KARAKTERISASI DAN ANALISIS PASIR DI DAERAH BANJARBARU DAN MARTAPURA SERTA UJI KINERJA PASIR SEBAGAI MEDIA SARINGAN PASIR LAMBAT PADA PENGOLAHAN AIR SUNGAI

Dewi Rosalinda[1], Mahmud[2] dan Badaruddin Mu'min[2]
[1] Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik UNLAM, Banjarbaru
[2] Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik UNLAM, Banjarbaru
Jl A. Yani Km.36,5 Banjarbaru Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia
Email: dewirosalinda15@yahoo.co.id

ABSTRAK

Saringan pasir lambat adalah saringan yang menggunakan pasir sebagai media filter. Pemanfaatan pasir yang ada di daerah lokal sebagai media saringan pasir lambat perlu dilakukan sebagai alternatif pengganti pasir kuarsa. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakteristik pasir yang ada di daerah Cempaka, Liang Anggang, dan Martapura dan meneliti kinerja pasir sebagai media saringan pasir lambat dalam mengolah air sungai yang mengandung Fe. Karakteristik fisika pasir dilakukan dengan analisis saringan dan uji SEM (Scanning Electrone Microscope). Karakteristik kimia pasir dilakukan dengan Uji EDX (Energy Dispersion X-ray spectroscopy), sedangkan analisis besi dilakukan dengan metode SNI 06-6989-4-2004. Hasil penelitian menunjukkan pasir Cempaka memiliki nilai koefisien keseragaman sebesar 1,61, diameter efektif sekitar 0,17 mm - 0,18 mm, ketahanan media yang bagus, dan memiliki morfologi seragam. Koefisien keseragaman pasir Liang Anggang sebesar 2,30, diameter efektif sekitar 0,07 mm - 0,15 mm, ketahanan media yang kurang bagus, dan memiliki morfologi yang terlihat menggumpal dengan permukaan yang kasar serta bentuk butir yang tidak merata. Pasir Martapura memiliki nilai koefisien keseragaman sebesar 1,54, diameter efektif 0,19 mm – 0,24 mm, ketahanan media yang bagus, dan memiliki morfologi yang terstruktur dengan sebaran cukup merata. Komposisi utama yang terkandung dalam semua jenis pasir didominasi oleh silika. Uji kinerja pasir Liang anggang, Cempaka, dan Martapura sebagai media saringan pasir lambat untuk penyisihan besi memiliki rata-rata efisiensi sebesar 98,96%, 98,91% dan 98,74% dengan variasi kecepatan 0,3 m/jam.

Kata kunci: saringan pasir lambat, pasir Cempaka, pasir Liang Anggang, pasir Martapura, penyisihan besi

ABSTRACT

Slow sand filter uses sand as a filter media. Utilization of sand in the local area as a slow sand filter media necessary as an alternative to substitute quartz sand. The purpose of this study was to analyze the characteristics of sand in the area of Cempaka, Liang Anggang, and Martapura and examine the performance of the sand as a slow sand filter media in the treatment of river water containing Fe. Physical characteristics of the sand were conducted by the sieve analysis and SEM (Scanning Electrone Microscope). Chemical characteristics of sand were conducted by EDX (Energy Dispersion X-ray spectroscopy), whereas iron analysis was conducted using SNI 06-6989-4-2004. The results showed that uniformity coefficient value of Cempaka sand is 1.61, the effective diameter about 0.17 mm - 0.18 mm, good media resistance , and has an uniform morphology.

Uniformity coefficient of Liang Anggang sand is 2.30, the effective diameter about 0.07 mm - 0.15 mm, which is less good media resistance, and has a visible clot morphology with a rough surface and uneven grain shape. Uniformity coefficient value of Martapura sand is 1.54, the effective diameter about 0.19 mm - 0.24 mm , good media resistance , and has a well-structured morphology with quite homogeneous distribution. The main composition is contained in all types of sand dominated by silica . Test performance of Liang anggang, Cempaka , and Martapura sand as slow sand filter media for the allowance of iron has an average efficiency of 98.96 % , 98.91 % and 98.74 % with a variation of velocity 0.3 m/hour .

