

OP-012

**EFEKTIVITAS PENURUSAN KEKERUHAN DENGAN  
DIRECT FILTRATION MENGGUNAKAN SARINGAN PASIR  
CEPAT (SPC)**

Suarni Saidi Abuzar, Rizki Pramono  
Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas  
Email : suarni\_sa@ft.unand.ac.id

**ABSTRAK**

*Penurunan kekeruhan air pada pengolahan air minum menggunakan Saringan Pasir Cepat (SPC) secara umum didahului dengan proses koagulasi dan flokulasi, namun untuk operasional membutuhkan keahlian khusus dan biaya cukup tinggi. Untuk menekan kendala tersebut dilakukan penelitian penurunan kekeruhan dengan direct filtratin menggunakan SPC. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis ketebalan media saringan dan loading rate (kecepatan aliran) yang paling efektif untuk penurunan kekeruhan serta tingkat kekeruhan air baku yang ditolerir. Penelitian ini dilakukan secara aliran kontinu menggunakan reaktor SPC yang terbuat dari pipa PVC diameter 8 inch dengan single media yaitu pasir silika efektif size (ES) 0,7 mm dengan variasi tebal media yang dikaji yaitu 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 cm dan media penyangga 20 cm . Air baku dialirkan kedalam reactor dengan variasi loading rate 4 m/jam, 5 m/jam, 6 m/jam, 7 m/jam dan 8 m/jam pada kondisi hari tidak hujan, hujan tidak lebat dan hujan lebat. Analisis kekeruhan menggunakan metode spektrofotometri. Hasil yang diperoleh, penurunan kekeruhan terbesar terjadi pada ketebalan media 60 cm dengan efisiensi penurunan kekeruhan rata-rata 84,04% dan pada loading rate 4 m/jam dengan efisiensi penurunan kekeruhan rata-rata 84,45%. Penerapan direct filtration menggunakan SPC, kekeruhan air baku tidak lebih dari 30 NTU*

*Kata kunci: air baku, kekeruhan, direct filtration, SPC, efisiensi.*

**1. Pendahuluan**

Sumber air yang potensial dan banyak digunakan sebagai air baku untuk air minum adalah air permukaan (air sungai dan danau), kualitas air sungai pada umumnya perlu diolah terlebih dahulu.. Parameter kualitas air sungai meliputi warna, kekeruhan, pH, kandungan logam, kandungan zat-zat kimia, dll. Secara umum pengolahan mencakup proses fisik, kimia dan bakteriologi

Universitas Andalas (Unand) memiliki sistem penyediaan air minum (SPAM) sendiri. Sumber air baku berasal dari air permukaan (anak sungai) dekat Politeknik, kekeruhan air baku mencapai 39 NTU pada saat hujan lebat, berdasarkan peraturan menteri kesehatan (Permenkes) No 492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air

minum, nilai parameter kekeruhan maksimum diizinkan 5 NTU. Artinya kualitas air baku Instalasi Pengolahan Air (IPA) Unand melebihi baku mutu dan perlu diolah terlebih dahulu sebelum digunakan untuk air minum..

Ada beberapa alternatif pengolahan yang dapat digunakan untuk menurunkan kekeruhan diantaranya adalah Saringan Pasir Lambat (SPL) dan Saringan Pasir Cepat (SPC). Pengolahan dengan SPC didahului dengan pengolahan lain yaitu proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi (Ronald L Droste,1997).

Di Indonesia, dengan tingkat kekeruhan air baku demikian biasanya digunakan SPL. Secara konsep SPL dapat menghasilkan air yang jernih sebagaimana penerapan di negara asal Eropa, namun dari sekian

banyak IPA menggunakan SPL yang pernah dibangun di Indonesia belum ada yang dapat dijadikan model mewakili keberhasilannya. Permasalahan mendasar penyebab kegagalan SPL di Indonesia yaitu dalam operasional, kesadaran dan pengetahuan operator, pembersihan media serta tingginya biaya, sehingga banyak SPL di Indonesia tidak berhasil. Begitu juga halnya pada IPA Unand yang juga menggunakan SPL .

