



"Studi Penurunan Kadar Mangan (Mn) pada Air Melalui Media Filter Pasir Kuarsa Malimpung"

Suryani Syahrir¹⁾, Mary Selitung²⁾, Saleh Pallu³⁾, Arsyad Thaha⁴⁾

¹⁾ Mahasiswa S₃ Pascasarjana Unhas, Bidang Teknik Sipil, email: suryanisyahrir@yahoo.co.id

²⁾ Professor Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Unhas, Makassar, email:

³⁾ Professor Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Unhas, Makassar, email: salehpallu@hotmail.com

⁴⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Unhas, Makassar, email: athaha_99@yahoo.com

Abstrak

Di Indonesia, pemenuhan kebutuhan air bersih pada tahun 2004 berdasarkan survei sosial ekonomi Nasional (SUSENAS) hanya sekitar 47% dari jumlah penduduk yang mencakup 51% di daerah perkotaan dan 42% di daerah pedesaan. Dalam 8 tahun dari 1994 sampai 2002, peningkatan terhadap akses air bersih hanya 10% di daerah pedesaan dan 9% di daerah perkotaan. Kabupaten Pinrang merupakan salah satu kabupaten di provinsi Sulawesi Selatan dengan potensi alam yang cukup melimpah, termasuk di dalamnya adalah potensi pasir kuarsa Malimpung. Pasir kuarsa adalah salah satu jenis media yang sangat baik untuk digunakan sebagai filter air.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental yang terdiri dari 2 tahap. Pertama, menguji pasir kuarsa Malimpung sebagai media filter yang memenuhi standar sebagai pasir saringan di Laboratorium Mekanika Tanah. Selanjutnya media filter diuji dalam alat filtrasi dengan 2 komposisi diameter, yakni diameter seragam dan tidak seragam dengan masing-masing 3 variasi ketebalan media filter yaitu 50 cm, 60 cm, dan 70 cm.

Hasil yang diperoleh menunjukkan. Hal ini dapat dijelaskan bahwa, pada awal dialirkan air ke dalam alat filtrasi masih ada sedimen dari media filter yang ikut mengalir, selanjutnya pada ketebalan tertentu (untuk penelitian ini pada ketebalan 690 mm) memperlihatkan penurunan kembali. Dan untuk ketebalan selanjutnya terjadi lagi *clogging*, sehingga terjadi kenaikan nilai dari parameter yang ditinjau. Hal ini menunjukkan bahwa variasi ketebalan media filter untuk saringan single medium berpengaruh untuk mengetahui efektifitas suatu filter dan proses pencucian pada saat terjadi *clogging* mutlak dilakukan.

Kata Kunci: pasir kuarsa Malimpung, filtrasi,

I. Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan yang paling mendasar bagi makhluk hidup. Air yang digunakan harus memenuhi syarat dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Secara kualitas, air harus tersedia pada kondisi yang memenuhi syarat kesehatan; yang dapat ditinjau dari aspek fisika, kimia, dan biologi. Adanya perkembangan industri dan pemukiman dapat mengancam kualitas air bersih, sehingga diperlukan upaya perbaikan baik secara sederhana maupun modern.

Saat ini, proses produksi air bersih yang dapat diminum telah menjadi perhatian dunia untuk memenuhi peningkatan populasi dan kebutuhan air bersih yang melebihi persediaan sumber air minum konvensional. Lebih dari 1 miliar orang hidup tanpa persediaan air bersih dan sekitar 2,3 miliar orang (41% penduduk dunia) hidup di daerah yang mengalami krisis air (Service, 2006).

Salah satu proses pengolahan air secara fisik adalah dengan filtrasi, dimana terjadi pemisahan antara padatan/koloid dengan cairan. Pada proses ini, digunakan media filtrasi yang sangat beragam untuk mendukung kelancaran proses pengolahan air bersih. Salah satu media filtrasi yang cukup efektif adalah pasir kuarsa.