Keywords: slow sand filter, Cempaka sand, Liang Anggang sand, Martapura sand, iron removal

1. PENDAHULUAN

Saringan pasir lambat (SPL) merupakan salah satu alternatif pengolahan air yang sederhana. Saringan pasir lambat adalah saringan yang menggunakan media pasir sebagai media filter dengan ukuran sangat kecil, namun mempunyai kandungan kuarsa yang tinggi (Taweel dan Ali, 2000). Saringan pasir lambat efektif dalam memisahkan air dari kandungan kontaminan karena adanya proses pembentukan lapisan *schmutzdecke* yang berfungsi sebagai pembersih pada saat penyaringan. Saringan pasir lambat merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengolah air yang mengandung besi (Fe). Berdasarkan penelitian Darsono dan Sutomo (2009), pengolahan air dengan saringan pasir lambat mampu menurunkan kandungan besi (Fe) hingga 89,76%.

Besi dapat dihilangkan karena adanya biomassa bakteri yang terdistribusi berdasarkan kedalaman media. Bakteri-bakteri ini terdapat pada air baku dan dapat berkembang biak pada media pasir di bawah kondisi yang mendukung. Bakteri-bakteri ini akan mengoksidasi ion bervalensi dua Fe(II) dan mempresipitasi ion tersebut ke dalam bentuk ion teroksidasi yaitu Fe(III) dan Mn(IV) (Pacini, 2005). Keberadaan besi (Fe) dalam perairan yang berada di luar batas maksimum akan menyebabkan air berbau anyir, memberikan endapan dan noda kekuningan pada dinding bak mandi, dan begitu juga apabila dipergunakan untuk mencuci akan memberikan noda kekuning-kuningan pada pakaian putih. Hal ini yang terjadi pada air sungai di Desa Puntik Tengah Marabahan, air sungai yang ada di daerah tersebut berbau anyir dan berwarna kemerah-merahan sehingga diduga air sungai di Desa Puntik Tengah mengandung kadar besi (Fe) yang ada di atas baku mutu.

Pasir yang digunakan sebagai media saringan pasir lambat umumnya adalah pasir kuarsa yang tidak jarang harus didatangkan dari luar daerah. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemanfaatan pasir yang ada di daerah lokal sebagai alternatif pengganti pasir kuarsa. Pasir dari daerah lokal ini digunakan karena mudah didapat dan diduga memiliki karakterisitik fisik dan kimia yang sesuai untuk dijadikan media saringan pasir lambat layaknya pasir kuarsa. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang ada di daerah Kecamatan Cempaka, Liang Anggang, dan Martapura Timur. Pasir yang ada di Kecamatan Cempaka merupakan pasir pendulangan intan dan pasir yang ada di Kecamatan Liang Anggang merupakan pasir putih hasil penambangan pasir di daerah setempat, sedangkan pasir dari daerah Kecamatan Martapura adalah pasir sungai.

Setiap pasir memiliki kemurnian yang berbeda-beda tergantung dari zat pengotornya sehingga perlu dilakukan karakterisasi yang bertujuan menganalisis karakter fisik dan kimia setiap pasir sehingga

nantinya dapat diperoleh hasil apakah pasir-pasir lokal tersebut mampu dijadikan media saringan pasir lambat.

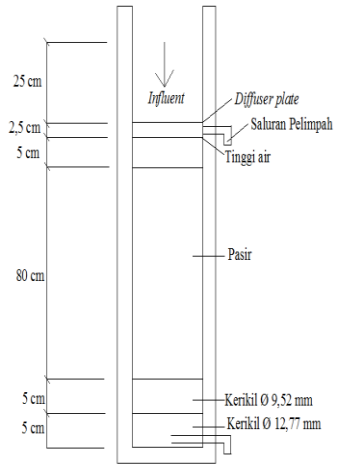
2. METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *mesh*, wadah penampung pasir, jerigen air, pipa PVC, stop keran, selang air, dan kawat aluminium, sedangkan bahan yang digunakan adalah sampel pasir dari daerah Cempaka, Liang Anggang, dan Martapura, sampel air sungai Desa Puntik Tengah Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan, dan kerikil. Pengambilan sampel pasir dilakukan tanggal 7 April 2013. Pasir dimasukkan dalam wadah penampung pasir kemudian dicuci terlebih dahulu hingga bersih agar pasir tidak mengandung lumpur dan kotoran lainnya. Pencucian pasir dilakukan dengan menggunakan air bersih yang berasal dari air ledeng, pasir kemudian diaduk, air yang keruh dibuang dan diganti dengan air yang baru. Pencucian dilakukan berulang-ulang sampai mendapatkan cucian yang cukup bersih, pasir yang telah bersih kemudian dikeringkan dengan cara dijemur. Sedangkan sampel air sungai yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Kecamatan Puntik Tengah Kabupaten Batola. Air sampel dimasukkan ke dalam jerigen air dan ditutup rapat.

