

STUDI PENGOLAHAN AIR MELALUI MEDIA FILTER PASIR KUARSA (STUDI KASUS SUNGAI MALIMPUNG)

Mary Selintung & Suryani Syahrir

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unhas

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar (90245)

Telp./Fax : (0411) 587636

e-mail: suryanisyahrir@yahoo.co.id

Abstrak

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. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Menganalisis pasir kuarsa sungai Malimpung dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1963:2008 sebagai pasir media, dan (2) Menganalisis keefektifan pasir kuarsa Sungai Malimpung dalam menurunkan pH, kekeruhan, warna, bau, dan rasa di dalam air dengan menggunakan saringan single medium. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Oseanografi Kimia Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Unhas dan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Unhas. Pengujian dilakukan dengan 6 (enam) variasi ketebalan media filter berturut-turut yaitu 610 mm, 630 mm, 650 mm, 670 mm, 690 mm, dan 710 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filtrasi dengan menggunakan saringan single medium belum memberikan hasil yang efektif, hanya parameter pH saja yang mengalami penurunan di semua variasi ketebalan media filter. Hal ini dapat dijelaskan bahwa untuk saringan single medium, 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 650 mm) sudah memperlihatkan penurunan. Dan untuk ketebalan selanjutnya terjadi clogging. Hal ini menunjukkan bahwa variasi ketebalan media filter untuk saringan single medium sangat berpengaruh untuk mengetahui efektifitas suatu filter dan proses pencucian pada saat terjadi clogging mutlak dilakukan.

Kata Kunci : efektifitas, pasir kuarsa, filtrasi, single medium.

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.

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.

Penelitian ini bertujuan untuk:

- Menganalisis pasir kuarsa sungai Malimpung dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1963:2008 sebagai pasir media.
- Menganalisis keefektifan pasir kuarsa sungai Malimpung dalam menurunkan pH, kekeruhan, warna, bau, dan rasa di dalam air dalam 6 variasi ketebalan media filter dengan menggunakan saringan *single medium*.

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.

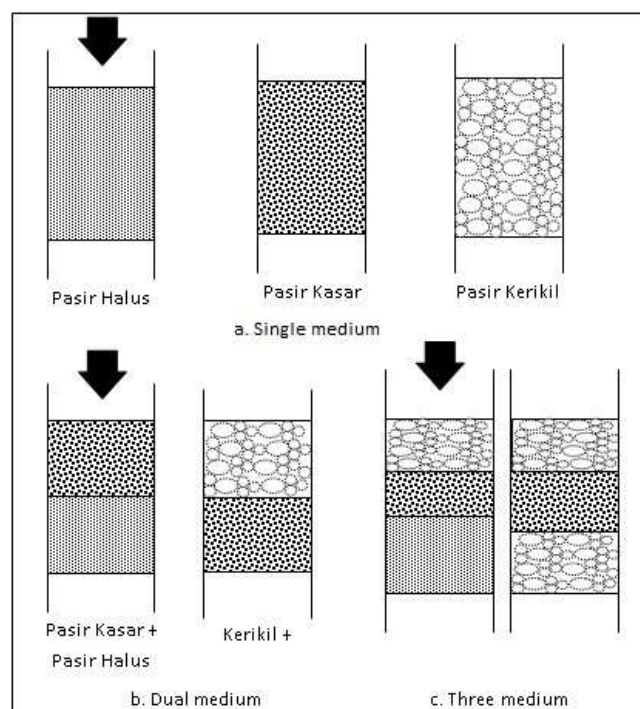
Secara umum filtrasi adalah proses yang digunakan pada pengolahan air bersih untuk memisahkan bahan pengotor (partikulat) yang terdapat dalam air. Pada prosesnya air merembes dan melewati media filter sehingga akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul sepanjang kedalaman media yang dilewatinya. 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:

- Penyaringan secara mekanis (*mechanical straining*)
- Sedimentasi
- Adsorpsi atau gaya elektrokinetik
- Koagulasi dalam *filter bed*
- Aktivitas biologis

Menurut Baker (1948), catatan tertulis paling awal tentang pengolahan air, sekitar tahun 4000 SM, menyebutkan filtrasi air melalui pasir dan kerikil. Walaupun sejumlah modifikasi telah dibuat dengan cara yang aplikasi, filtrasi tetap menjadi salah satu teknologi mendasar terkait dengan pengolahan air. 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), 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), seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tipe penyaringan pasir

Media Filter

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 (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).