Kabupaten Pinrang merupakan salah satu kabupaten di provinsi Sulawesi Selatan dengan potensi alam yang cukup melimpah, termasuk di dalamnya adalah potensi pasir kuarsa di beberapa

sungai yang ada. Melihat kondisi air bersih di beberapa wilayah di Kabupaten Pinrang sangat tidak laik; ditandai dengan air yang berwarna kuning kecoklatan, noda pada bak mandi, dan penyumbatan pada pipa. Hal ini ditunjang pula oleh fasilitas air dari PDAM yang tidak lancar, sehingga sangat urgen untuk pengadaan sistem penyediaan air dengan teknologi sederhana dan ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan potensi alam lokal, disamping mudah memperolehnya juga biayanya relatif murah.

II. Tinjauan Pustaka

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.

Secara umum filtrasi adalah proses yang digunakan pada pengolahan air bersih untuk memisahkan bahan pengotor (partikulat) yang terdapat dalam air. Pada prosesnya air merembes dan melewati media filter sehingga akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul sepanjang kedalaman media yang dilewatinya. Filter juga mempunyai kemampuan untuk memisahkan partikulat semua ukuran termasuk didalamnya algae, virus, dan koloid-koloid tanah.

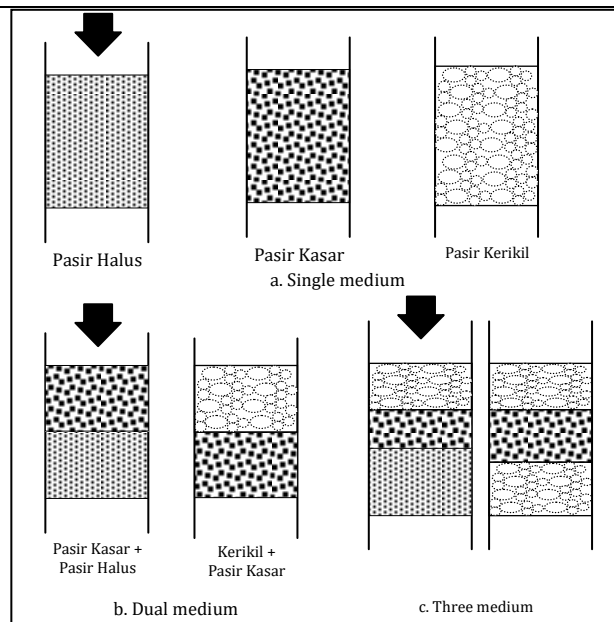
Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat mekanisme filtrasi sebagai berikut:

- a. Penyaringan secara mekanis (*mechanical straining*)
- b. Sedimentasi
- c. Adsorpsi atau gaya elektrokinetik
- d. Koagulasi dalam filter bed
- e. Aktivitas biologis

Digunakannya media filter atau saringan karena merupakan alat filtrasi atau penyaring yang memisahkan campuran solida likuida dengan media porous atau material porous lainnya guna memisahkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi yang paling halus. Dan penyaringan ini merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan, dimana prosesnya bisa dijadikan sebagai proses awal (*primary treatment*).

Menurut Tjokrokusumo (1995 :110-111), pada pengolahan air baku dimana proses koagulasi tidak perlu dilakukan, maka air baku langsung dapat disaring dengan saringan jenis apa saja termasuk pasir kasar. Karena saringan kasar mampu menahan material tersuspensi dengan penetrasi partikel yang cukup dalam, maka saringan kasar mampu menyimpan lumpur dengan kapasitas tinggi. Karakteristik filtrasi dinyatakan dalam kecepatan hasil filtrat. Masing-masing dipilih berdasarkan pertimbangan teknik dan ekonomi dengan sasaran utamanya, yakni menghasilkan filtrat yang murah dengan kualitas yang tetap tinggi.

