

# Pengaruh Ketebalan Media Geotekstil dan Arah Aliran Terhadap Penyisihan Kekeruhan dan Total Coli pada *Slow Sand Filter* Rangkaian Seri

AA Dewi Hendrayani, Nurina Fitriani dan 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**—Proses pembersihan pada *slow sand filter* dikenal dengan cara *scrapping*. Hal ini memerlukan biaya yang kurang ekonomis jika ditinjau dari segi proses pembaharuan media setelah proses *scrapping*. Cara *scrapping* dapat diminimisasi dengan penggunaan geotekstil pada *slow sand filter*. Selain itu juga dapat meningkatkan kinerja *slow sand filter* karena struktur geotekstil yang baik untuk proses filtrasi. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan air menggunakan *slow sand filter* dengan perpaduan variasi ketebalan media geotekstil dan arah aliran. Ketebalan media geotekstil yang digunakan adalah 4 cm dan 6 cm. Geotekstil yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe *nonwoven*. Sedangkan untuk arah aliran yang digunakan adalah *down-up* dan *down-down*. *Slow sand filter* yang digunakan disusun secara seri dengan tambahan unit *pretreatment* yaitu *roughing filter*. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini adalah kekeruhan dan total coli. Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh penyisihan kekeruhan yang lebih baik pada penelitian ini sebesar 91,55%. Penyisihan total coli yang lebih baik pada penelitian ini yaitu sebesar 99,38%. Hasil penyisihan kedua parameter tersebut diperoleh dari variasi ketebalan 6 cm dengan arah aliran *down-down*.

**Kata Kunci**—geotekstil, kekeruhan, *slow sand filter*, total coli

## I. PENDAHULUAN

PROSES pembersihan *slow sand filter* dilakukan dengan cara *scrapping*. Proses tersebut dilakukan dengan mengeruk bagian atas permukaan media filter setebal 1-2 cm [1]. Membran geotekstil merupakan membran dengan karakteristik berpori yang baik digunakan untuk proses filtrasi [2]. Penambahan geotekstil sebagai media filter dapat meningkatkan kinerja *slow sand filter* [3]. Melalui penambahan geotekstil sebagai media filter, maka proses *scrapping* dapat diminimisasi. Pada saat *clogging*, pembersihan cukup dilakukan dengan mencuci media geotekstil dan menggunakannya kembali setelah dibersihkan.

Keberadaan polutan pada air baku merupakan hal penting dalam proses pengolahan. Penyisihan polutan yang optimal perlu dilakukan untuk menghasilkan air hasil olahan yang sesuai dengan baku mutu kualitas air minum. Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini dilakukan pengolahan air menggunakan *slow sand filter* dengan penambahan media geotekstil. Selain penambahan media geotekstil digunakan

juga arah aliran sebagai salah satu variabel penelitian.

Air baku yang digunakan pada penelitian ini berasal dari *outlet* prasedimentasi IPAM Ngagel 1 Surabaya. Pengolahan ini dilengkapi dengan unit *pretreatment* berupa *roughing filter*. Penambahan unit *pretreatment* dilakukan karena *slow sand filter* dapat efektif dalam proses pengolahan dengan kekeruhan berkisar 10-50 NTU [4]. Keberadaan unit *roughing filter* nantinya yang akan menyisihkan kekeruhan terlebih dahulu sebelum air baku masuk ke *slow sand filter*. Selain itu, untuk meningkatkan kualitas air hasil olahan, unit *slow sand filter* disusun secara seri.

Proses aklimatisasi media merupakan awal dari dimulainya penelitian ini. Proses ini dilakukan untuk menumbuhkan lapisan *biofilm* pada media filter yang digunakan. Semakin sempurna proses pematangan lapisan *biofilm* maka mikroorganisme akan dapat bekerja secara optimum dalam proses pemurnian air [5]. Proses ini dapat berlangsung dalam waktu yang beragam tergantung pada kondisi ekosistem proses tersebut berlangsung [6].

