

PENYISIHAN KEKERUHAN PADA SISTEM PENGOLAHAN AIR SUNGAI TEMBALANG DENGAN TEKNOLOGI RAPID SAND FILTER

Catur Pamularsih, Dera Choanji, I Nyoman Widiasta^{*)}

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Desain dari teknologi rapid sand filter berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lain karena memiliki perbedaan dari influennya. Hal tersebut melatarbelakangi pengolahan air sungai di tembalang agar didapat desain yang optimal, efektif, dan efisien sehingga hasil keluaran dari rapid sand filter dapat digunakan masyarakat sekitar. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan pola pengoperasian rapid sand filter dengan umpan air sungai tembalang. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah loading rate (10, 11, 12 gpm/ft²), tinggi media filter (60 dan 100 cm), serta penambahan koagulan terhadap air umpan. Dari penelitian didapatkan hasil pengurangan kekeruhan 85% dengan menggunakan loading rate sebesar 10,2 gpm/ft² pada ketinggian media filter 100 cm. Pada loading rate 11,75 gpm/ft² penyisihan kekeruhan dengan menggunakan koagulan akan lebih efektif jika dibandingkan dengan tidak memakai koagulan.

Kata kunci: loading rate; Turbiditas; Koagulan; Rapid Sand Filter; Padatan Tersuspensi

Abstract

Design of rapid sand filters differ from one place to another because it has the distinction of influent. Therefore in order to obtain the optimal, effective and efficient design for water treatment tembalang river so that the effluent can be used around the community. The purpose of this study is to get a pattern of rapid sand filter operation with water from Tembalang river. Variables used in this study is the loading rate (10, 11, 12 gpm/ft²), high media filter (60 and 100 cm), and the addition of coagulant. The result of study showed 85% reduction of turbidity by using a loading rate of 10.2 gpm/ft² at height of 100 cm filter media. At loading rate 11.75 gpm/ft² removal turbidity by using a coagulant will be more effective when compared to not using coagulants.

Keywords : loading rate; Turbidity; coagulant; Rapid Sand Filters; Suspended Solids

1. Pendahuluan

Ketersediaan air yang cukup secara kuantitas, kualitas, dan kontinuitas sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia. Dewasa ini, yang menjadi masalah utama adalah kualitas dan kuantitas air tidak mampu lagi untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat [1]. Sekitar 70% permukaan bumi ditempati oleh air, namun 97% darinya adalah air laut. Terbatasnya jumlah air bersih tidak sebanding dengan pertambahan jumlah penduduk dunia yang menyebabkan konsumsi air segar meningkat drastis. Krisis air bersih juga disebabkan oleh penurunan kualitas air sebagai akibat dari pencemaran dan kegiatan manusia.

Pada umumnya, Rapid Sand Filter dapat digunakan untuk mengurangi padatan tersuspensi dan tingkat kekeruhan. Sistem ini menggunakan media pasir sebagai filter bed, dimana suspended solid akan tertahan pada permukaan media pasir. Terdapat dua mekanisme penting dalam rapid sand filter yaitu, mekanisme perpindahan dan penempelan. Yang termasuk dalam mekanisme perpindahan antara lain, interception, sedimentasi, inertial, diffusi dan turbulence. Sedangkan yang termasuk dalam mekanisme penempelan adalah gaya van der Waals, adhesi dan gaya elektrostatik [2,3].

Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian lebih lanjut dalam penggunaan Rapid Sand filter pada pengolahan air Sungai Tembalang untuk memperoleh desain yang optimal, efektif, dan efisien. Untuk mendapatkan efisiensi penyisihan kekeruhan, akan dikaji pengaruh loading rate, ketinggian media filter dan proses pretreatment terhadap tingkat kekeruhan effluent.

^{*)}Penulis Penanggung Jawab

2. Bahan dan Prosedur Penelitian

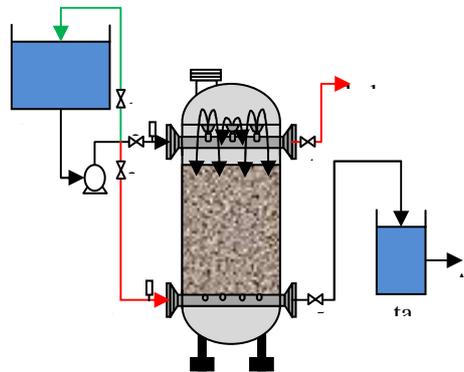
2.1 Bahan Penelitian

Umpan yang digunakan adalah air Sungai Tembalang yang terletak disekitar Universitas Diponegoro.