Pembuatan reaktor filter berasal dari pipa PVC dengan diameter 4 inci, luas permukaan 0,0081 m^2, dan ketinggian 1,3 meter sebanyak 3 buah. Bak dilubangi dari samping pipa dengan tinggi 3 cm dari dasar bak dan dipasang kran untuk mengalirkan air. Kemudian dari media pasir dipasang *diffuser plate* yang terbuat dari kawat aluminium untuk menyaring kotoran dan membaurkan air yang masuk ke dalam media sehingga lapisan *biofilm* tidak akan rusak akibat kecepatan datangnya air. Pada pipa tersebut diisi pasir dengan ketebalan 80 cm yang sebelumnya diuji terlebih dahulu berapa diameter efektif dan koefisien keseragamannya. Di bawah media pasir diletakkan media penyangga yaitu kerikil berdiameter 9,52 mm di lapisan atas dan kerikil berdiameter 12,7 mm di lapisan bawah dengan ketinggian masing-masing 5 cm. Fungsi dari media penyangga adalah untuk menahan pasir agar tidak terikut keluar terbawa aliran air. Kecepatan filtrasi diatur sebesar 0,1 m/jam dan 0,3 m/jam melalui bukaan kran. Hal ini dilakukan dengan mengukur debit yang dihasilkan menggunakan gelas ukur dan *stopwatch*.

Sebelum filter dijalankan terlebih dahulu air dialirkan melalui media secara kontinu selama 4 minggu – 5 minggu, ini bertujuan agar terbentuknya lapisan *Schmutzdecke*. Ketinggian air harus dijaga setinggi 5 cm dari permukaan media pasir untuk menjamin ketersediaan oksigen. Lapisan *Schmutzdecke* ini sendiri dapat mengurangi zat-zat pengotor dalam air baku. Pengecekan terhadap kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme dilakukan secara visual dengan melihat perubahan yang terjadi di permukaan media pasir.

Parameter yang akan diuji dalam penelitian ini adalah karakteristik fisik yaitu diameter efektif, koefisien keseragaman, ketahanan media, dan morfologi pasir. Karakteristik kimia yaitu kandungan SiO_2, Al_2O_3, TiO_2, CaO, MgO, FeO, dan K_2O. Selain itu, dilakukan uji kinerja pasir terhadap penurunan kadar Fe di air sungai. Ukuran partikel pasir dilakukan dengan analisis saringan. Ketahanan media pasir dianalisis dengan menghitung persen selisih berat setelah analisis saringan. Struktur/morfologi pasir dianalisis dengan metode *Scanning Electrone Microscopes* (SEM). Komposisi kimia pasir dilakukan dengan uji *Energy Dispersion X-ray spectroscopy (EDX)*. Analisis besi dilakukan dengan metode SNI 06-6989-4-2004.



Gambar 1. Desain Reaktor Saringan Pasir Lambat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Awal Kualitas Air Sungai

Hasil analisis kualitas air yang dilakukan di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Selatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Desa Puntik Tengah

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisis
1.	Besi	mg/L	1,0	12,1
2.	pH	-	6,5-8,5	4,0

Sumber: Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum Prov. Kalsel, 2013

Hasil analisis di atas menunjukkan kandungan besi yang tinggi dibandingkan dengan baku mutu air bersih sehingga untuk air sungai dari daerah Desa Puntik Tengah yang diambil sebagai sampel penelitian sesuai dengan kriteria yang diperlukan dalam penelitian.