Dikarenakan juga karena air olahan yang akan disaring berupa cairan yang mengandung butiran halus atau bahan-bahan yang larut dan menghasilkan endapan, maka bahan-bahan tersebut dapat dipisahkan dari cairan melalui filtrasi. Apabila air olahan mempunyai padatan yang ukuran seragam maka saringan yang digunakan adalah single medium. Sebaliknya, jika ukuran padatan beragam maka digunakan saringan dual medium atau three medium (Kusnaedi, 1995 : 14-15), seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tipe penyaringan pasir
Sumber: Kusnaedi. 2010.

Berdasarkan pada kapasitas produksi air yang terolah, filter pasir dapat dibedakan menjadi dua, yaitu filter pasir cepat dan filter pasir lambat.

1. Filter pasir cepat

Filter pasir cepat (*rapid sand filter*) adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 4 hingga 21 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5 - 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90 - 98%.

Filter pasir cepat dapat dibedakan dalam beberapa kategori:

- Menurut sistem kontrol kecepatan filtrasi
Berdasarkan sistem kontrol kecepatannya, filter dikelompokkan menjadi constant rate dan *declining rate* atau *constant head*.
- Menurut arah aliran
Berdasarkan arah aliran, filter dikelompokkan menjadi: filter aliran kebawah (*down flow*), keatas (*upflow*), dan horizontal.
- Menurut sistem pengalirannya
Berdasarkan sistem pengalirannya, filter dikelompokkan menjadi: filter dengan aliran secara grafitasi (*gravity filter*) dan dengan aliran bertekanan (*pressure filter*).

2. Filter pasir lambat

Filter pasir lambat (*slow sand filter*) adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat, yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Kecepatan yang lebih lambat ini disebabkan ukuran media pasir lebih kecil (effective size = 0,15 - 0,35 mm).

Filter pasir lambat adalah saringan yang menggunakan pasir sebagai media filter dengan ukuran butiran sangat kecil, namun mempunyai kandungan kuarsa yang tinggi. Unit ini sudah menjadi teknologi pengolahan air yang efektif lebih dari 150 tahun. Filter pasir lambat ini dikenal di Inggris sebelum tahun 1830, dan pertama kalinya menjadi instalasi yang sukses dalam pengolahan untuk air minum (Taweel dan Ali, 1999).

Proses filtrasi yang terjadi pada filter pasir lambat, terjadi dengan memisahkan air dari kandungan kontaminan berupa partikel tersuspensi dan koloid, serta bakteri, dengan cara melewati air pada suatu media berpori. Pada prinsipnya material ini dapat berupa material apa saja, seperti lapisan granular pasir, batu yang dihancurkan, antrachite, kaca, sisa arang, dan lain-lain. Pada praktiknya di lapangan, media berpori yang paling sering digunakan adalah pasir, karena

pasir mudah ditemui dalam jumlah banyak, biaya yang murah, dan hasil pengolahan yang diberikan juga sangat memuaskan (Longsdon et al., 2002).

II.1. Media filter dan distribusi media

Bagian filter yang berperan penting dalam melakukan penyaringan adalah media filter. Media Filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia.

Pasir kuarsa merupakan salah satu bahan galian yang cukup melimpah di Indonesia. Hal ini dimungkinkan akibat kondisi Indonesia yang hampir setengahnya berupa batuan beku asam sebagai sumber pembentuk bahan galian tersebut. Pasir kuarsa banyak ditemukan pada daerah pesisir sungai, danau, pantai dan sebagian pada lautan yang dangkal.

Pasir kuarsa (*quartz sands*) juga dikenal dengan nama pasir putih atau pasir silika (*silica sand*) merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau, atau laut. Pasir kuarsa adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO₂) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, dan K₂O, berwarna putih bening atau warna lain tergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur 17-150 °C, bentuk kristal hexagonal, panas spesifik 0,185 (Kusnaedi, 2010).

Pemilihan media filter yang akan digunakan dilakukan dengan analisa ayakan (*sieve analysis*). Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif (*effective size*) dan keseragaman media yang diinginkan (dinyatakan sebagai *uniformity coefficient*).