Selain penggunaan SPL untuk menurunkan kekeruhan air, alternatif lain dapat digunakan *Direct Filtration* menggunakan SPC. Prinsip pencucian SPC secara *backwash* (aliran air balik) lebih mudah dan murah dalam operasional namun kekeruhan air baku tentu terbatas karena tidak didahului pengolahan pendahuluan seperti koagulasi, flokulasi dan sedimentasi, sedangkan pencucian SPL dilakukan secara manual dengan pencucian pasir dilakukan diluar bak SPL (Ronald L Droste,1997)

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid (Huisman, 1974).

Faktor yang mempengaruhi efisiensi penyaringan ada 4 (empat) faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas efluen serta masa operasi saringan yaitu (Huisman, 1974):

1. Ketebalan lapisan media filter  
Semakin tebal lapisan media filter, hasil dari proses filtrasi akan lebih baik karena luas permukaan penahan partikel-partikel semakin besar dan jarak yang ditempuh oleh air semakin panjang.
2. Suhu air  
Suhu air akan berpengaruh terhadap kekentalan air, aktivitas biologi dan reaksi kimia yang akan mempengaruhi proses filtrasi.
3. Kecepatan Filtrasi  
Kecepatan aliran akan mempengaruhi proses penahanan mekanis terhadap bahan-bahan tersuspensi. Apabila

kecepatan filtrasi meningkat efektivitas filtrasi akan menurun.

4. Kualitas Air

Semakin rendah kualitas air yang akan difilter, maka memerlukan pengolahan yang sempurna atau kompleks.

Kriteria media filter SPC adalah  $ES = 0,35 - 0,7$  mm, *Uniformity Coefficient* (UC) = 1,3 - 1,7 (Reynold, 1982). Ketebalan media 60-75 cm (Kawamura, 1991) sedangkan menurut Fair, dkk, 1967, ketebalan media 50-60 cm. *Loading rate* berkisar antara 5-7,5 m/h (Kawamura, 1991).

Prinsip aliran pada media berbutir (filter pasir) dianggap sebagai aliran dalam pipa berjumlah banyak, kehilangan tekanan dalam pipa akibat gesekan aliran mengikuti persamaan Darcy - Weisbach sebagai berikut: (Reynold, 1982)

$$h_L = f \frac{L V^2}{D_c 2g} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- $h_L$  = kehilangan tekanan akibat gesekan aliran,
- $f$  = faktor gesekan,
- $L$  = ketebalan atau kedalaman media,
- $V$  = kecepatan aliran,
- $D_c$  = diameter kanal.

Kehilangan tekanan untuk SPC dengan satu ukuran media didasarkan pada persamaan Rose adalah (Rich, 1974):

$$h_L = 1,067 \frac{C_D L V^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 g} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- $C_D$  = koefisien drag
- $\phi$  = viskositas dinamis
- $\epsilon$  = porositas media filter
- $g$  = kecepatan gravitasi

Efisiensi penyisihan merupakan penurunan konsentrasi oleh reaktor. Nilai efisiensi diperoleh dengan membandingkan influen dan efluen yang dinyatakan dalam persen. Besarnya efisiensi dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\%R = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- $R$  = Penyisihan
- $C_{in}$  = Kekeruhan awal (NTU)

Cout = Kekeruhan akhir (NTU)

Untuk menerapkan *direct filtration* menggunakan SPC pada air baku IPA Unand perlu dilakukan pengujian/penelitian terlebih dahulu.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengkaji kemampuan SPC tanpa proses pendahuluan (*direct filtration*) dengan sumber air baku IPA Unand yang berasal dari air permukaan dekat Politeknik. Tujuannya adalah untuk menganalisis ketebalan media filter dan *loading rate* serta tingkat kekeruhan air baku yang paling efektif dalam menurunkan kekeruhan air.