2.2 Prosedur Penelitian

Sebelum pengambilan data dilakukan, dilakukan pengukuran diameter efektif dan *uniformity coefficient* dari pasir yang digunakan. Variabel bebas yang ditentukan adalah loading rate 10, 11 dan 12 gpm/ft^2 serta tinggi media filter 60 dan 100 cm. Air dari Sungai Tembalang ditampung kedalam bak penampungan. Operasi filtrasi dimulai dengan dialirkannya air umpan kedalam kolom rapid sand filter. Setiap 5 menit dilakukan pencatatan kekeruhan. Prosedur ini dilakukan selama 60 menit. Setelah prosedur selesai maka dilakukan operasi backwash atau pencucian media filter selama 5 menit.

Peralatan penelitian yang digunakan ditunjukkan pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1. Rapid Sand Filter

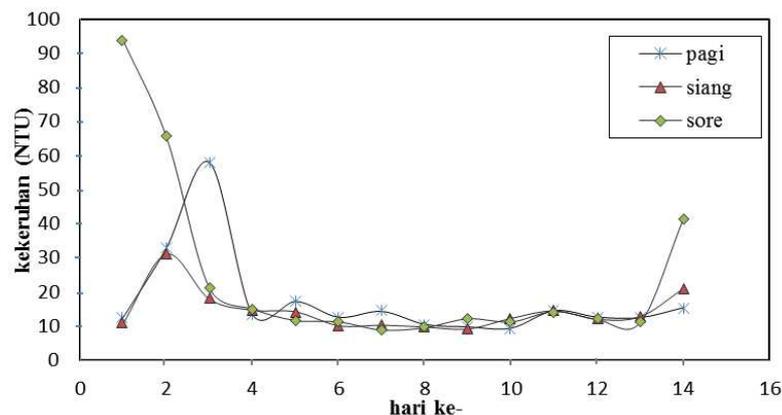
Keterangan Gambar 2.1 :

- : Jalur Filtrasi
- : Jalur Backwash
- : Jalur Resirkulasi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik air Sungai Tembalang

Analisa tingkat kekeruhan pada air Sungai Tembalang dilakukan selama 2 minggu pada tanggal 3 – 17 Desember 2012, diperoleh hasil seperti pada Gambar 3.1. Data diambil pada saat musim pancaroba, sehingga diperoleh hasil tingkat kekeruhan air sungai yang fluktuatif. Pada saat cuaca normal, diperoleh tingkat kekeruhan konstan setiap harinya yaitu ± 10 NTU. Namun pada saat musim hujan, air sungai sangat keruh mencapai 90 NTU.

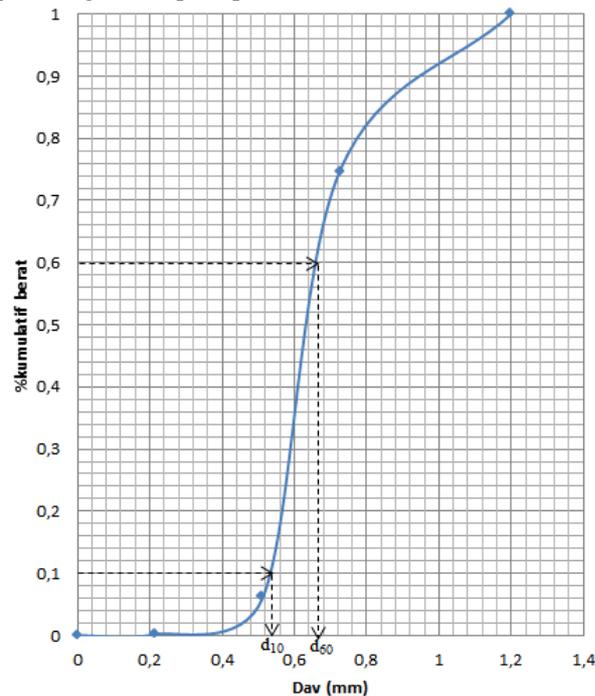


Gambar 3.1 Tingkat kekeruhan air Sungai Tembalang

Tingkat kekeruhan influent yang diijinkan pada desain rapid sand filter adalah maksimum 25 NTU [4]. Efisiensi penyisihan kekeruhan yang diijinkan pada rapid sand filter adalah minimal 90% [5]. Oleh karena itu, pada tingkat kekeruhan lebih dari 25 NTU dilakukan proses pretreatment influent agar memenuhi ketentuan desain. Proses pretreatment yang dilakukan adalah koagulasi dengan penambahan koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*).