Proses pengolahan pasir kuarsa tergantung kepada kegunaan serta persyaratan yang dibutuhkan baik sebagai bahan baku maupun untuk langsung digunakan. Untuk memperoleh spesifikasi yang dibutuhkan dilakukan upaya pencucian untuk menghilangkan senyawa pengotor.

Dalam kegiatan industri, penggunaan pasir kuarsa sudah berkembang meluas, baik langsung sebagai bahan baku utama maupun bahan ikutan. Sebagai bahan baku utama, misalnya digunakan dalam industri gelas kaca, semen, tegel, mosaik keramik, bahan baku fero silikon, silikon carbide bahan abrasif (ampelas dan sand blasting). Sedangkan sebagai bahan ikutan, misal dalam industri cor, industri perminyakan dan pertambangan, bata tahan api (refraktori), dan lain sebagainya. Pasir kuarsa juga sering digunakan untuk pengolahan air kotor menjadi air bersih. Fungsi ini baik untuk menghilangkan sifat fisiknya, seperti kekeruhan, atau lumpur dan bau. Pasir kuarsa umumnya digunakan sebagai saringan pada tahap awal.

Distribusi Media

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*).

Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10 % dari total kedalaman lapisan media filter atau 10 % dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai *d10* (diameter pada persentil 10).

Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keseragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran efektif atau dapat ditulis: $UC = d_{60}/d_{10}$. *d60* adalah diameter butiran pada persentil 60).

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:

Arsitektur	Elektro	Geologi	Mesin	Perkapalan	Sipil
------------	---------	---------	-------	------------	-------

- P_{st10} adalah persentase pasir stok yang memenuhi ES sesuai kriteria yang diminta
- P_{st60} adalah persentase pasir stok yang memenuhi $ES \times UC$ 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	610 – 760	685
A. Media pasir:	0,35 – 0,70	0,6
Kedalaman (mm)	<1,7	<1,7
ES (mm)	610 – 760	685
UC	0,70 – 0,75	0,75
B. Media anthrasit:	<1,75	<1,75
Kedalaman (mm)	1,36 – 3,40	2,72
ES (mm)		
UC		
C. Rate Filtrasi (l/det-m ²)		
II. Dual Media		
A. Anthrasit:		
Kedalaman (mm)	460 – 610	610
ES (mm)	0,9 – 1,1	1,0
UC	1,6 – 1,8	1,7
B. Pasir	150 – 205	150
Kedalaman (mm)	0,45 – 0,55	0,5
ES (mm)	1,5 – 1,7	1,6
UC	2,04 – 5,44	3,4
C. Rate Filtrasi (l/det – m ²)		
III. Multi Media		
A. Anthrasit:		
Kedalaman (mm)	420 – 530	460
ES (mm)	0,95 – 1,0	1,0
UC	1,55 – 1,75	<1,75
B. Pasir	150 – 230	230
Kedalaman (mm)	0,45 – 0,55	0,50
ES (mm)	1,5 – 1,65	1,60
UC	75 – 115	75
C. Garnet	0,20 – 0,35	0,20
Kedalaman (mm)	1,6 – 2,0	<1,6
ES (mm)	2,72 – 6,80	4,08
UC		
D. Rate Filtrasi (l/det – m ²)		

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Oseanografi Kimia Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Unhas dan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Unhas. Pengujian yang dilakukan di Laboratorium Oseanografi Kimia adalah uji kualitas air sebelum dan sesudah filtrasi, dimana sampel air yang digunakan adalah air Danau Unhas. Selanjutnya pengujian berat jenis pasir dan analisa ayakan (*sieve analysis*) dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah untuk pemilihan media filter yang sesuai dengan kriteria media untuk saringan *single medium*. Dimana sebelumnya dilakukan pencucian sebanyak 6 kali untuk menghilangkan kotoran atau lumpur yang melekat pada pasir.

Pasir kuarsa yang sudah memenuhi persyaratan sebagai pasir media untuk saringan *single medium* dimasukkan dalam alat filtrasi dengan 6 variasi ketebalan berturut-turut yaitu ketebalan 610 mm, 630 mm, 650 mm, 670 mm, 690 mm dan ketebalan 710 mm. Dimana tinggi sampel air di atas media yaitu 40 cm, sesuai dengan

persyaratan untuk saringan *single medium*. Selanjutnya proses pengambilan data, yakni air yang sudah melewati media filter ditampung dalam wadah dalam setiap variasi ketebalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