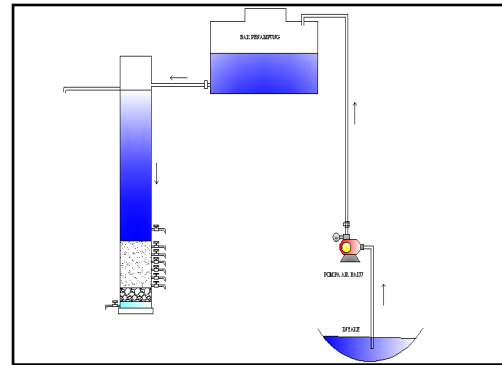
## 2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian adalah eksperimental, dilakukan di lapangan dekat sumber dan analisis di laboratorium.

Percobaan menggunakan reaktor SPC, reaktor terbuat dari pipa PVC diameter 8" dengan panjang 200 cm. Tebal media filter (pasir) dibuat 60 cm dan media penyangga 20 cm. Reaktor dilengkapi dengan pipa outlet pada setiap ketebalan 10 cm media filter yang dilengkapi dengan *valve*/kran di setiap outlet dan *overflow*/pelimpah dipasang pada ketinggian 1 m dari lapisan media filter. Reaktor SPC dilengkapi pula dengan tangki penampung/*reservoir* air baku terbuat dari *fiberglass* 500 liter yang dilengkapi dengan pipa inlet, pipa outlet, pipa *overflow* dan pipa penguras. Tangki penampung dihubungkan dengan reaktor SPC menggunakan pipa PVC 1 inch. Media filter yang digunakan adalah pasir silika Bangka dengan *efektive size* (ES) 0,7 mm. Reaktor SPC dapat dilihat pada gambar 1.

Air baku dari sumber dipompa ke bak penampung dan dialirkan secara gravitasi ke reaktor SPC. Metode dilakukan secara aliran kontinu. Percobaan dilakukan dengan menganalisis kekeruhan influen dan efluen pada variasi ketebalan media filter 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm dan variasi *loading rate* 4 m/jam, 5m/jam, 6 m/jam, 7 m/jam, 8 m/jam setiap 10 menit selama 50 menit untuk masing variasi diatas serta setiap kondisi hari tidak

hujan, hari hujan tidak lebat dan hujan lebat.



Gambar 1. Skema Reaktor SPC

Kekeruhan influen (air baku) dan effluent (air hasil proses) dari reaktor SPC dianalisis di Laboratorium Air Teknik Lingkungan Universitas Andalas Padang. Analisis parameter kekeruhan menggunakan metode spektrofotometri yang mengacu pada SK SNI-06-6989.25-2005 tentang Cara Uji Kekeruhan Dengan Nefelometer. Total sampel dari influen dan efluen yang dianalisis sebanyak 525 sampel.

Efisiensi penyisihan dihitung menggunakan persamaan

## 3. Hasil Dan Pembahasan

### 1. Analisis Air Baku

Hasil analisis laboratorium kualitas air baku IPA Unand memiliki kekeruhan rata-rata sebesar 5 – 35 NTU saat tidak hujan, hujan tidak lebat dan hujan lebat, kekeruhan terendah sebesar 4,00 NTU pada kondisi hari tidak hujan dan tertinggi sebesar 39,00 NTU pada kondisi hari hujan lebat. Dibandingkan dengan baku mutu kualitas air minum Permenkes no. 492 tahun 2010, kekeruhan air baku IPA Unand telah melebihi baku mutu pada saat hujan, seperti terlihat pada tabel 1.