Pada umumnya air di alam mengandung besi disebabkan adanya kontak langsung antara air tersebut dengan lapisan tanah yang mengandung besi (Makhmudah, 2009). Air yang mengandung kadar besi tinggi akan menyebabkan air berwarna kuning, memang pada awalnya air sungai di Desa Puntik Tengah berwarna jernih, akan tetapi setelah dimasukkan ke dalam wadah dan didiamkan beberapa saat, terdapat endapan kuning pada air sungai. Hal ini menandakan bahwa memang air sungai di Desa Puntik Tengah mengandung kadar besi. Selain itu, banyaknya tanaman purun tikus yang tumbuh disepanjang aliran sungai di Desa Puntik Tengah menandakan air sungai di daerah tersebut mengandung senyawa toksik seperti Fe.

3.2 Ukuran Partikel Pasir

Penyaringan merupakan cara untuk menentukan ukuran partikel yang didasarkan pada batas-batas bawah ukuran lubang. Hasil berat pasir yang tertahan pada masing-masing saringan ditimbang dan dihitung persentase dari pasir yang lolos pada saringan tersebut. Data yang didapat kemudian di plot

ke kurva distribusi ukuran partikel. Kurva distribusi ukuran partikel digunakan untuk menentukan nilai D_{10} dan D_{60} sehingga akan menghasilkan nilai diameter efektif (ES) dan koefisien keseragaman (UC) yang dapat dilihat pada Tabel 2. *The U.S EPA Surface Water Treatment Guidance Manual* (2003) menyebutkan spesifikasi saringan pasir lambat memiliki diameter efektif pasir 0,15 mm – 0,30 mm dan koefisien keseragaman pasir < 2,5. Analisis saringan ini dilakukan sebanyak 6 kali perulangan agar hasil yang didapat lebih akurat dan mewakili sampel pasir secara keseluruhan.

Tabel 2. Perbandingan ES dan UC Pasir Cempaka, Pasir Liang Anggang, dan Pasir Martapura

Replikasi	Pasir Cempaka		Pasir Liang Anggang		Pasir Martapura	
	ES	UC	ES	UC	ES	UC
1	0,18	1,61	0,15	1,80	0,19	1,68
2	0,18	1,56	0,15	1,53	0,21	1,57
3	0,17	1,71	0,07	2,43	0,20	1,65
4	0,18	1,61	0,09	3,00	0,22	1,55
5	0,18	1,61	0,09	2,78	0,23	1,52
6	0,18	1,56	0,12	2,25	0,24	1,29
Rata-Rata	-	1,61	-	2,30	-	1,54

Sumber: Data Primer Lab. Mekanika Tanah, 2013

Tabel 2. merupakan perbandingan nilai diameter efektif dan koefisien keseragaman dari setiap jenis pasir. Diameter efektif pasir Cempaka memiliki nilai yang hampir sama di setiap percobaannya yaitu 0,18 mm, sedangkan untuk perhitungan koefisien keseragaman pasir Cempaka, hasil yang didapat memiliki rentang sebesar 1,61. Diameter efektif pasir Liang Anggang memiliki nilai yang bervariasi di setiap percobaannya yaitu sekitar 0,07 mm – 0,15 mm dengan koefisien keseragaman sebesar 2,30. Diameter efektif pasir Martapura memiliki nilai yang bervariasi di setiap percobaannya yaitu sekitar 0,19 mm – 0,24 mm dengan koefisien keseragamana sebesar 1,54. Nilai diameter efektif untuk pasir Liang Anggang yang terlalu kecil akan mempercepat terjadinya *clogging* (penyumbatan) (Kusnoputranto,1994). Koefisien keseragaman pasir Cempaka, pasir Liang Anggang, dan pasir Martapura sudah memenuhi standar media saringan pasir lambat. Nilai yang paling tinggi ditunjukkan oleh pasir Liang Anggang, menurut Suarni S. Abuzar, MS. (2009), semakin besar nilai koefisien keseragaman maka dapat dikatakan bahwa media makin tidak seragam. Berdasarkan kurva dan nilai koefisien keseragaman dapat disimpulkan bahwa semua media pasir dapat dijadikan media untuk saringan pasir lambat dan pasir Martapura memiliki keseragaman yang lebih bagus dibandingkan dengan pasir lainnya.