Kriteria nilai ukuran efektif dan keseragaman media untuk beberapa jenis dan jumlah media filter dapat dilihat pada Tabel 1. Bila suatu stok pasir tidak memenuhi kriteria, maka harus dilakukan pemilihan ukuran hingga memenuhi kriteria tersebut. Perhitungan persentase pasir yang dapat digunakan, pasir yang terlalu kecil, pasir yang terlalu besar dapat dihitung sebagai berikut:

➤ Persentase stok pasir yang dapat digunakan:

$$P_{use} = 2 (P_{st60} - P_{st10}) \tag{1}$$

➤ Persentase pasir yang terlalu kecil:

$$P_f = P_{st10} - 0,1 P_{use} = P_{st10} - 0,2 (P_{st60} - P_{st10}) \tag{2}$$

➤ Persentase ukuran pasir yang terlalu besar:

$$P_c = 100 - P_f - P_{use} \tag{3}$$

dimana:

P_{st10} adalah persentase pasir stok yang memenuhi ES sesuai kriteria yang diminta.

P_{st60} adalah persentase pasir stok yang memenuhi ES x UC sesuai kriteria yang diminta.

Setelah dilakukan pemilihan ukuran butiran pasir stok, maka pasir stok dapat digunakan sebagai media filter yang memenuhi kriteria.

Tabel 1. Kriteria perencanaan media filter untuk pengolahan air minum

Karakteristik	Nilai	
	rentang	tipikal
I. Single Media		
A. Media pasir:		
Kedalaman (mm)	610 – 760	685
ES (mm)	0,35 – 0,70	0,6
UC	<1,7	<1,7
B. Media anthrasit:		



Kedalaman (mm)	610 – 760	685
ES (mm)	0,70 – 0,75	0,75
UC	<1,75	<1,75
C. Rate Filtrasi (l/det-m ²)	1,36 – 3,40	2,72
II. Dual Media		
A. Anthrasit:		
Kedalaman (mm)	460 – 610	610
ES (mm)	0,9 – 1,1	1
UC	1,6 – 1,8	1,7
B. Pasir		
Kedalaman (mm)	150 – 205	150
ES (mm)	0,45 – 0,55	0,5
UC	1,5 – 1,7	1,6
C. Rate Filtrasi (l/det – m ²)	2,04 – 5,44	3,4
III. Multi Media		
A. Anthrasit:		
Kedalaman (mm)	420 – 530	460
ES (mm)	0,95 – 1,0	1
UC	1,55 – 1,75	<1,75
B. Pasir		
Kedalaman (mm)	150 – 230	230
ES (mm)	0,45 – 0,55	0,5
UC	1,5 – 1,65	1,6
C. Garnet		
Kedalaman (mm)	75 – 115	75
ES (mm)	0,20 – 0,35	0,2
UC	1,6 – 2,0	<1,6
D. Rate Filtrasi (l/det – m ²)	2,72 – 6,80	4,08

Sumber:

III. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental. Penelitian terdiri dari dua tahapan, yang pertama adalah pengambilan sampel di lapangan dan tahapan yang kedua adalah pengujian di laboratorium.

Pada pengujian sampel air, sampel air dikumpulkan dalam satu wadah kemudian dipisahkan 100 ml air untuk sampel sebelum penyaringan. Air yang lainnya akan melauai proses filtrasi dengan prosedur sebagai berikut :

1. Memasang kertas saringan pada lubang keluar untuk menghambat pasir agar tidak ikut terbawa oleh air.
2. Menuangkan pasir kedalam alat filtrasi sampai mencapai tinggi 610 mm (alat filtrasi harus dalam keadaan bersih dan kran saluran air dalam keadaan tertutup).
3. Menuangkan air kedalam alat filtrasi sampai mencapai ketinggian 40 mm di atas permukaan media pasir.