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian dua variasi yang berbeda yaitu ketebalan media geotekstil dan arah aliran. Proses uji nantinya akan menggunakan dua parameter yang akan dianalisis yaitu kekeruhan dan total coli. Berdasarkan hal tersebut nantinya ingin diketahui efisiensi penyisihan kekeruhan dan total coli pada air hasil olahan. Selain itu, penentuan variasi ketebalan media geotekstil dan arah aliran juga dilakukan pada penelitian ini.

## II. METODA PENELITIAN

### A. Ide Penelitian

Penelitian ini didasari oleh beberapa faktor permasalahan seperti peningkatan kinerja dan mempermudah pembersihan unit *slow sand filter*. Selain itu faktor lain adalah keberadaan polutan pada air baku yang perlu disisihkan untuk mencapai kualitas air hasil olahan yang memenuhi baku mutu kualitas air minum. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan studi literatur mengenai persyaratan kualitas air minum, *slow sand filter*, geotekstil, parameter terkait, dan penelitian-penelitian terdahulu. Akhirnya dilakukan penelitian mengenai

pengolahan air minum menggunakan *slow sand filter* dengan penambahan geotekstil.

### B. Persiapan Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan empat buah unit *roughing filter* yang disusun secara seri. Unit ini terbuat dari kaca dengan dimensi panjang 30 cm dan lebar 30 cm. Unit ini memiliki kecepatan pengaliran sebesar 1,5 m/jam. Berdasarkan hasil perhitungan, debit yang dialirkan ke unit *roughing filter* yaitu 37,5 ml/detik. Ketinggian media kerikil yang digunakan yaitu 60 cm. Diameter media kerikil yang digunakan berkisar 2-3 cm.

Unit *slow sand filter* yang digunakan pada penelitian ini sebanyak dua unit yang disusun secara seri. Unit *slow sand filter* dilengkapi dengan *baffle* untuk memisahkan antara unit pertama dengan unit kedua. Unit ini terbuat dari material akrilik dengan dimensi panjang 30 cm dan lebar 30 cm untuk setiap unitnya. Ketinggian media pasir yang digunakan yaitu 60 cm. Unit ini juga dilengkapi dengan media penyangga berupa media kerikil. Kecepatan pengaliran *slow sand filter* pada saat penelitian yaitu 0,3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.jam. Berdasarkan hasil perhitungan, debit yang dialirkan ke unit *slow sand filter* yaitu 7,5 ml/detik. Proses pengecekan debit dilakukan setiap saat pengambilan sampel agar debit yang masuk ke sistem *slow sand filter* dapat dalam keadaan konstan.

Selama proses pengoperasian, digunakan pompa untuk mengalirkan air baku ke tandon. Setelah dari tandon nantinya air akan mengalir secara gravitasi ke unit *roughing filter* dan *slow sand filter*. Mengenai pipa dan aksesoris pipa yang digunakan berjenis PVC. Sebagai media tambahan, geotekstil yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe *nonwoven*. Ketebalan geotekstil yang digunakan adalah 0,2 cm dan 0,5 cm per helainya. Media pasir yang digunakan pada penelitian ini berdiameter 0,15-0,35 mm. Jenis pasir yang dipilih untuk media filter adalah jenis pasir gunung. Sedangkan untuk media kerikil yang digunakan sebagai media penyangga memiliki diameter 2-3 cm.

Peralatan yang digunakan untuk proses analisis kekeruhan adalah HACH Turbidimeter 2100N. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk proses analisis total coli adalah inkubator, *autoclave*, neraca analitik, dan *glassware*. Mengenai bahan yang digunakan untuk analisis kekeruhan meliputi aquades dan air sampel. Analisis total coli memerlukan bahan seperti media agar *lactose broth*, NaCl, aquades serta air sampel.