3.3 Analisis ketahanan media

Analisis ketahanan media digunakan untuk mengetahui kelayakan media tersebut untuk digunakan sebagai media filter. Menurut *The U.S. EPA Surface Water Treatment Guidance Manual*, media yang baik akan mengalami penyusutan kurang dari 3% dari berat awal. Terlalu banyak butiran-butiran kecil dapat mempengaruhi kinerja saringan pasir lambat seperti menambah kekeruhan pada air yang akan diolah. Hasil analisis ketahanan media dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Tabel 3. Analisis Ketahanan Media Pasir Cempaka

Replikasi	Berat Awal (gram)	Berat Setelah Analisis Saringan	% Selisih Berat
1	500	498,25	0,35
2	500	495,43	0,90
3	500	495,15	0,97
4	500	496,42	0,71
5	500	495,47	0,90
6	500	496,84	0,63

Sumber: Hasil Perhitungan, 2013

Tabel 4. Analisis Ketahanan Media Pasir Liang Anggang

Replikasi	Berat Awal (gram)	Berat Setelah Analisis Saringan	% Selisih Berat
1	500	447,00	10,6
2	500	481,45	3,71
3	500	465,53	6,89
4	500	461,88	7,62
5	500	465,32	6,93
6	500	467,02	6,60

Sumber: Hasil Perhitungan, 2013

Tabel 5. Analisis Ketahanan Media Pasir Martapura

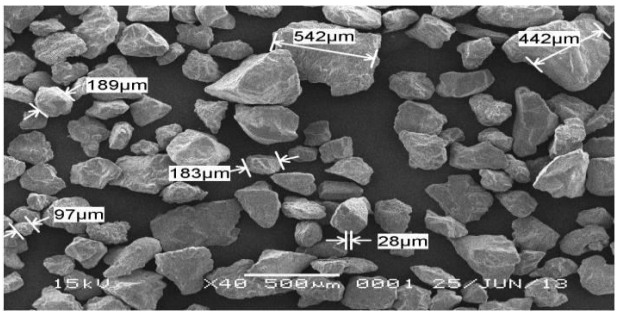
Replikasi	Berat Awal (gram)	Berat Setelah Analisis Saringan	% Selisih Berat
1	500	496,35	0,73
2	500	495,66	0,86
3	500	494,35	1,13
4	500	495,98	0,80
5	500	489,42	2,11
6	500	496,12	0,78

Sumber: Hasil Perhitungan, 2013

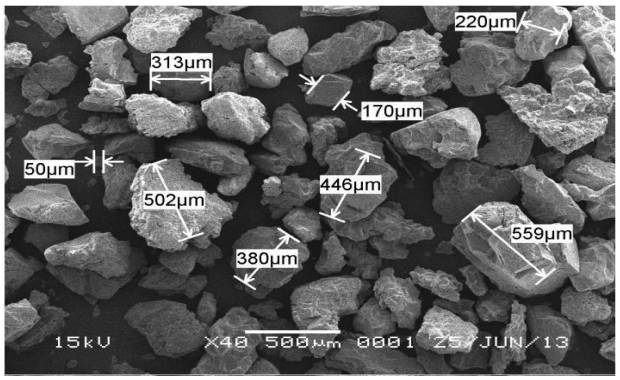
Berdasarkan tabel di atas, dengan 6 kali percobaan Pasir Cempaka dan Martapura memiliki % selisih berat yang tidak melebihi dari 3%, sedangkan untuk pasir Liang Anggang memiliki % selisih berat yang melebihi dari 3%. Hal ini menandakan bahwa dalam pasir Liang Anggang masih banyak terdapat butiran-butiran kecil yang melewati saringan no. 200 (0,074 mm) sehingga mengalami banyak penyusutan. Seharusnya pada saat pencucian, butiran-butiran kecil yang ada di dalam pasir dipisahkan dan dibuang sehingga pasir memenuhi kelayakan.