3.2 Karakteristik media filter

Analisa karakteristik media filter menggunakan sieve shaker dengan ukuran mess 0,85 mm; 0,6 mm dan 0,45 mm, diperoleh grafik seperti pada Gambar 3.2.



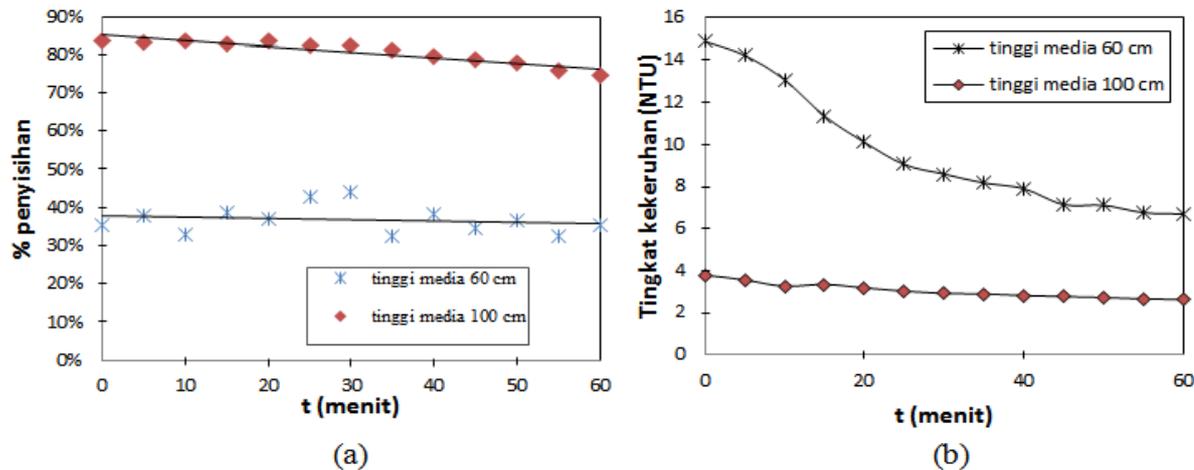
Gambar 3.2 Distribusi Ukuran Pasir

Diameter efektif (D_{10}) pada penelitian ini yang terukur adalah 0,53 mm dan *uniformity coefficient* (UC) nya 1,3. Diameter efektif yang dipakai diluar dari rentang yang ditentukan oleh EPA yaitu 0,8 – 1 mm namun masih dalam rentang yang direkomendasikan oleh AWWA yaitu 0,5 – 6 mm untuk rapid sand filter. Uniformity coefficient yang digunakan masih dalam rentang yang direkomendasikan oleh EPA (1,3 – 1,5) maupun AWWA (1,2 – 1,5).

Diameter efektif dan uniformity coefficient berpengaruh terhadap penyisihan kekeruhan dan headloss yang terjadi pada filter. Semakin kecil diameter efektif yang digunakan maka penyisihan kekeruhan akan semakin baik. Hal ini dikarenakan semakin kecil diameter efektif, porositas akan semakin kecil yang mengakibatkan partikel padatan yang ukurannya lebih besar dari porositas media filter akan tertahan diatas permukaan pasir [6].