### C. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan merupakan pelaksanaan proses aklimatisasi. Aklimatisasi dilakukan pada media filter dengan merendam media menggunakan air baku. Tujuan dari proses ini adalah melakukan pembentukan lapisan *biofilm* pada media filter. Selain itu melalui proses ini, mikroorganisme juga dapat melakukan adaptasi dan pertumbuhan pada lingkungan barunya. Penelitian pendahuluan dilakukan sebelum proses pengambilan sampel untuk analisis dilakukan. Mengenai waktu pelaksanaannya disesuaikan dengan tahap pengoperasian unit *slow sand filter*.

### D. Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini akan digunakan dua buah variabel penelitian yaitu ketebalan media geotekstil dan arah aliran. Variabel ketebalan media geotekstil terdiri dari variasi ketebalan 4 cm dan 6 cm. Mengenai variabel arah aliran, digunakan variasi arah aliran *down-up* dan *down-down*. Arah aliran *up* yaitu pergerakan air mulai dari bawah menuju ke atas. Sedangkan untuk arah aliran *down* yaitu pergerakan air mulai dari atas ke bawah. Pada penelitian ini digunakan juga variasi kontrol untuk memudahkan proses analisis mengenai penambahan geotekstil. Variasi kontrol akan dioperasikan dengan arah aliran yang sama namun tanpa penggunaan media geotekstil.

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada tiga tahap sesuai dengan variasi yang digunakan. Pada tahap pertama dilakukan penelitian dua variasi yaitu A1 (ketebalan geotekstil 4 cm dan arah aliran *down-up*) dan B1 (ketebalan geotekstil 4 cm dan arah aliran *down-down*). Tahap kedua dilakukan penelitian dua variasi yaitu A2 (ketebalan geotekstil 6 cm dan arah aliran *down-up*) dan B2 (ketebalan geotekstil 6 cm dan arah aliran *down-down*). Tahap terakhir yaitu tahap ketiga yang dilakukan penelitian variasi A3 (tanpa geotekstil dan arah aliran *down-up*) dan B3 (tanpa geotekstil dan arah aliran *down-down*).

Analisis kekeruhan dilakukan menggunakan turbidimeter dimana metode yang digunakan adalah metode *Nephelometric*. Pada analisis total coli dilakukan dengan metode MPN khususnya pada tahap uji pendugaan. Hal ini dikarenakan oleh proses analisis yang hanya difokuskan pada total coli. Proses analisis sampel dilakukan selama tujuh hari untuk masing-masing tahap. Dilakukan dua kali pengambilan sampel pada saat pelaksanaan penelitian yaitu pagi dan sore. Proses pengaliran pada siste pengolahan dilakukan secara kontinyu selama 24 jam per hari.

Pengambilan sampel dilakukan di lima titik yang berbeda pada unit *slow sand filter*. Pengambilan pertama dilakukan untuk mengetahui kualitas air baku yang masuk ke unit *slow sand filter*. Pengambilan kedua dan ketiga dilakukan untuk mengetahui kualitas air hasil olahan dari unit pertama. Pengambilan keempat dan kelima dilakukan untuk mengetahui kualitas air hasil olahan dari unit kedua. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan botol sampel kaca yang sudah disterilisasi sebelum pengambilan sampel.

Proses pembersihan geotekstil dilakukan dengan cara pencucian. Cukup dengan mengaliri air di atas permukaan geotekstil yang penuh kotoran dan setelah itu digunakan kembali. Pada penelitian ini proses pembersihan *scrapping* tidak dilakukan. Penentuan batas *clogging* pada unit *slow sand filter* dilakukan untuk mengetahui waktu proses pembersihan pada geotekstil. Penentuan batas *clogging* pada unit *roughing filter* dilakukan untuk mengetahui waktu *backwash*.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Efisiensi Penyisihan Kekeruhan pada Air Hasil Olahan Slow Sand Filter

Kekeruhan merupakan salah satu parameter penting dalam proses filtrasi [5]. Kekeruhan memiliki fungsi sebagai pembawa nutrisi bagi mikroorganisme berupa bahan organik. Melalui hal tersebut maka kekeruhan air baku dapat membantu proses biologis yang berlangsung pada unit *slow sand filter*. Berdasarkan hasil analisis parameter kekeruhan, peningkatan konsentrasi kekeruhan sering terjadi pada unit kedua dengan arah aliran *up*. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi supernatan pada unit kedua yang berada dibagian atas. Kondisi tersebut membuat supernatan rentan terkontaminasi oleh berbagai faktor dari lingkungan luar. Salah satu faktor yang menyebabkan peningkatan konsentrasi ini adalah kontaminasi air hujan dan debu. Keadaan area supernatan yang terbuka dan kondisi yang cukup tidak stabil menyebabkan konsentrasi kekeruhan di lokasi ini sering mengalami peningkatan.