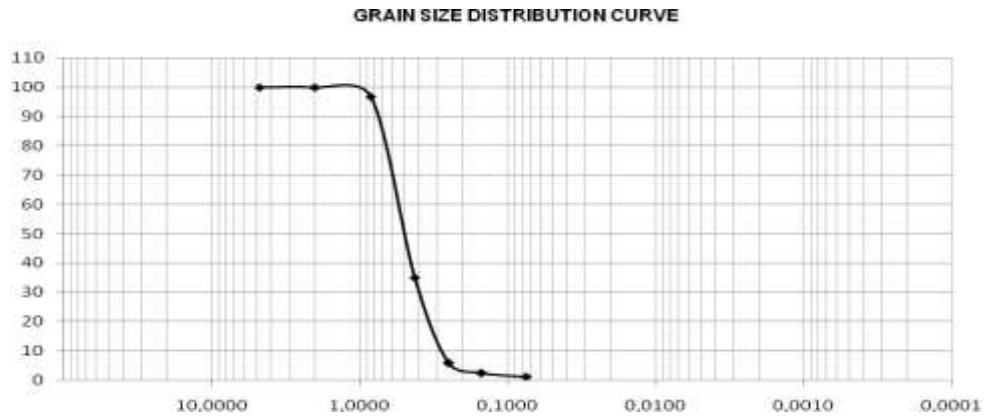
Hasil pengujian pasir kuarsa sungai Malimpung ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Kuarsa Sungai Malimpung dari 3 Titik Pengambilan

Bore Hole No.	I	II		
Sample Depth	-	-		
Berat Piknometer, W_1 (gram)	45,300	25,000		
Berat Piknometer + air, W_2 (gram)	141,600	73,500		
Berat Piknometer + air + tanah, W_3 (gram)	173,500	88,900		
Berat tanah kering, W_s (gram)	50,000	25,000		
Temperatur, °C	32,000	32,000		
Faktor koreksi, $a = g_T/g_{20}$	0,99800	0,99800		
Berat Jenis, G_s	2,757	2,599		
Berat Jenis Rata-rata	2,678			

Bore Hole No.	: I	Weight of Dry Soil+Container	:	gram	
Sample	: PASIR SUNGAI MALIMPUNG	Weight of Container	:	gram	G_s : 2,678
Sample Depth	:	Weight of Dry Soil+Container	:	500 gram	

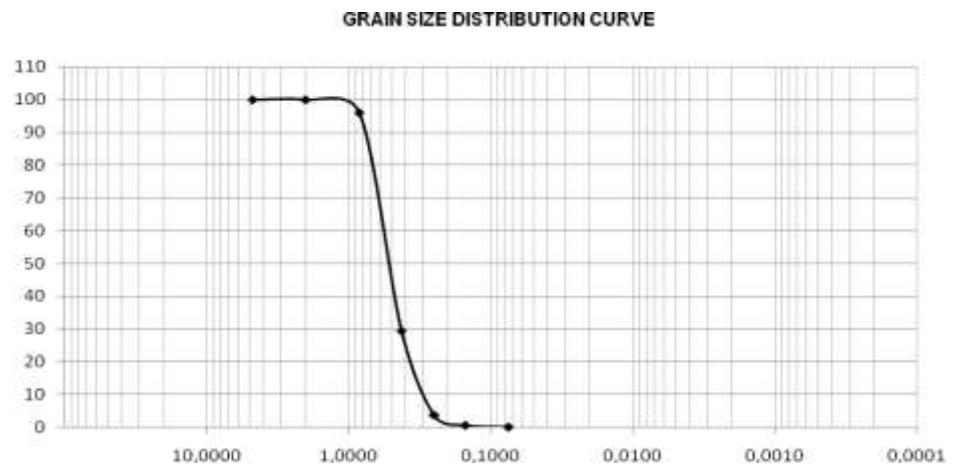
Sieve Analysis						Hydrometer Analysis							
saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (Gram)	berat kumulatif (gram)	persen tertahan (%)	Persen Lolos (%)	Waktu (menit)	Temperatur T(°C)	R	R_w	$N = K(R-R_w)\%$	$Z_r = LL - (L/2)$	$D = K_T (Z_r/t)^{0.5}$	N = % lolos sar.No.200X
4	4,75	0,00	0,00	0	100								
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								
Berat jenis air terhadap temperatur, faktor, $K = (1000 \times G_s \times g_{wet T}) / (10 \times W_s(G_s - 1))$							=	0,99510					
Faktor $K_t = f(G_s, T)$							=	3,1763					
							=	0,01217					