3.3 Efek perbedaan ketinggian media filter

Ketinggian media filter yang digunakan dalam penelitian ini divariasikan 60 cm dan 100 cm pasir dalam filter. Umpan air mempunyai tingkat kekeruhan sebesar 23 NTU dengan loading rate 11,7 gpm/ft². Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 (a) Dinamika prosentase penyisihan kekeruhan;
 (b) Dinamika tingkat kekeruhan effluent

Ketinggian media filter mempunyai pengaruh terhadap penyisihan kekeruhan dan headloss. Pada penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 3.1, didapat semakin tinggi media bed semakin meningkat penyisihan turbiditasnya. Hasil yang diperoleh dari penelitian pada ketinggian 60 cm penyisihan kekeruhan mencapai 36% sedangkan untuk ketinggian media filter 100 cm penghilangan turbiditasnya mencapai 81%. Semakin tinggi media bed yang dipakai maka penyisihan kekeruhan akan semakin baik namun headloss yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin tinggi media filter maka semakin banyak ruang kosong antar partikel sehingga partikel yang terjebak dalam media filter akan lebih banyak dan penyisihan kekeruhan semakin baik [7].

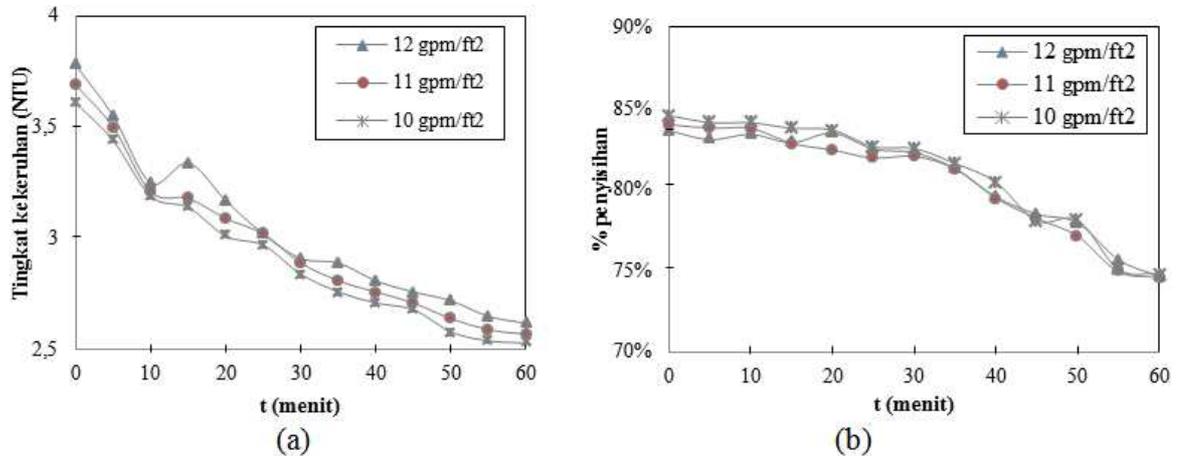
Semakin tinggi media filter juga dapat menyebabkan semakin besarnya headloss yang dihasilkan dan semakin cepat clogging yang terjadi sehingga media filter harus di backwash agar hasil keluaran mencapai target yang ditentukan.

Tabel 3.1 Desain media filter dan loading rate pada sand filter

Referensi	Media	loading rate (gpm/ft ²)	De (mm)	Uc	Tinggi media (cm)	% penyisihan turbiditas
antonina et al (2009)	Pasir	0,01	0,25	4,7	25	53,0
					65	81,8
Burhanettin et al (2003)	apung	7,24	0,75	-	100	95,0
					75	82,5
					47	79,0

3.4 Efek Penambahan Loading Rate

Loading rate pada percobaan ini di variasikan dari 10 gpm/ft² sampai 12 gpm/ft² dengan kekeruhan influent 23 NTU dan ketinggian media 100 cm. Hasil dari percobaan dilihat pada Gambar 3.4, diperoleh bahwa meningkatkan loading rate akan menurunkan efisiensi penyisihan kekeruhan atau meningkatkan kekeruhan.