Penyisihan kekeruhan yang terjadi pada unit pertama berlangsung cukup baik. Namun peranan unit kedua tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat disebabkan oleh proses penyisihan yang sudah cukup baik terjadi pada *slow sand filter* pertama. Akibat dari banyaknya polutan yang sudah tersisihkan pada unit pertama menyebabkan peranan unit kedua tidak terlalu penting. Peranan unit kedua cenderung mengalami penurunan ketika variasi dengan arah aliran *down-up* dianalisis.

Berdasarkan analisis kekeruhan yang diperoleh, air baku menunjukkan konsentrasi kekeruhan yang berfluktuasi. Hal ini memicu terjadinya *clogging* pada unit *slow sand filter*. Proses *clogging* dapat dipengaruhi oleh mekanisme *screening* yang terjadi pada unit *slow sand filter* [1]. Polutan mengendap pada permukaan media dan mulai mempersempit pori-pori media sehingga air susah melewati media. Setelah proses pembersihan geotekstil dilakukan, konsentrasi kekeruhan tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini dapat dikarenakan oleh jeda waktu pengambilan sampel yang cukup lama.

#### B. Efisiensi Penyisihan Total Coli pada Air Hasil Olahan Slow Sand Filter

Bakteri *coliform* dapat tumbuh dan berkembang pada unit *slow sand filter* [7]. Keberadaan bakteri *coliform* dapat mendegradasi kandungan zat organik yang terkandung pada air baku. Kandungan zat organik dapat dilihat dari konsentrasi kekeruhan air baku. Partikel organik akan ditangkap dan diendapkan pada permukaan media filter [1]. Hal ini merupakan keberlangsungan dari proses degradasi pada unit *slow sand filter*.

Penyisihan yang terjadi pada unit pertama dan unit kedua berlangsung cukup baik. Penyisihan yang terjadi dapat dipengaruhi oleh laju aliran pada unit *slow sand filter* yang lambat. Laju aliran yang tinggi dapat menyebabkan pergerakan mikroba yang cukup kuat [8]. Pergerakan mikroorganisme yang kuat dapat mengakibatkan mikroorganisme tersebut lolos dan

terbawa aliran air hasil olahan. Ketika laju alirannya lambat, maka mikroorganisme dapat berkesempatan menempel pada permukaan media yang mengandung bahan organik. Sehingga proses degradasi dapat terjadi dengan baik pada *slow sand filter*.

Penyisihan total coli pada unit *slow sand filter* juga dapat dikarenakan oleh fase pertumbuhannya. Mikroorganisme memiliki empat fase pertumbuhan mulai dari fase pertambahan sel hingga fase kematian [9]. Ketika bahan organik mengalami penurunan maka fase kematian akan cenderung terjadi. Hal ini dapat disebabkan oleh persaingan makanan yang terjadi antara bakteri *coliform* dengan mikroorganisme lainnya. Selain itu, kematangan *biofilm* juga menjadi penyebabnya. Kematangan *biofilm* dapat menunjang peningkatan daya saring bakteri ada unit *slow sand filter* [10]. Peristiwa tersebut terjadi karena kematangan *biofilm* diawali dengan adanya bahan organik yang menempel pada media filter. Keberadaan bahan organik tersebut menyebabkan mikroorganisme ingin menempel pada media filter.