**Tabel 1** Kekeruhan Rata-rata Air Baku IPA Unand

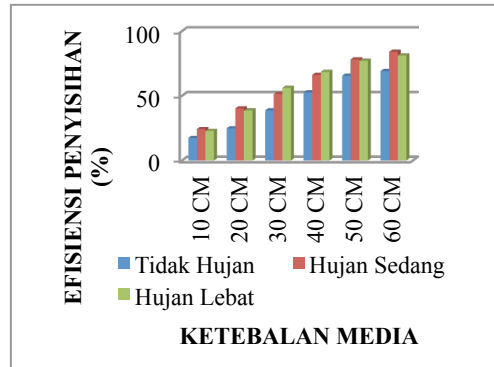
No	Kondisi Hari	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisis
1	Hari Tidak Hujan	NTU	5	5,32
2	Hari Hujan Tidak Lebat	NTU	5	11,93
3	Hari Hujan Lebat	NTU	5	35,43

## 2. Pengaruh Ketebalan Media Terhadap Efisiensi Penyisihan

Ketebalan lapisan media filter merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi hasil filtrasi. Semakin tebal lapisan media filter, maka luas permukaan penahan partikel-partikel semakin besar dan jarak yang ditempuh oleh air semakin panjang. Pengujian kekeruhan berdasarkan ketebalan media dilakukan pada masing-masing kondisi penelitian yaitu pada kondisi tidak hujan, hujan tidak lebat, dan hujan lebat.

Pada kondisi tidak hujan, efisiensi rata-rata penyisihan kekeruhan mengalami peningkatan dari 17,40 % pada ketebalan media filter 10 cm hingga 69,17 % pada ketebalan media filter 60 cm. Pada kondisi hujan tidak lebat efisiensi rata-rata penyisihan kekeruhan meningkat cukup besar yaitu 24,28 % pada ketebalan media 10 cm hingga 84,04% pada ketebalan media 60 cm. Pada kondisi hujan lebat rentang efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 22,83 % pada ketebalan media 10 cm hingga 81,06 % pada ketebalan media 60 cm.

Efisiensi rata-rata penyisihan kekeruhan tertinggi terjadi pada ketebalan media 60 cm untuk setiap kondisi tidak hujan, hujan tidak lebat dan hujan lebat. Bila dibandingkan nilai efisiensi rata-rata penyisihan kekeruhan setiap kondisi tidak hujan s/d hujan lebat, tidak terjadi perbedaan yang begitu besar. Efisiensi penyisihan kekeruhan yang diperoleh cukup besar dan cukup efektif. Efisiensi penyisihan rata-rata tertinggi terjadi pada kondisi hujan tidak lebat yaitu 84,04%. Efisiensi kekeruhan rata-rata pada variasi ketebalan media dengan kondisi tidak hujan, hujan tidak lebat, dan hujan lebat, dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 2.



**Gambar 2.** Perbandingan Ketebalan Media Terhadap Efisiensi Penyisihan Kekeruhan

**Tabel 2.** Efisiensi Kekeruhan Rata-rata Pada Variasi Ketebalan Media Filter pada Kondisi Hari Tidak Hujan, Hujan Tidak Lebat, dan Hujan Lebat

NO	KONDISI	EFISIENSI RATA-RATA PADA KETEBALAN MEDIA (%)					
		10 CM	20 CM	30 CM	40 CM	50 CM	60 CM
1	Tidak Hujan	17.40	24.90	38.75	52.60	65.51	<b>69.17</b>
2	Hujan Tidak Lebat	24.28	40.29	51.42	66.22	78.17	<b>84.04</b>
3	Hujan Lebat	22.83	38.61	56.07	68.45	77.07	<b>81.06</b>

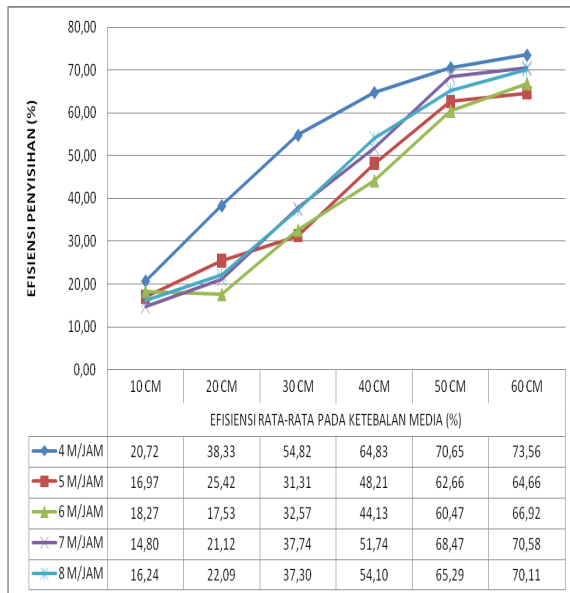
## 3. Pengaruh Loading Rate Terhadap Efisiensi Penyisihan

### A. Kondisi Hari Tidak Hujan

Efisiensi penyisihan rata-rata pada kondisi hari tidak hujan dengan variasi *loading rate* dan variasi ketebalan media filter diperoleh berkisar **14,80% - 73,56%**. Untuk *loading rate* 4 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 73,56%. Untuk *loading rate* 5 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 64,66%. Untuk *loading rate* 6 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 66,92%. Untuk *loading rate* 7 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 70,58%. Untuk *loading rate* 8 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 70,11%. Efisiensi tertinggi penyisihan kekeruhan pada kondisi saat tidak hujan terjadi pada saat *loading rate* 4 m/jam yaitu 73,56 % seperti terlihat pada tabel 3. dan gambar 3.

**Tabel 3.** Efisiensi Kekeuhan Rata-Rata Pada Variasi Ketebalan Media Filter dan Variasi Loading Rate Kondisi Hari Tidak Hujan

Loading Rate	EFISIENSI RATA-RATA PADA KETEBALAN MEDIA (%)					
	10 CM	20 CM	30 CM	40 CM	50 CM	60 CM
4 M/JAM	20.72	38.33	54.82	64.83	70.65	73.56
5 M/JAM	16.97	25.42	31.31	48.21	62.66	64.66
6 M/JAM	18.27	17.53	32.57	44.13	60.47	66.92
7 M/JAM	14.80	21.12	37.74	51.74	68.47	70.58
8 M/JAM	16.24	22.09	37.30	54.10	65.29	70.11



**Gambar 3.** Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kekeuhan dan Ketebalan Media Kondisi Hari Tidak Hujan

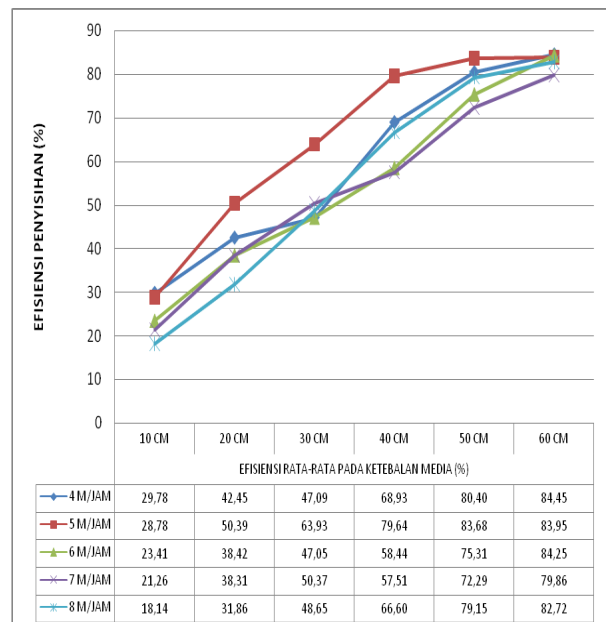
### B. Kondisi Hari Hujan Tidak Lebat

Pada kondisi hari hujan tidak lebat, efisiensi penyisihan rata-rata dengan variasi *loading rate* dan variasi ketebalan media filter diperoleh berkisar antara 18,14% - 84,45%. Untuk *loading rate* 4 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 84,45%. Untuk *loading rate* 5 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 83,95%. Untuk *loading rate* 6 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 84,25%. Untuk *loading rate* 7 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 79,86%. Untuk *loading rate* 8 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 82,72%. Efisiensi tertinggi penyisihan kekeuhan pada kondisi hari hujan tidak lebat terjadi pada saat *loading rate* 4 m/jam yaitu 84,45

% seperti terlihat pada tabel 4 dan gambar 4.

**Tabel 4** Efisiensi Kekeuhan Rata-Rata Pada Variasi Ketebalan Media dan Variasi Loading Rate Kondisi Hari Hujan Tidak Lebat

Loading Rate	EFISIENSI RATA-RATA PADA KETEBALAN MEDIA (%)					
	10 CM	20 CM	30 CM	40 CM	50 CM	60 CM
4 M/JAM	29.78	42.45	47.09	68.93	80.40	84.45
5 M/JAM	28.78	50.39	63.93	79.64	83.68	83.95
6 M/JAM	23.41	38.42	47.05	58.44	75.31	84.25
7 M/JAM	21.26	38.31	50.37	57.51	72.29	79.86
8 M/JAM	18.14	31.86	48.65	66.60	79.15	82.72



**Gambar 4.** Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kekeuhan Dan Ketebalan Media Kondisi Hari Hujan Tidak Lebat

### C. Kondisi Hari Hujan Lebat

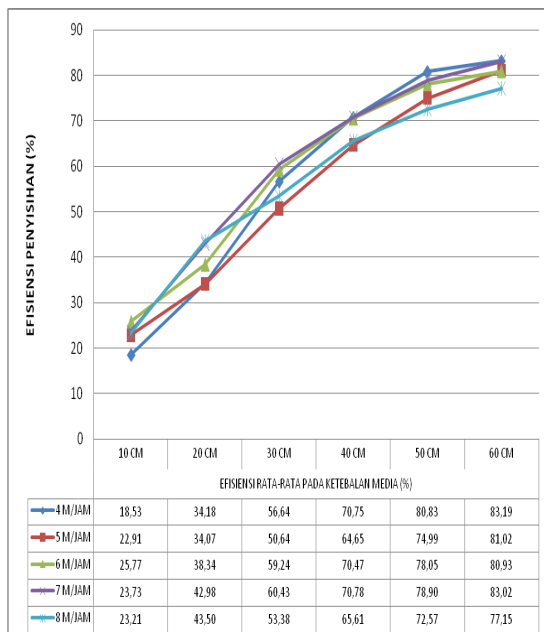
Pada kondisi saat hari hujan lebat efisiensi penyisihan rata-rata dengan variasi *loading rate* dan variasi ketebalan media filter berkisar antara 18,53% - 83,19%. Untuk *loading rate* 4 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 83,19%. Untuk *loading rate* 5 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 81,02%. Untuk *loading rate* 6 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 83,02%. Untuk *loading rate* 7 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 83,02%. Untuk *loading rate* 8 m/jam diperoleh efisiensi tertinggi pada ketebalan media 60 cm yaitu 77,15%

Efisiensi tertinggi penyisihan kekeruhan rata-rata pada kondisi hari **hujan lebat** terjadi pada *loading rate* 4 m/jam yaitu 83,19 %. seperti terlihat pada tabel 5 dan gambar 5.

Untuk masing-masing variasi *loading rate* pada tiap kondisi hari tidak hujan, hujan tidak lebat dan hujan lebat diperoleh efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata meningkat seiring dengan meningkatnya ketebalan media filter, kondisi ini sesuai dengan Huisman, 1974 semakin tebal media filter yang digunakan maka efisiensi penyisihan semakin besar. Efisiensi penyisihan kekeruhan pada semua kondisi hari tidak hujan, hujan tidak lebat dan hujan lebat terjadi pada ketebalan media filter 60 cm.

**Tabel 5** Efisiensi Kekeruhan Rata-Rata Pada Variasi Ketebalan Media dan Variasi Loading Rate Kondisi Hari Hujan Lebat

Loading Rate	EFISIENSI RATA-RATA PADA KETEBALAN MEDIA (%)					
	10 CM	20 CM	30 CM	40 CM	50 CM	60 CM
4 M/JAM	18.53	34.18	56.64	70.75	80.83	83.19
5 M/JAM	22.91	34.07	50.64	64.65	74.99	81.02
6 M/JAM	25.77	38.34	59.24	70.47	78.05	80.93
7 M/JAM	23.73	42.98	60.43	70.78	78.90	83.02
8 M/JAM	23.21	43.50	53.38	65.61	72.57	77.15



**Gambar 5.** Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Dan Ketebalan Media Kondisi Hari Hujan Lebat

Pada variasi *loading rate* (4 m/jam, 5 m/jam, 6 m/jam, 7 m/jam, 8 m/jam) diperoleh efisiensi penurunan kekeruhan tertinggi pada kondisi hari tidak hujan terjadi pada *loading rate* 4 m/jam dengan efisiensi penurunan kekeruhan 73,56 %, kondisi hari hujan tidak lebat pada *loading rate* 4 m/jam dengan efisiensi penurunan kekeruhan 84,45 %, dan kondisi hujan lebat juga pada *loading rate* 4 m/jam dengan efisiensi penurunan kekeruhan 83,19 %.

Dari ke tiga kondisi (hari tidak hujan, hari hujan tidak lebat dan hari hujan lebat) penyisihan kekeruhan terjadi pada *loading rate* terkecil yaitu 4 m/jam. Efisiensi penyisihan kekeruhan pada *loading rate* 4 m/jam relatif cukup tinggi untuk setiap kondisi yaitu berkisar antara 73,56% - 84,45%. Semakin kecil *loading rate* semakin besar efisiensi yang diperoleh, hal ini sesuai dengan Huisman, 1974 semakin besar *loading rate* maka efisiensi penurunan kekeruhan akan semakin berkurang.

*Loading rate* dan ketebalan juga berhubungan dengan *headloss* dan hasil filtrasi yang terjadi. Hubungan *loading rate* dan ketebalan dengan *headloss* berbanding lurus. Semakin besar *loading rate* dan ketebalan yang digunakan maka *headloss* yang terjadi akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan (2).

Efisiensi penyisihan untuk reaktor ini dapat dikatakan cukup besar yaitu 84,45% dengan ketebalan media filter 60 cm dan *loading rate* 4 m/jam. Jika dilihat dari tingkat kekeruhan air hasil pengolahan sudah dibawah baku mutu sesuai Permenkes No. 492 tahun 2010, walaupun dari hasil penelitian masih ada tingkat kekeruhan diatas baku mutu namun tidak begitu signifikan.

#### 4. Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh sebagai berikut:

1. Media filter dengan ES 0,7 mm dengan variasi ketebalan 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm dan 80 cm diperoleh efisiensi penurunan kekeruhan terbesar terjadi pada ketebalan 60 cm dengan efisiensi rata-rata sebesar 84,04%.
2. Pada variasi *loading rate* 4 m/jam, 5 m/jam, 6 m/jam, 7 m/jam, 8 m/jam, diperoleh efisiensi penurunan kekeruhan terbesar terjadi pada *loading rate* 4 m/jam dengan efisiensi penurunan kekeruhan rata-rata sebesar 84,45%.
3. Penerapan penurunan kekeruhan dengan direct filtration menggunakan SPC, kekeruhan air baku yang ditolerir 30 NTU

#### Daftar Pustaka

- Anonim. 2010. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/MENKES/SKVII/2010.
- Droste, Ronald L.1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*, John Wiley & Sons, Inc.
- Fair, Gordon M, John. C Geyer, dan Daniel A. Okun. 1981. *Water and Wastewater Engineering, Volume 2 : Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Huisman. 1974. *Rapid Filtration*. Delf University of Technology.
- Kawamura, Susumu. 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. JohnWiley and Sons Inc. New York.
- Rich, Linvil G. 1974. *Unit Operations of Sanitary Engineering*, John Wiley & Sons,Inc.
- Reynolds Tom D. dan Paul A. Richards. 1982. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, PWS Publishing Company, Wadsworth. Inc.
- SNI-06-6989.25-2005, Cara Uji Kekeruhan Dengan Nefelometer