Bore Hole No.	: II	Weight of Dry Soil+Container	:	gram	
Sample	: PASIR SUNGAI MALIMPUNG	Weight of Container	:	gram	G _s : 2,678
Sample Depth	:	Weight of Dry Soil+Container	:	500 gram	

Sieve Analysis						Hydrometer Analysis							
saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (Gram)	berat kumulatif (gram)	persen tertahan (%)	Persen Lolos (%)	Waktu (menit)	Temperatur T(°C)	R	R _w	N = K(R-R _w)/%	Zr = LL - (L/2)	D = K _T (Zr/t) ^{0.5}	N = % lolos sar.No.200X
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								

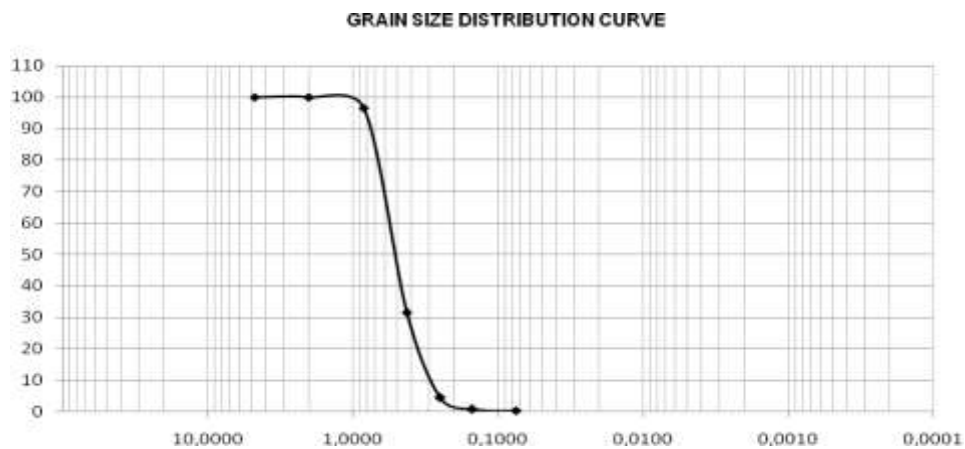
Berat jenis air terhadap temperatur, g _{wet T}	=	0,99510
faktor, K = (1000 x G _s x g _{wet T}) / (10 x W _s (G _s - 1))	=	3,1763
Faktor K _t = f(G _s , T)	=	0,01217



Arsitektur	Elektro	Geologi	Mesin	Perkapalan	Sipil
-------------------	----------------	----------------	--------------	-------------------	--------------

Bore Hole No.	: III	Weight of Dry Soil+Container	: gram		
Sample	: PASIR SUNGAI MALIMPUNG	Weight of Container	: gram	G _s	2,678
Sample Depth	:	Weight of Dry Soil+Container	: 500 gram		

Sieve Analysis						Hydrometer Analysis							
saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (Gram)	berat kumulatif (gram)	persen tertahan (%)	Persen Lolos (%)	Waktu (menit)	Temperatur T(°C)	R	R _w	N = K(R-R _w)/%	Zr = LL - (LL ₂)	D = K _r (Zr ^{0.5})	N = % lolos sar.No.200X
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 x G _s x g _{wet} T)/(10 x W _s (G _s -1))						=	3,1763						
Faktor K _t = f(G _s ,T)						=	0,01217						



Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Pasir Kuarsa Sungai Malimpung

No.	Jenis Pengujian	Unit	Sample		
			I	II	III
1	Specific Gravity (G _s)	-		2,678	
2	Grain Size : (% 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 (C _c)	-	1,038	0,335	0,956
	Coef.Uniform (C _u)	-	1,964	1,900	1,873
3	Classification of Soil :				
	AASHTO	-		A-1-b	
	U.S.C.S	-		SP (Poorly-graded Sand)	

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Air Sebelum dan Sesudah Filtrasi

No	Kode Contoh	Parameter Terukur				
		Rasa	Bau	pH	Kekeruhan (NTU)	Warna (Unit Pt.Co)
1	Air sebelum di filtrasi	Tidak Berasa	Tidak Berbau	6,46	18,79	111
2	Output I (tebal media filter 610 mm)	Tidak Berasa	Tidak Berbau	6,21	67	262
3	Output II (tebal media filter 630 mm)	Tidak Berasa	Tidak Berbau	6,20	25,76	136
4	Output III (tebal media filter 650 mm)	Tidak Berasa	Tidak Berbau	6,20	16,29	92
5	Output IV (tebal media filter 670 mm)	Tidak Berasa	Tidak Berbau	6,35	22,08	131
6	Output V (tebal media filter 690 mm)	Tidak Berasa	Tidak Berbau	6,30	27,07	146
7	Output VI (tebal media filter 710 mm)	Tidak Berasa	Tidak Berbau	6,27	29,7	169