Namun berdasarkan hasil analisis, nilai total coli belum dapat dinyatakan memenuhi syarat kualitas air minum. Hal ini disebabkan oleh jumlah total coli yang masih di atas nol per 100 ml sampel. Selain itu penyisihan yang terjadi pada unit pertama tidak sama dengan yang terjadi pada unit kedua. Hasil penyisihan unit kedua lebih sedikit jika dibanding unit pertama. Hal ini dapat disebabkan oleh kandungan polutan yang sudah mulai berkurang pada unit kedua. Kandungan bahan organik yang mulai berkurang menyebabkan terjadinya penyisihan total coli pada unit kedua.

#### C. Perbandingan Kinerja antara Variasi Tanpa Penambahan Media Geotekstil dan Variasi dengan Penambahan Media Geotekstil

Pada hasil perbandingan dapat diperkirakan terjadi tiga kemungkinan pada unit *slow sand filter*. Melalui penambahan media geotekstil dapat terjadi penurunan, peningkatan, atau kinerja yang sama pada *slow sand filter*. Penambahan media geotekstil dianggap mampu meningkatkan kinerja unit *slow sand filter* [3]. Perbandingan tersebut dilakukan dengan membandingkan hasil efisiensi penyisihan rata-rata pada variasi dengan penambahan media geotekstil dan variasi kontrol. Ketika variasi kontrol lebih tinggi hasilnya daripada variasi dengan penambahan media geotekstil maka terjadi penurunan kinerja. Namun ketika variasi kontrol lebih rendah hasilnya daripada variasi dengan penambahan media geotekstil maka terjadi peningkatan kinerja. Ketika hasil kedua variasi yang dibandingkan sama maka tidak terjadi peningkatan maupun penurunan kinerja.

Efisiensi penyisihan yang digunakan patokan dalam analisis perbandingan ini adalah penyisihan total. Pada penelitian ini dilakukan tiga perhitungan persentase efisiensi penyisihan. Persentase pertama merupakan efisiensi dari unit pertama, persentase kedua merupakan efisiensi dari unit kedua, dan persentase ketiga merupakan efisiensi penyisihan secara total. Efisiensi penyisihan total untuk parameter kekeruhan dan total coli menunjukkan hasil yang beragam. Hal ini dapat

Tabel 1.  
Persentase Rata-rata Efisiensi Penyisihan Parameter Kekeruhan

Variasi	Persentase Efisiensi Kekeruhan (%)
A1	88,55
B1	89,45
A2	89,29
B2	91,55
A3	84,91
B3	88,31

Tabel 2.  
Persentase Rata-rata Efisiensi Penyisihan Parameter Total Coli

Variasi	Persentase Efisiensi Total Coli (%)
A1	98,92
B1	99,16
A2	99,25
B2	99,38
A3	96,24
B3	96,81

disebabkan oleh kualitas air baku yang memasuki unit *slow sand filter*. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai persentase yang dapat dilihat pada Tabel 1.

A1 – Variasi dengan ketebalan media geotekstil 4 cm dan arah aliran *down-up*

B1 – Variasi dengan ketebalan media geotekstil 4 cm dan arah aliran *down-down*

A2 – Variasi dengan ketebalan media geotekstil 6 cm dan arah aliran *down-up*

B2 – Variasi dengan ketebalan media geotekstil 6 cm dan arah aliran *down-down*

A3 – Variasi tanpa media geotekstil dan arah aliran *down-up*

B3 – Variasi tanpa media geotekstil dan arah aliran *down-down*

Pada Tabel 1. dapat dilihat persentase penyisihan variasi tanpa media geotekstil lebih rendah jika dibandingkan variasi dengan penambahan media geotekstil. Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan kinerja pada unit *slow sand filter* dengan penambahan geotekstil.