4. Kemudian didiamkan selama ± 5 menit dan pastikan bahwa air sudah mengisap semua rongga-rongga pasir (ketinggian air harus tetap berada 40 mm diatas permukaan media filter).
5. Membuka kran outlet sampai aliran menjadi konstan.
6. Menampung air 100 ml sebagai sampel untuk variasi ketinggian 610 mm.
7. Selanjutnya air didalam filter dibiarkan mengalir keluar sampai kering.
8. Menutup kembali kran saluran air kemudian tambahkan pasir ke dalam filter sampai mencapai ketinggian 630 mm.
9. Mengulang prosedur penelitian seperti pada langkah nomor 3-7. Selanjutnya tahapan yang sama dilakukan untuk sampel variasi dengan ketinggian 650 mm, 670 mm, 690 mm dan 710 mm.

Sample air sebelum dan sesudah penyaringan kemudian di masukkan ke dalam botol air mineral dan selanjutnya di uji di Laboratorium Oseanografi Kimia Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Unhas untuk mengetahui perbandingan zat Mangan (Mn) air sebelum dan sesudah penyaringan.

IV. Hasil dan Pembahasan

Sampel pasir kuarsa yang digunakan untuk pemeriksaan analisa saringan adalah sampel pasir yang diambil sesuai prosedur dan petunjuk pengujian di laboratorium. Untuk lebih jelas mengenai hasil pemeriksaan analisa saringan pasir kuarsa Sungai Malimpung sebanyak 1.500 gram yang dibagi dalam tiga kali pengujian dan dapat dilihat pada tabel 2, 3, dan 4 berikut :

Tabel 2. Hasil pemeriksaan analisa saringan pasir kuarsa sungai Malimpung (sampel I)

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
4	4,75	0,00	0,00	0	100
10	2	0,50	0,50	0,1	99,9
18	0,84	15,90	16,40	3,28	96,72
40	0,425	308,70	325,10	65,02	34,98
60	0,25	145,70	470,80	94,16	5,84
100	0,15	17,10	487,90	97,58	2,42
200	0,075	6,30	494,20	98,84	1,16
Pan	-	5,80	500,00	100	0
<i>Berat jenis air terhadap temperatur</i>				=	0,99510
<i>faktor, $K = (1000 \times G_s \times g_{wet T}) / (10 \times W_s(G_s - 1))$</i>				=	3,1763
<i>Faktor $K_t = f(G_s, T)$</i>				=	0,01217

Sumber: Hasil penelitian

Tabel 3. Hasil pemeriksaan analisa saringan pasir kuarsa sungai Malimpung (sampel II)

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
4	4,75	0,00	0,00	0	100
10	2	0,30	0,30	0,06	99,94
18	0,84	19,70	20,00	4	96
40	0,425	332,70	352,70	70,54	29,46



60	0,25	128,30	481,00	96,2	3,8
100	0,15	15,50	496,50	99,3	0,7
200	0,075	2,90	499,40	99,88	0,12
Pan	-	0,60	500,00	100	0
Berat jenis air terhadap temperatur, $g_{wet T}$				=	0,99510
faktor, $K = (1000 \times Gs \times g_{wet T}) / (10 \times Ws(Gs - 1))$				=	3,1763
Faktor $Kt = f(Gs, T)$				=	0,01217

Sumber: Hasil penelitian

Tabel 4. Hasil pemeriksaan analisa saringan pasir kuarsa sungai Malimpung (sampel III)

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
4	4,75	0,00	0,00	0	100
10	2	0,20	0,20	0,04	99,96
18	0,84	17,60	17,80	3,56	96,44
40	0,425	325,30	343,10	68,62	31,38
60	0,25	134,60	477,70	95,54	4,46
100	0,15	18,10	495,80	99,16	0,84
200	0,075	2,60	498,40	99,68	0,32
Pan	-	1,60	500,00	100	0
Berat jenis air terhadap temperatur, $g_{wet T}$				=	0,99510
faktor, $K = (1000 \times Gs \times g_{wet T}) / (10 \times Ws(Gs - 1))$				=	3,1763
Faktor $Kt = f(Gs, T)$				=	0,01217

Sumber: Hasil penelitian

Dalam penelitian ini, dilakukan juga uji berat jenis terhadap pasir kuarsa. Sampel pasir yang digunakan adalah yang lolos saringan no. 10, 40 dan 200 sehingga didapatkan pasir yang besar butirannya hampir sama. Rekapitulasi hasil pemeriksaan Pasir Kuarsa Sungai Malimpung dari 3 titik pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini :

Tabel 5. Rekapitulasi hasil pemeriksaan pasir kuarsa Sungai Malimpung dari 3 titik pengambilan

No.	JENIS PENGUJIAN	Unit	SAMPLE		
			I	II	III
1	Specific Gravity (Gs)	-	2,678		
2	Grain Size :				
	➤ (No.Saringan)		% Lolos	% Lolos	% Lolos
	• No.10	%	99,900	99,940	99,960
	• No.40	%	34,980	29,460	31,380
	• No.200	%	1,160	0,120	0,320
	➤ Coef.Concavity (Cc)	-	1,038	0,335	0,956
	➤ Coef.Uniform (Cu)	-	1,964	1,900	1,873
5	Classification of Soil :				

➤ AASHTO	-	A-1-b
➤ U.S.C.S	-	SP (Poorly-graded Sand)

Sumber: Hasil penelitian

IV.1. Hasil pemeriksaan kadar Mangan (Mn)

Pemeriksaan kadar mangan (Mn) pada air melalui metode filtrasi *single medium* menggunakan pasir kuarsa Sungai Malimpung dilakukan dengan perbandingan antara kadar Mangan (Mn) sebelum dan kadar Mangan (Mn) setelah dilakukan filtrasi.

Untuk sampel air sebelum filtrasi diambil sebanyak 100 ml dan untuk sampel air setelah filtrasi diambil dengan 6 variasi ketebalan media filter (610 mm, 630 mm, 650 mm, 670 mm, 690 mm, dan 710 mm) yaitu sebanyak 100 ml untuk setiap ketebalan.

Adapun hasil pemeriksaan kadar mangan (Mn) air sebelum dan setelah filtrasi dari laboratorium seperti yang ada pada table 6 dibawah ini :

Tabel 6. Hasil pemeriksaan kadar mangan (Mn) air sebelum dan setelah filtrasi

Input	Output I (610 mm)	Output II (630 mm)	Output III (650 mm)	Output IV (670 mm)	Output V (690 mm)	Output VI (710 mm)
0.0234	0.0188	0.0176	0.0182	0.0220	0.0194	0.0209

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 6 diatas terlihat bahwa penurunan kadar mangan (Mn) pada sampel air mulai terjadi pada ketebalan media filter 610 mm dan tetap mengalami penurunan pada ketebalan selanjutnya, yaitu 630 mm. Tetapi pada ketebalan 650 mm terjadi kenaikan dan menurun lagi pada ketebalan 690 mm. Hal ini bisa dijelaskan karena untuk saringan *single medium*, terjadi mekanisme penyumbatan (*clogging*).

V. Kesimpulan

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa filtrasi dengan menggunakan saringan *single medium* dengan 6 variasi ketebalan media filter pasir kuarsa Sungai Malimpung belum memberikan hasil yang cukup baik. Hal ini bisa dijelaskan karena untuk saringan *single medium*, dimana terjadi penyumbatan (*clogging*) pada ketebalan tertentu, sehingga diperoleh hasil penurunan yang tidak dinamis. Oleh karena itu untuk saringan *single medium*, disarankan agar dilakukan pencucian pada media filter secara berkala dan hal itu mutlak dilakukan untuk menjaga kestabilan debit aliran air.