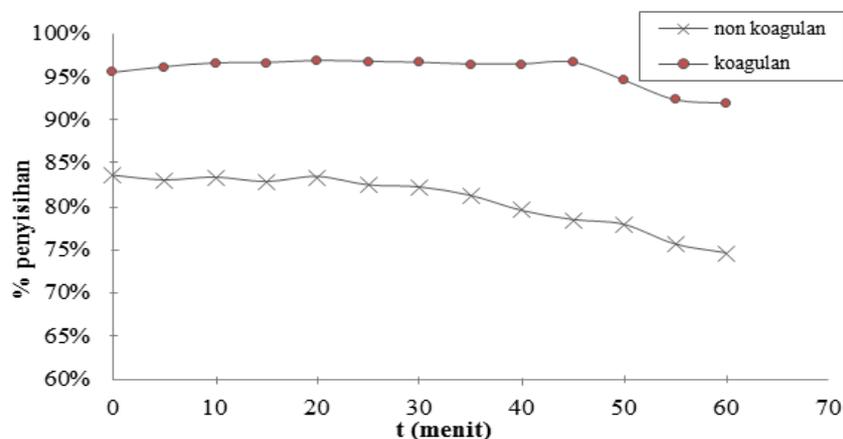
Gambar 3.4 (a) Dinamika tingkat kekeruhan pada effluent;
 (b) Dinamika prosentase penyisihan kekeruhan

Penghilangan partikel terdiri dari dua tahap proses, yaitu : (a) perpindahan partikel dari aliran massa menuju media filter kolektor, (b) penempelan partikel pada media filter atau partikel lainnya. Efisiensi penyisihan kekeruhan menurun dengan loading rate yang lebih tinggi karena kecepatan yang tinggi akan mengurangi waktu perpindahan partikel dan gaya hidrodinamika yang lebih besar akan menurunkan efisiensi penempelan partikel pada media filter atau partikel lainnya. Partikel padatan tersuspensi akan lebih terdorong terbawa aliran, sehingga tingkat kekeruhan effluent lebih besar [10].

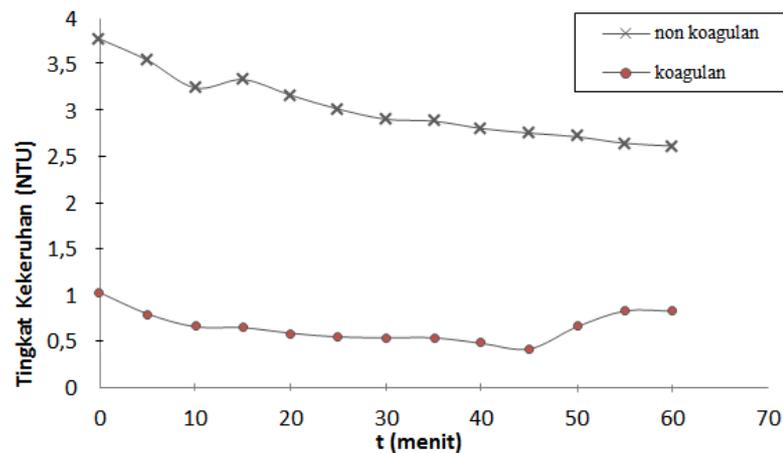
3.5 Efek Penambahan Koagulan sebagai Pretreatment Proses Filtrasi

Rapid sand filter rata-rata beroperasi pada loading rate 5 gpm/ft² dan maksimum pada 8 gpm/ft² [11]. Namun dari beberapa studi, mengamati bahwa kualitas effluent tidak banyak dipengaruhi oleh kenaikan loading rate. Dan performa proses filtrasi lebih tergantung pada karakteristik air influent, level koagulasi, pretreatment, dan konfigurasi media [12]. Efisiensi penyisihan kekeruhan yang diijinkan pada rapid sand filter adalah > 90% [5]. Loading rate yang dipakai pada penelitian ini adalah 11,75 gpm/ft² dengan air influent 23,1 NTU, dengan membandingkan menambahkan koagulan dan tidak. Koagulan yang di pakai adalah PAC (Poly Aluminium Chloride) 40 ppm.

Hasil percobaan seperti pada Gambar 3.5 dan 3.6, tidak ada penambahan koagulan diperoleh data bahwa rata-rata efisiensi penyisihan diatas 80% dan tingkat kekeruhan effluent 3 NTU, sedangkan dengan penambahan koagulan PAC diperoleh penyisihan kekeruhan diatas 90% dan rata-rata tingkat kekeruhan effluent 0,6 NTU.