Proses penyisihan polutan pada *slow sand filter* dapat berlangsung melalui tiga mekanisme. Mekanisme tersebut meliputi *transport mechanisms*, *attachment mechanisms*, dan *purification mechanisms*. Ketiga mekanisme itu dapat berlangsung secara bersamaan pada unit *slow sand filter*. Namun dalam proses penyisihan kekeruhan mekanisme proses penyisihan yang dominan terjadi adalah *transport mechanisms*. Salah satu proses utama *transport mechanisms* adalah proses *screening*. Proses *screening* yang terjadi dalam reaktor cukup berpotensi dalam proses penyisihan kekeruhan. Partikel yang berukuran lebih besar dari pori media filter menyebabkan banyaknya partikel penyebab kekeruhan yang tertahan pada permukaan media filter [1].

A1 – Variasi dengan ketebalan media geotekstil 4 cm dan arah aliran *down-up*

B1 – Variasi dengan ketebalan media geotekstil 4 cm dan arah aliran *down-down*

A2 – Variasi dengan ketebalan media geotekstil 6 cm dan arah aliran *down-up*

B2 – Variasi dengan ketebalan media geotekstil 6 cm dan arah aliran *down-down*

A3 – Variasi tanpa media geotekstil dan arah aliran *down-up*

B3 – Variasi tanpa media geotekstil dan arah aliran *down-down*

Pada Tabel 2. dapat dilihat bahwa variasi tanpa media geotekstil memiliki persentase penyisihan yang lebih rendah dibandingkan dengan variasi lainnya. Hal ini menunjukkan hal yang sama dengan parameter kekeruhan dimana terjadi peningkatan kinerja pada *slow sand filter*.

Pada penyisihan total coli, mekanisme yang lebih dominan terjadi adalah *attachment mechanisms* dan *purification mechanisms*. Melalui mekanisme *attachment* mikroorganisme dalam hal ini total coli dapat berkembang biak pada unit *slow sand filter* khususnya pada permukaan media filter. Sedangkan untuk *purification mechanisms* terjadi proses pemurnian dimana bakteri memakan bahan organik untuk dua hal yaitu untuk metabolisme dan pertumbuhan mereka. Mekanisme ini biasanya dominan terjadi pada bagian lapisan *schmutzdecke*.

#### D. Ketebalan Media Geotekstil yang Lebih Baik pada Penelitian Ini

Variasi ketebalan media geotekstil yang lebih baik pada penelitian ini akan diketahui melalui persentase rata-rata efisiensi penyisihan parameter uji. Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa persentase tertinggi untuk parameter kekeruhan adalah 91,55 %. Sedangkan untuk parameter total coli yang paling tinggi yaitu sebesar 99,38%. Kedua persentase tersebut merupakan hasil dari variasi dengan ketebalan 6 cm. Oleh karena itu ketebalan yang lebih baik pada penelitian ini adalah ketebalan 6 cm.

Penyisihan yang terjadi cukup baik dengan penambahan media geotekstil. Hal ini dapat dikarenakan geotekstil jenis *nonwoven* dapat dengan efektif menyisihkan kontaminan pada air permukaan yang akan disaring [11]. Selain itu serat-serat geotekstil mampu menyebabkan polutan yang terkandung dalam air melekat pada permukaannya [3]. Peristiwa melekatnya polutan dapat disebabkan oleh ukuran partikel yang tidak bisa melewati pori-pori geotekstil. Selain itu, melekatnya polutan seperti mikroorganisme dapat disebabkan oleh adanya nutrisi yang melekat pada geotekstil.

#### E. Arah Aliran yang Lebih Baik pada Penelitian Ini

Arah aliran *down* terjadi aliran vertikal secara gravitasi dari atas ke bawah [12]. Sedangkan arah aliran *up* terjadi arah aliran vertikal dimana air mengalir dari bawah ke atas [12]. Penentuan arah aliran yang lebih baik dilakukan berdasarkan pada hasil pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1. variasi dengan arah aliran *down-down* lebih baik jika dibandingkan dengan arah aliran *down-up*. Hal ini dapat diperkirakan karena kondisi arah aliran *up* yang cenderung menyebabkan penurunan kualitas air hasil olehan.