REFERENSI

- [1] Astari, S. dan Iqbal, R. Tanpa tahun. Keandalan Saringan Pasir Lambat dalam Pengolahan Air. Bandung. Teknik Sipil dan Lingkungan - Institut Teknologi Bandung.
- [2] Badan Standardisasi nasional. (2008). Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat. SNI - 3981.
- [3] Darsono, V.dan Sutomo, T. (2002). Pengaruh Diameter dan Ketebalan Pasir dalam Saringan Pasir Lambat terhadap Penurunan Kadar Besi. Jurnal Teknologi Industri. Vol. VI- 4.
- [4] Droste, R.L. (1997). *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Wiley & Sons. Inc.
- [5] Environmental Protection Agency. (1995). *Water Treatment Manuals (Filtration)*. Ardcavan. Wexford. Ireland.
- [6] Hardiyanti, N. dan Fitri, N.D. (2006). Studi Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Bersih untuk Kebutuhan Domestik dan Non domestik (Studi Kasus Perusahaan Tekstil Bawen Kabupaten Semarang). Jurnal Presipitasi. Vol.1- 1.



-
- [7] Huisman, L. (1994). *Rapid Sand Filtration*. Lecture Notes. IHE Delft Netherlands.
- [8] Huisman, L. (1994). *Slow Sand Filtration*. Lecture Notes. IHE Delft Netherlands.
- [9] Kawamura, S. (1991). *Integrated Design of Water Treatment Facilities*, John Wiley & Sons. Inc.
- [10] Kusnaedi. (2010). *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- [11] N. Awaluddin. (2007). Teknologi Pengolahan Air Tanah Sebagai Sumber Air Minum pada Skala Rumah Tangga. Makalah disajikan dalam Seminar “Peran Mahasiswa dalam Aplikasi Keteknikan Menuju Globalisasi Teknologi”. Universitas Islam Indonesia. 17-18 Desember 2007.
- [12] Oktiawan, W., dan Krisbiantoro. (2007). Efektifitas Penurunan Fe^{2+} dengan Unit Saringan Pasir Cepat Media Pasir Aktif. *Jurnal Presipitasi*. Vol. 2. 1.
- [13] Pallu, M.S. (1999). Studi Karakteristik Pasir untuk Saringan Penjernihan Air. *Hi - Tech*. Edisi 03: 84 - 88.
- [14] Prayudi, T.R. (2008). Pengaruh Campuran Fly Ash dan Pasir Kuarsa Sebagai Media Saringan Leachate Sampah Terhadap Waktu Peresapan, Warna, Fe, Zn, dan Cu. *Jurnal Pemukiman*. Vol. 3. 3.
- [15] Putra, D.E.S. (1995). Studi Perbandingan Berbagai Ketebalan Pasir Kali dan Kuarsa Sebagai Saringan Pasir Aktif dalam Penurunan Kadar Besi pada Air Sumur. Skripsi. Semarang. Universitas Diponegoro.
- [16] Qasim, S.R., Motley, E.M., dan Zhu, G. (2000). *Water Work Engineering: Planning, Design & Operation*. Prentice Hall PTR. Texas.
- [17] Rahmawati, A. Tanpa tahun. *Penurunan Kandungan Mangan (Mn) dari dalam Air Menggunakan Metode Filtrasi*. Skripsi. Surakarta. FKIP - Universitas Sebelas Maret.
- [18] Saifuddin, M.R., Widiarto, N., dan Astuti, D. (2004). Efektivitas Kombinasi Filter Pasir-Zeolit, Pasir-Karbon Aktif dan Zeolit-Karbon Aktif terhadap Penurunan Kadar Mangan (Mn) di Desa Danyung Kecamatan Grogol Kabupaten Sukoharjo Tahun 2004. *Infokes*. Vol. 8. 1.
- [19] Setyowati, E. (2008). Meningkatkan Kualitas Air Sungai dengan Katalisator Batuan dan Arang Kasus Pemukiman Pinggir Kota di Dusun Grobogan. *Forum Teknik*. Vol. 32- 3.
- [20] Suherman, D. (2008). Menurunkan Nilai Kesadahan Melalui Penyaringan dengan Pasir Kuarsa, Contoh Air Padalarang Bandung. *Lipi Press*. Vol. 31- 1, 61-67.
- [21] Yusnimar, A. Yelmida, Yenie, E., dkk. (2010). Pengolahan Air Gambut dengan Bentonit. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol. 9- 2, 77-81.