Sumber : Hasil Penelitian

Dari Tabel 3 di atas terlihat bahwa nilai *Specific Gravity* (G_s) untuk sampel pasir kuarsa sungai Malimpung yaitu 2,678 sudah memenuhi persyaratan sebagai pasir saringan, tetapi nilai *Uniformity Coefficient* (UC) atau koefisien keseragaman yaitu 1,912 tidak memenuhi syarat sebagai media filter, sehingga harus dilakukan pemilihan ukuran agar memenuhi spesifikasinya. Es yang diharapkan adalah 0,05 cm dan UC adalah 1,5. Dengan menggunakan persamaan yang ada (pers.1, pers.2, pers.dan 3), diperoleh ukuran pasir yang dapat digunakan, yaitu yang berukuran 0,045 sampai 0,105 cm.

Dari Tabel 4 di atas secara umum terlihat bahwa hasil pengujian air sebelum dan sesudah filtrasi dengan saringan *single medium* belum memberikan hasil yang efektif, hanya parameter pH saja yang mengalami penurunan di semua variasi ketebalan media filter, walaupun penurunannya tidak linier. Hal ini bisa dijelaskan karena untuk saringan *single medium*, terjadi mekanisme *clogging*. Dari hasil penelitian, efektifitas ketebalan media filter terjadi pada ketebalan 650 mm, untuk ketebalan selanjutnya (670 mm) terjadi kenaikan lagi dan turun pada ketebalan selanjutnya (690 dan 710 mm) .

Untuk parameter kekeruhan dan warna, secara umum terlihat bahwa efektifitas ketebalan media filter hanya terjadi pada ketebalan 650 mm. Untuk ketebalan 610 mm dan 630 mm, terlihat masih tinggi, walaupun ada penurunan dari 610 mm ke 630 mm. Hal ini dapat dijelaskan bahwa untuk saringan *single medium*, 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 650 mm) sudah memperlihatkan penurunan. 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* sangat berpengaruh untuk mengetahui efektifitas suatu filter dan proses pencucian pada saat terjadi *clogging* mutlak dilakukan .

KESIMPULAN

Dari data penelitian yang diperoleh melalui pengujian analisa ayakan (*sieve analysis*) dapat disimpulkan bahwa nilai *Uniformity Coefficient* (UC) atau koefisien keseragaman rata-rata adalah 1,912. Nilai ini tidak memenuhi syarat sebagai media filter, sehingga harus dilakukan pemilihan ukuran agar memenuhi spesifikasinya.

Untuk hasil pengujian air setelah filtrasi menunjukkan bahwa filtrasi dengan menggunakan saringan *single medium* belum memberikan hasil yang efektif, hanya parameter pH saja yang mengalami penurunan di semua variasi ketebalan media filter. Hal ini dapat dijelaskan bahwa untuk saringan *single medium*, 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 650 mm) sudah memperlihatkan penurunan. Dan untuk ketebalan selanjutnya terjadi lagi *clogging* Hal ini menunjukkan bahwa variasi ketebalan media filter untuk saringan *single medium* sangat berpengaruh untuk mengetahui efektifitas suatu filter dan proses pencucian pada saat terjadi *clogging* mutlak dilakukan .

DAFTAR PUSTAKA

Astari, S. Dan Iqbal, R. Tanpa tahun. *Kehandalan Saringan Pasir Lambat dalam Pengolahan Air*. Bandung. Teknik Sipil dan Lingkungan – Institut Teknologi Bandung.

Badan Standardisasi nasional. 2008. *Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat*. SNI – 3981.

- 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.
- Droste, R.L. 1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Wiley & Sons. Inc.
- Environmental Protection Agency. 1995. *Water Treatment Manuals (Filtration)*. Ardcavan. Wexford. Ireland.
- Hardyanti, 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.
- Huisman, L. 1994. *Rapid Sand Filtration*. Lecture Notes. IHE Delft Netherlands.
- Huisman, L. 1994. *Slow Sand Filtration*. Lecture Notes. IHE Delft Netherlands.

Arsitektur	Elektro	Geologi	Mesin	Perkapalan	Sipil
-------------------	----------------	----------------	--------------	-------------------	--------------