Kondisi unit *slow sand filter* yang didesain secara terbuka membuat kontaminasi pada area supernatan unit arah aliran *up* mudah terjadi. Hal ini juga didukung dengan posisi area supernatan yang terdapat dibagian atas. Selain itu peristiwa ini juga menurunkan peranan unit kedua dalam menyisihkan

polutan. Oleh karena itu arah aliran yang lebih baik pada penelitian ini adalah arah aliran *down-down*. Hal ini disebabkan oleh posisi area supernatan aliran *down* yang berada dibagian bawah dan tidak langsung terpapar lingkungan luar.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil parameter kekeruhan dan total coli dapat dinyatakan terjadi peningkatan kinerja pada *slow sand filter* dengan penambahan geotekstil tipe *nonwoven*. Persentase penyisihan yang ditunjukkan juga tergolong baik berdasarkan kedua parameter tersebut. Diperlukan kajian lebih lanjut mengenai potensi antara geotekstil tipe *woven* dan *nonwoven*. Sehingga dapat diketahui tipe geotekstil mana yang potensinya lebih baik untuk peningkatan kinerja *slow sand filter*. Namun, peranan unit *slow sand filter* kedua tidak terlalu besar sehingga penggunaan rangkaian seri tidak menghasilkan pengaruh yang signifikan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial atas pelaksanaan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Huisman and W.E. Wood, *Slow Sand Filtration*. Geneva: WHO, 1974.
- [2] Y. S. Hong and C. S. Wu, "Filtration behaviour of soil-nonwoven geotextile combinations subjected to various loads," *Journal of Geotextiles and Geomembranes*, vol. 29, pp. 102–115, 2011.
- [3] H. M. Rizki, P. R. Dini, N. Fitriani, W. Hadi, and N. Kamaningroem, "The Effectiveness of Geotextile on Slow Sand Filter in Removing Pollutant. The 4<sup>th</sup> International Seminar Departement of Environmental Engineering, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya and Public Health Program Study, Medical Faculty, Udayana University, 25-26 June, 2013.
- [4] W. Hadi, *Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. Surabaya: ITS Press, 2012.
- [5] V. K. Tyagi, A.A. Khan, A.A. Kamzi, I. Mehrotra, and A. K. Chopra, "Slow sand filtration of UASB reactor effluent: A promising pots treatment technique," *Journal of Desalination*, vol. 249, pp. 571-576, 2009.
- [6] B. T. A. Bossuyt and C. R. Janssen, "Long-term acclimation of *Pseudokirchneriella subcapitata* (Korshikov) Hindak to different copper concentrations: changes in tolerance and physiology," *Journal of Aquatic Toxicology*, vol. 68, pp. 61–74, 2004.
- [7] J. Martensson and H. S. Jabur, *Mishaps linked to incorrect use of slow sand filters, Recent Progress in Slow Sand and Alternative Biofiltration Processes*. London: IWA Publishing, 2006.
- [8] Y. L. Li, A. Deletic, L. Alcazar, K. Bratieres, T. D. Fletcher, and D. T. McCarthy, "Removal of *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* and F-RNA coliphages by stormwater biofilters," *Journal of Ecological Engineering*, vol. 49, pp. 137–145, 2012.
- [9] Y. Trihadiningrum, *Buku Pegangan Kuliah Mikrobiologi Lingkungan*. Surabaya : Jurusan Teknik Lingkungan-ITS, 1995.
- [10] J. Langmark, M. V. Storey, N. J. Ashbolt, and T. A. Stenstrom, "Artificial groundwater treatment: biofilm activity and organic carbon removal performance ," *Journal of Water Research*, vol. 38, pp. 740–748, 2004.
- [11] E. Lamy, L. Lassabatere, B. Bechet, and H. Andrieu, "Effect of a nonwoven geotextile on solute and colloid transport in porous media under both saturated and unsaturated conditions," *Journal of Geotextiles and Geomembranes*, vol. 36, pp. 55–65, 2013.
- [12] L. Siami, *Studi kemampuan filter kain sebagai pengolahan awal dalam menurunkan kekeruhan dan TSS*. Surabaya: Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan-ITS, 2008.