Gambar 3.5 Dinamika prosentase penyisihan kekeruhan



Gambar 3.6 Dinamika tingkat kekeruhan pada effluent

Pada penambahan koagulan terjadi pembentukan partikel, perubahan distribusi ukuran partikel dan perubahan karakteristik permukaan partikel [10]. Koagulasi adalah proses pengkondisian partikel padatan tersuspensi untuk terjadi gumpalan dan menghasilkan partikel yang lebih besar yang lebih mudah dihilangkan pada proses filtrasi. Kekeruhan dalam air disebabkan oleh padatan tersuspensi dalam bentuk lumpur kasar, lumpur halus dan koloid. Permukaan koloid memiliki muatan listrik sehingga koloid sulit untuk bersatu membentuk partikel yang berukuran lebih besar, akibatnya partikel stabil dan sulit untuk mengendap. Proses koagulasi diperlukan untuk mendestabilkan koloid-koloid tersebut [13].

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa point penting, yaitu :

1. Karakteristik media filter yaitu diameter efektif (d_{10}) adalah 0,53 mm dan *uniformity coefficient* (UC) adalah 1,3.
2. Loading rate 10 gpm/ft^2 , didapatkan hasil efisiensi penyisihan kekeruhan effluent paling baik.
3. Pada loading rate 11,7 gpm/ft^2 , untuk meningkatkan efisiensi penyisihan kekeruhan dilakukan pretreatment pada air Sungai Tembalang dengan penambahan koagulan.
4. Variabel tinggi media filter memberikan efisiensi penyisihan kekeruhan yang tinggi adalah tinggi 100 cm.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih disampaikan kepada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1]. Parulian, Alwin., 2009. *Monitoring dan Analisis Kadar Aluminium (Al) dan besi (Fe) pada Pengolahan Air Minum PDAM Tirtanadi Sunggal*. Universitas Sumatera Utara.
- [2]. Anonim., 2005. *An Introduction to Slow Sand Filtration*. Diakses dari <http://solutionsforwater.org/wp-content/uploads/2011/12/Slow-Sand-Filtration-Introduction-7-MB-16-Dec-2011.pdf>, pada 4 April 2012, pukul 08.05 WIB.
- [3]. Huisman, L., Wood, W.E., 1974. *Slow Sand Filter*. World Health Organization. Diakses dari <http://whqlibdoc.who.int/publications/9241540370.pdf>, pada 4 April 2012, pukul 08.44 WIB.
- [4]. Anonim. - -. *Filtration*. Diakses dari <http://www.mrwa.com/OP-Filtration.pdf>, pada tanggal 4 April 2012, pukul 8.44.
- [5]. EPA. 1995. *Water Treatment Manuals: Filtration*. Ireland: The Environmental Protection Agency.



- [6]. Elbana, M., Ramírez, F. de Cartagena, Puig-Bargués, J., 2010. *Effectiveness of sand media filters for removing turbidity and recovering dissolved oxygen from a reclaimed effluent used for micro-irrigation*. *Agricultural Water Management*, 3451, 7
- [7]. Duran-Ros, M., Puig-Bargués, J., Arbat, G., Barragán, J., Ramírez de Cartagena, F., 2009b. *Effect of filter, emitter and location on clogging when using effluents*. *Agricultural Water Management* 96 (10), 67–79.
- [8]. Torrensa, Antonina., et al., 2009. *Impact of design and operation variables on the performance of vertical-flow constructed wetlands and intermittent sand filters treating pond effluent*. *Water research*, 43, 1851 – 1858
- [9]. Farizoglu, Burhanettin., Nuhoglu, Alper., Yildiz, Ergun., Keskinler, Bulent., 2003. *The performance of pumice as a filter bed material under rapid filtration conditions*. *Filtration and Separation*, 40 (3), 41 – 47.
- [10]. Williams, J. Gordon., et al., 2007. *The impact of increased loading rate on granular media, rapid depth filtration of wastewater*. *Water research*, 41, 4535 – 454.
- [11]. Laughlin, J.E., dan Duval, T.E., 1968. *Simultaneous Plant Scale Tests of Mixed Media and Rapid Sand Filter*. *Journal AWWA* 60, 9, 1015
- [12]. Cleasby, J.L., Baumann, E.R., 1962. *Selection of Sand Filtration Rates*. *J.Am. Water Works Assoc.* 54 (5), 579 -602.
- [13]. Anonim. 1999. *Turbidity Through the treatment Processes*. EPA Guidance Manual Turbidity Provisions. Diakses dari http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/mdbp/upload/2001_01_12_mdbp_turbidity_chap_10.pdf, pada tanggal 19 Juli 2013, pukul 12.29.