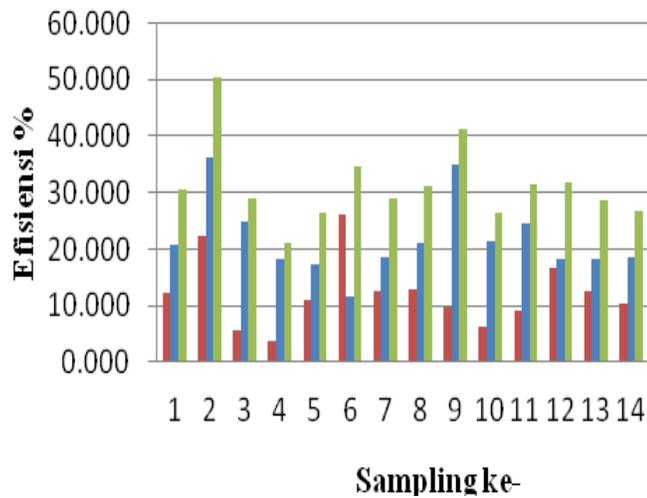
Dari data yang sudah diperoleh, maka nantinya akan dibuat grafik supaya lebih mempermudah pembaca dalam memahami penelitian ini. Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 ini merupakan gambar efisiensi penyisihan N total dan P total yang memberikan nilai lebih bagus dalam penelitian ini jika dibandingkan dengan analisis pada tahap lainnya.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini maka dapat diperoleh kesimpulan yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.1 Nilai efisiensi penyisihan N total yang memiliki hasil lebih bagus



Gambar 3.2 Nilai efisiensi penyisihan P total yang memiliki hasil lebih bagus

1. Penggunaan rangkaian seri pada penelitian ini tidak begitu memberikan pengaruh terhadap penyisihan N total dan P total. Pada penelitian ini diperoleh nilai efisiensi penyisihan N total dan P total. Nilai efisiensi penyisihan N total pada penelitian ini yang terendah yaitu sebesar 9,423% dan penyisihan N total terbesar yaitu 27,095%. Nilai efisiensi penyisihan P total pada penelitian ini yang terendah yaitu 18,332% dan penyisihan P total terbesar yaitu 31,329%.
2. Dari dua variasi penambahan media *geotextile* pada *slow sand filter*, ketebalan media *geotextile* yang menunjukkan hasil yang lebih baik dalam penyisihan N total dan P total pada air baku yaitu ketebalan media *geotextile* 6 cm.
3. Dari dua variasi arah aliran yang digunakan pada *slow sand filter*, arah aliran yang menunjukkan hasil yang lebih baik dalam penyisihan N total dan P total pada air baku yaitu aliran *downflow-downflow*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia yang memberikan bantuan finansial pada penelitian ini melalui Hibah Penelitian Pascasarjana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hadi, W. 2012. "Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum". Surabaya: ITS Press.
- [2] Rooklidge, J.S., Burns, R.E., dan Bolte, P.J. 2005. "Modeling Antimicrobial Contaminant Removal in Slow Sand Filtration". *Water Research*. Vol. 39. Halaman 331-339. H. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*. New York: Springer-Verlag (1985) Ch. 4.
- [3] Rizki, M.H., Dini, R.P., dan Fitriani, N. 2013. "The Effectiveness of Geotextile on Slow Sand Filter in Removing Pollutant". Surabaya: *Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering and Planning, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. E. H. Miller, "A note on reflector arrays (Periodical style—Accepted for publication)," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, akan dipublikasikan.
- [4] Hamdani, R.I. 2010. "Kajian Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Bersih Dengan Kombinasi Proses Upflow Anaerobic Filter dan Slow Sand Filter". Surabaya: Tugas Akhir mahasiswa jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya.
- [5] Dini, R.P. 2013. "Penggunaan Unit Slow Sand Filter Untuk Mengolah Air Kali Surabaya Menjadi Air Siap Minum". Surabaya: Tesis mahasiswa Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Studi elektron spektroskopi pada media optik-pembesaran dan antarmuka substrat plastik (gaya jurnal terjemahan)," *IEEE Transl. J. Magn.Jpn.*, Vol. 2 (1987) 740–741 [*Dig. 9th Annu. Conf. Magnetics Japan* (1982) 301].
- [6] Astari, S. dan Rofiq, I. 2008. "Kehandalan Saringan Pasir Lambat Dalam Pengolahan Air". Bandung: Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- [7] Rahmayanti, S. 2012. "Analisis Penggunaan Downflow Slow Sand Filter Untuk Pengolahan Air Sumur Menjadi Air Minum Dengan Variasi Media Dan Kecepatan Filtrasi". Surabaya: Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya.