

# STUDI PENURUNAN $Fe^{2+}$ DENGAN UNIT SARINGAN PASIR CEPAT MEDIA PASIR LAUT

Wiharyanto Oktawan dan Krisbiantoro

Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

## Abstract

Iron is mineral that cause staining of plumbing fixtures and laundered clothes as well as produce distinct taste and odors in a drinking water. Aeration is alternative processes for the removal of iron. Sedimentation and filtration will remove the iron precipitates formed in the aeration device. This research uses 2 stages in testing; they are the batch filter and the column filter. On each of the stages we try using activated sand media. This media is known to able to decrease the  $Fe^{2+}$ . The water spring is from the 2<sup>nd</sup> deep well at the Prambanan water treatment facility. The goal from this research is to find the criteria design on surface loading and to find out the effectiveness in reducing  $Fe^{2+}$  that is in the water by using the media of activated sand. From this experiment we found that the maximal filtration speed on activated sand is 11,05 m/hour. Calculation analysis shows that the coefficient figure of  $Fe^{2+}$  in the batch filter on Ngrenahan beach ocean sand filter is  $\lambda_1 = 0,40 \pm 0,10 m^{-1}$  with the average on reducing  $Fe^{2+}$  21,37%. This figure is small if it is compare to the coefficient figure of  $Fe^{2+}$  in the batch activated sand filter is  $\lambda_1 = 0,92 \pm 0,16 m^{-1}$  with the average on reducing  $Fe^{2+}$  42,27%.

**Keywords :** Ngrenahan beach ocean sand filte, rapid sand filter, activated sand, filtration speed, removal coefficient

## PENDAHULUAN

Unsur besi terdapat pada hampir setiap air tanah baik air permukaan maupun air sumur dalam. Air tanah umumnya memiliki kadar  $CO_2$  yang tinggi dan mempunyai kadar oksigen terlarut yang rendah, kondisi ini menyebabkan konsentrasi besi tereduksi menjadi  $Fe^{2+}$  yang sulit untuk diendapkan.

Umumnya di Jawa, Sumatera dan Kalimantan pada kedalaman lebih dari 100 meter akan dipe oleh air dengan kadar Fe (Besi) dan Mn (Mangan) yang cukup tinggi diatas 1 dan 0,5 mg per liter. Keberadaan besi dan mangan yang melebihi ambang batas standar air minum sebagai sumber air baku sistem penyediaan air minum akan mempengaruhi antara lain menimbulkan penyumbatan pada pipa, memberikan rasa logam, air berwarna kuning kecoklatan dan menimbulkan noda pada pakaian yang dicuci. Dengan demikian untuk keperluan air minum air tersebut harus diolah terlebih dahulu.

Besi dalam air dapat diolah dengan proses oksidasi, yaitu menaikkan tingkat oksidasi oleh suatu oksidator dengan tujuan merubah bentuk besi terlarut menjadi bentuk besi tidak terlarut (endapan). Endapan yang terbentuk dihilangkan dengan proses sedimentasi dan filtrasi (Anonim, 2002). Aerasi yang dilanjutkan dengan sedimentasi dan filtrasi merupakan metode yang umum digunakan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan desain kriteria *surface loading* serta untuk mengetahui tingkat efektifitas penurunan  $Fe^{2+}$  dengan menggunakan media pasir laut.

## METODOLOGI

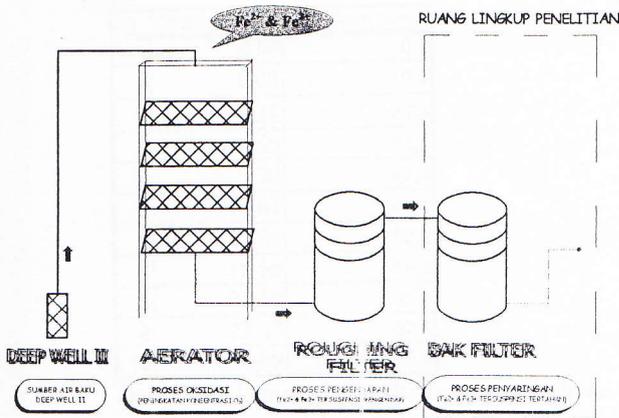
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental. Penelitian ini terdiri dari dua tahapan, yang pertama adalah percobaan kolom filter untuk mencari nilai *surface loading* dari

masing-masing filter dan tahap kedua adalah percobaan pada bak filter.

Unit yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah aerator, roughing filter, kolom filter pasir, dan bak filter pasir. Media filter yang digunakan adalah pasir laut dari Pantai Ngrehen. Sedangkan air baku yang diolah dari *deep well* II IPA Prambanan.

Variabel-variabel dalam kolom filter adalah:

- variabel bebas : debit ( $m^3/det$ )
- variabel terikat : head loss (m)
- variabel tetap : ketebalan media filter (m)



Gambar 1. Skema Alat Penelitian

Variabel-variabel yang diuji dalam bak filter pasir laut adalah sebagai berikut:

- Variabel bebas: debit, lama operasional filter, konsentrasi
- Variabel terikat: konsentrasi  $Fe^{2+}$  outlet, headloss
- Variabel tetap: ketebalan media filter
- Variabel kontrol: suhu, pH

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisis Air Baku

Hasil pengukuran kualitas air baku menunjukkan bahwa konsentrasi  $Fe^{2+}$  dari *deep well* II IPA Prambanan memiliki konsentrasi 2.65-2.80 mg/l. Air sumur dalam tersebut memiliki konsentrasi besi yang tinggi. Baku mutu air minum untuk konsentrasi besi adalah 0.3 mg/l (KEPMENKES No. 907, 2002). Keberadaan  $Fe^{2+}$  yang melebihi ambang batas standar air bersih dan air minum ini

menyebabkan warna keruh, bau amis, dan perubahan rasa (Anonim, 2002).

### 2. Analisis Media

Data dari pasir laut Pantai Ngrehen yang diperoleh dari analisis ayakan dan analisis butiran memberikan hasil:

Porositas	0,4225
Bulk Density	1,517 gr/ml
SG	2,6268 gr/ml
e (angka pori)	0,7316
S (faktor bentuk)	7,6
$\psi$ (shpericity)	0,79
UC	1,66
ES	0,655 mm

Dan untuk media gravel sebagai penyangga media filter adalah:

Porositas	0,4125
Bulk Density	1,64 gr/ml
SG	2,79 gr/ml
faktor bentuk	7,5
$\psi$	0,8

Gravel ini digunakan untuk media penyangga untuk kolom filter, serta bak filter pasir media pasir Laut Pantai Ngrehen.

### 3. Desain Kolom Filter Pasir laut

Tipe kolom filtrasi yang dirancang dalam penelitian ini adalah saringan pasir cepat media pasir laut dengan aliran dari atas ke bawah (*downflow*). Desain unit kolom filter untuk penentuan besarnya nilai *headloss* dan *surface loading* adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Desain Kolom Filter Pasir laut

Type filtrasi	Dual media, declining rate constan level
Laju Filtrasi	4-12 m/jam
Media filter	Pasir Laut Pantai Ngrehen
Ketinggian media filter	60 cm
ES	0.8 mm
UC	$\approx 1,7$
Backwash media	Pompa
Underdrain	Grid pipe
Ketinggian media gravel	10 cm
Ø gravel	0.5-1 cm
Ø kolom filter	4 inch
Ø outlet pipe	faucet 3/4"

Debit rencana untuk kolom pasir laut sama dengan debit rencana pada kolom filter pasir Laut pantai Ngrehen yaitu

8,72-26,17 ml/det. Jika besarnya debit melebihi batasan debit ini maka kecenderungan untuk terjadi suatu *head* negative sangat besar (Huisman, 1974).

#### 4. Pengaruh Debit terhadap Headloss pada Kolom Filter Pasir laut

Besarnya *headloss* berbanding lurus dengan debit. Hal ini dibuktikan pada hasil penelitian sebagaimana yang tampak pada Tabel 2 dimana semakin besar debit pengolahan maka semakin besar *headloss*nya.

Tabel 2. Debit dan *Headloss* pada Kolom Filter Pasir laut

no	Debit (ml/det)	Headloss (cm)
	0,00	0,0
1	6,08	19,2
2	8,23	23,4
3	8,60	33,8
4	9,70	42,0
5	10,61	44,4
6	11,88	52,9
7	18,59	54,1
8	21,19	61,2
9	23,27	67,2
10	24,09	73,0

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar debit maka *headloss* yang ditimbulkannya juga semakin besar. Debit minimal dan maksimal yang digunakan dalam prediksi *headloss filter* berdasarkan pada desain kriteria kecepatan filtrasi yaitu 4-12 m/jam. Jika menggunakan kolom *filter* dengan diameter 4 inchi maka debit maksimal dan minimal yang seharusnya dilakukan pada penelitian adalah 8,72 – 26,17 ml/det.

#### 5. Bak Filter Pasir Laut Pantai Ngrenehan

Spesifikasi teknis dari desain bak *filter* pasir cepat media pasir laut Pantai Ngrenehan ditunjukkan pada tabel 3

Tabel 3. Spesifikasi Teknis Bak *Filter* Pasir Laut Pantai Ngrenehan

Spesifikasi Filter	Jenis/Ukuran
Type filtrasi	Dual media; declining rate constan level
Laju Filtrasi	4-12 m/jam
Media filter	Pasir Laut Pantai Ngrenehan
Ketebalan pasir	60 cm
Porositas	42.25%
ES	0.8 mm
UC	1.46
Backwash media	Pompa
Underdrain	Grid pipe
Ø bak	60 cm
Tinggi bak filter	110 cm
Ketebalan gravel	20 cm
Ø gravel	0.5-1.0 cm
Ø inlet pipe	1 inchi
Σ orifice	50 buah
Ø orifice	0.6 mm
Jarak antar orifice	2.3 cm
Ø outlet pipe	1 inchi
Σ orifice	50 buah
Ø orifice	0.6 mm
Jarak antar orifice	2.3 cm

*Headloss* yang terjadi pada media *filter* pasir Laut Pantai Ngrenehan dengan kecepatan *filter* rencana sama dengan *headloss* pada kolom *filter* yaitu *headloss* minimal dengan kecepatan *filter* 4 m/jam = 0,1139 m dan *headloss* maksimal dengan kecepatan 12 m/jam = 0,41 m.

Ketebalan *gravel* sebagai lapisan penyangga *filter* sebesar 20 cm. *Headloss gravel* dengan menggunakan kecepatan filtrasi rencana sebesar 12 m/jam adalah sebesar  $2,95 \cdot 10^{-3}$  m.

Sistem *underdrain* yang digunakan dalam sistem filtrasi ini adalah dengan menggunakan sistem *grid pipe* dengan spesifikasi seperti berikut:

- panjang pipa = 60 cm
- Ø pipa = 1 inchi ≈ 2,54 cm
- jumlah *orifice* = 50 buah
- Ø *orifice* = 0,6 cm

Debit setiap *orifice* pada kecepatan filtrasi minimal adalah sama dengan debit *outlet* pada *q orifice inlet* yaitu  $6,28 \cdot 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/det. Besarnya *headloss* pada debit tersebut adalah:  $8,41 \cdot 10^{-3}$  m, sedangkan untuk *headloss* pada kecepatan maksimal filtrasi adalah: 0,025 m. Adapun besarnya *headloss* teoritis dari kecepatan maksimal = 12,29 cm dan minimal dari operasi *filter* = 43,80cm. Namun dalam pertimbangan

desain *filter* minimal ketinggian air di atas media adalah 1,5 m (Huisman, 1974), hal ini bertujuan untuk memberikan tekanan yang lebih pada air sehingga udara terjebak dalam media *filter* dapat dihilangkan.

### 6. Efisiensi Penyisihan Fe<sup>2+</sup> Bak Filter Pasir laut

Mekanisme yang terjadi selama proses filtrasi pada bak *filter* pasir Laut Pantai Ngrenehan lebih dipengaruhi oleh proses fisika, sedangkan proses aktifitas kimia yang terjadi bergantung pada keberadaan oksigen terlarut.

Besarnya penyisihan Fe<sup>2+</sup> adalah selisih konsentrasi Fe<sup>2+</sup> *inlet* dan *outlet* bak *filter*. Dari percobaan yang telah dilakukan, satu kali variasi debit yang dilakukan pencatatan besarnya penurunan debit untuk kedua bak. Konsentrasi *inlet* kedua bak adalah sama karena berasal dari *outlet roughing filter* yang sama. Penyisihan rata-rata penurunan Fe<sup>2+</sup> untuk bak *filter* pasir Laut Pantai Ngrenehan disajikan dalam tabel 4. Dari harga perhitungan didapatkan bahwa rata-rata penyisihan Fe<sup>2+</sup> untuk bak *filter* pasir Laut Pantai Ngrenehan adalah 21.15%. Hasil lebih kecil dibanding dengan rata-rata penyisihan Fe<sup>2+</sup> untuk bak *filter* pasir aktif yaitu sebesar 42,27%.

**Tabel 4. Persentase Penyisihan Fe<sup>2+</sup> pada Bak Filter Pasir laut Berdasarkan Variasi Debit Konsentrasi dan Waktu**

	Q <sub>rerata</sub>	t	Fe <sup>2+</sup> in	Fe <sup>2+</sup> out	Fe <sup>2+</sup> out/F	%
	ml/detik	Jam	mg/liter	mg/liter	e <sup>2+</sup> in	penyisihan
1	93.26	29	1.42	1.09	0.77	0.23
	104.02	19	1.43	1.14	0.80	0.20
	80.10	29	1.36	1.04	0.77	0.23
2	96.25	28	0.97	0.81	0.83	0.17
	74.55	35	0.95	0.80	0.84	0.16
	127.92	23	1.04	0.83	0.80	0.20
3	74.82	25	0.62	0.45	0.73	0.27
	81.22	23	0.63	0.44	0.70	0.30
	112.39	17	0.63	0.52	0.83	0.17
4	61.85	22	0.45	0.35	0.78	0.22
	113.94	13	0.45	0.38	0.84	0.16
	80.01	17	0.42	0.33	0.79	0.21
Jumlah			10.37	8.18		
Rerata			0.86	0.68		
Rerata Penyisihan			21.1543%			

### 7. Koefisien Bak Filter Pasir laut

Koefisien filtrasi ( $\lambda$ ) merupakan konstanta dari besarnya penyisihan dari *impurities*, semakin besar harga konstantan  $\lambda$  maka semakin besar pula penyisihan terhadap *impurities* yang akan dihilangkan

(diturunkan) konsentrasinya (Huisman, 1974). Untuk mengetahui harga konstanta *filter* ( $\lambda$ ) untuk penyisihan Fe<sup>2+</sup> maka perlu diketahui konsentrasi *inlet* dan *outlet filter* dan ketebalan media *filter*. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan telah dilakukan variasi debit dan konsentrasi. Variasi konsentrasi dilakukan dengan merubah jumlah tray sehingga konsentrasi yang masuk pada *filter* akan berbeda. Sedangkan untuk variasi debit dilakukan dengan pengaturan *valve*. Koefisien *filter* yang didapatkan pada kedua *filter* adalah berasal dari proses filtrasi dalam *running filter* yang bersamaan sehingga kualitas air yang dilewatkan pada masing-masing *filter* adalah sama.

Setiap variasi konsentrasi yang dilakukan diujikan sampai *filter* sudah menunjukkan adanya *headloss* yang diakibatkan adanya materi tersuspensi yang tertahan pada media *filter* sehingga mengakibatkan permukaan muka air meningkat. Peningkatan ini dihentikan pada saat tinggi muka air pada bak sudah mencapai ketinggian 100 cm (30 cm dari media *filter*). Perlakuan yang sama untuk tiap variasi debit dan konsentrasi.

Harga konstanta untuk percobaan dengan variasi konsentrasi 1, 2, 3, dan 4 serta berdasarkan pada variasi debit didapatkan perbandingan antara konsentrasi *inlet filter* dengan konsentrasi Fe<sup>2+</sup> *outlet filter*, harga perbandingan ini digunakan untuk menentukan besarnya nilai koefisien filtrasi yang disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 5 Koefisien Filter Pasir Laut Pantai Ngrenehan**

	Jumlah Pengulangan	Q <sub>rerata</sub> ml/det	C/C0 mg/liter	$\lambda$ m <sup>-1</sup>
KONSENTRASI 1	1	89.51	0.77	0.44
	2	102.45	0.80	0.37
	3	73.59	0.77	0.45
KONSENTRASI 2	1	92.91	0.83	0.31
	2	69.86	0.84	0.29
	3	125.88	0.80	0.38
KONSENTRASI 3	1	72.05	0.73	0.53
	2	80.94	0.69	0.62
	3	110.50	0.83	0.32
KONSENTRASI 4	1	58.83	0.78	0.42
	2	110.28	0.84	0.29
	3	76.09	0.78	0.42
Jumlah			9.45	4.86
Rerata			0.79	0.40
S			0.05	0.10

Berdasarkan Tabel 5 di atas tampak bahwa debit tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap besarnya nilai konstanta filtrasi namun yang berpengaruh disini adalah besarnya nilai penyisihan  $Fe^{2+}$  dan diperoleh rata-rata  $\lambda=0,40\pm0,10 m^{-1}$ . Sedangkan pada filter pasir aktif diperoleh  $\lambda=0,92\pm0,16 m^{-1}$ .

### 8. Kelebihan dan Kekurangan *Filter Pasir Laut* dibanding *Filter Pasir Aktif*

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dalam mengetahui besar penyisihan  $Fe^{2+}$  dan operasional dalam sistem filtrasi pasir cepat media Pasir Laut Pantai Ngrenahan diperoleh keuntungan dan kerugian sebagai berikut:

Tabel 6. Kelebihan dan Kekurangan Bak *Filter Pasir Laut*

KELEBIHAN	KEKURANGAN
Dapat langsung diperoleh di alam	Persediaan di alam terbatas
Memiliki gradasi butiran yang memenuhi sebagai kriteria saringan pasir cepat	Kemampuan penyisihan terhadap $Fe^{2+}$ lebih kecil dibandingkan dengan pasir aktif
Headloss proses filtrasi dan backwash lebih kecil daripada media pasir aktif	
Waktu operasional filter lebih lama karena proses oksidasi lebih kecil dibandingkan pasir aktif	
Memiliki porositas yang lebih besar sehingga tampungan untuk pengendapan materi tersuspensi lebih besar	
Range debit filtrasi lebih besar daripada media pasir aktif	
Tidak memerlukan proses regenerasi	

### KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari studi penurunan  $Fe^{2+}$  dengan sistem filtrasi pasir cepat media pasir laut dengan sumber air baku diambil dari *deep well* II IPA PDAM Prambanan Klaten adalah sebagai berikut:

1. Desain kriteria untuk saringan pasir cepat dengan media pasir laut untuk ketebalan media 60 cm dan lapisan penyangga 20 cm adalah ukuran efektif pasir (ES) 0.8 mm, ukuran keseragaman pasir (UC) 1.31 mm, SG 2.6268 gr/ml, porositas 42,25% dan kecepatan filtrasi maksimal (v) 11,05 m/jam.
2. Rata-rata Besarnya penurunan konsentrasi  $Fe^{2+}$  untuk *filter* media pasir pasir laut berdasarkan variasi konsentarsi, debit dan waktu adalah 43,71% ( $\lambda_2=0,92\pm0,16 m^{-1}$ ).
3. Saringan pasir cepat dengan media pasir laut Pantai Ngrenahan dapat diterapkan sebagai unit pengolah air untuk menurunkan  $Fe^{2+}$  untuk memenuhi kebutuhan air bersih karena dapat menurunkan  $Fe^{2+}$

dari konsentrasi 2.60-2.85 mg/liter menjadi 0.35 mg/lit (PP No.20, 1990)

### SARAN

Penelitian lebih lanjut untuk mengenai filtrasi perlu dilakukan adalah:

1. penambahan terhadap ketinggian supernatan untuk menghindari terjadinya *air binding* dalam media *filter* sehingga besarnya *headloss* dan kecepatan filtrasi dapat lebih akurat.
2. variasi ketebalan media filter untuk mengetahui besarnya penyisihan  $Fe^{2+}$  tiap ketebalan media.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Atas selesainya penelitian ini, penulis ucapkan terima kasih kepada Almarhum Bu Widiastuti yang telah ikut memberi masukan dan saran.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. and Al-Layla, M Anis. 2002. *Water Supply Engineering Design*. Mann Arbor Science Publisher. Amerika.

- Anonim. 2002. Modul IPA - 009  
Penghilangan Besi dan Mangan.  
Persatuan Perusahaan Air Minum  
Seluruh Indonesia & Yayasan  
Pendidikan Tirta Dharma.
- Anonim. 1990. Peraturan Pemerintah  
Republik Indonesia NO.20.
- Anonim. 2002. Keputusan Menteri  
Kesehatan Republik Indonesia No.  
907/MENKES/SKVII/2002.
- Darmasetiawan, M. 2001. Teori dan  
Perencanaan Instalasi Pengolahan  
Air. Yayasan Suryono. Bandung.
- Fair, Geyer, Okun. 1967. *Water and  
Wastewater Engineering*. John Wiley  
and Sons Inc. New York
- Huisman. 1974. *Rapid Filtration*. Delf  
University of Technology.
- Kawamura, S. 1991. *Integrated Design of  
Water Treatment Facilities*. John  
Wiley and Sons Inc. New York.
- Okun, D. and Schulz, C. 1984. *Surface  
Water Treatment for Communities in  
Developing Countries*. A Willey-  
Interscience Publication. New York.
- Reynold. 1982. *Unit Operations and  
Processes in Environmental  
Engineering*. Wadsworth Inc.  
California.
- Tchobanoglous, G. 1985. *Environmental  
Engineering*. McGraw-Hill. New  
York.