3.4 Morfologi Pasir

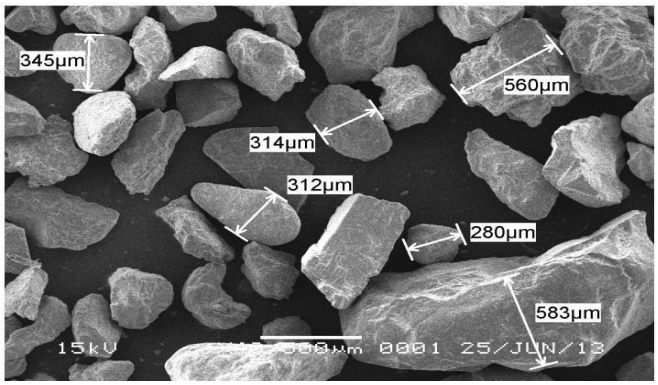
Pengujian analisis morfologi pasir dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Geologi dan Kelautan (PPGL) Bandung. Morfologi pasir dilakukan dengan uji SEM perbesaran 40x. Hasil SEM dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2. Hasil Morfologi Pasir Cempaka



Gambar 3. Hasil Morfologi Pasir Liang Anggang



Gambar 4. Hasil Morfologi Pasir Cempaka

Gambar 2. menunjukkan bahwa pasir Cempaka memiliki morfologi yang relatif kecil. Pada perbesaran 40 kali terlihat bahwa bentuk butiran cukup seragam dan terlihat menyebar, ada yang berbentuk angular, tidak beraturan, tetragonal, dan pipih-lonjong. Gambar 3. menunjukkan bahwa pasir Liang Anggang terlihat menggumpal dengan permukaan yang kasar serta bentuk butir yang tidak merata atau acak. Pada perbesaran 40 kali terlihat bahwa butiran pasir didominasi bentuk *irregular* (tidak beraturan). Gambar 4. menunjukkan bahwa pasir Martapura terlihat terstruktur dengan sebaran cukup merata serta ukuran butir yang relatif besar dan terlihat sangat jelas. Pada perbesaran 40 kali terlihat bahwa bentuk butiran ada yang berbentuk lonjong, bulat, bulat, dan pipih-lonjong. Walaupun nampak pada gambar terdapat satu butiran pasir yang terlihat sangat besar, akan tetapi morfologi pasir Martapura nampak seragam.

3.5 Komposisi Kimia Pasir

Sifat kimia yang terkandung dalam pasir didapatkan dengan metode EDX dengan perbesaran 250 kali untuk pasir Cempaka, 400 kali untuk pasir Liang Anggang, dan 200 kali untuk pasir Martapura. Pengujian sifat kimia pasir dari daerah Banjarbaru dan Martapura dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Geologi dan Kelautan (PPGL) Bandung. Hasilnya seperti ditunjukkan tabel 6.

Tabel 6. Komposisi Kimia Pasir

Komposisi Kimia	Jenis Pasir		
	Pasir Cempaka	Pasir Liang Anggang	Pasir Martapura
SiO_2	79,05%	96,10%	80,62%
Al_2O_3	6,83%	0,24%	4,79%
TiO_2	0,53%	0,37%	0,07%
CaO	0,18%	0,12%	0,23%
K_2O	0,06%	0,06%	0,26%
FeO	8,28%	-	8,32%
C	4,47%	3,10%	5,44%

Sumber: Hasil uji kimia metode EDX, Lab.PPGL, 2013

Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 3981:2008 tentang Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat bahwa jenis pasir yang dapat dijadikan sebagai media saringan pasir lambat adalah pasir yang mengandung kadar silika lebih dari 90%. Penentuan harus lebih dari 90% ini, bertujuan untuk menghindari material pengotor lain yang dapat mempengaruhi air baku, selain itu adanya kandungan silika yang dominan di dalam pasir menandakan pasir memiliki kekasaran dan kekakuan yang baik (Schumacher, 1991). Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dianalisis bahwa setiap jenis pasir memiliki kemurnian yang berbeda-beda tergantung dari material pengotornya. Komposisi kimia yang paling besar dari pasir Cempaka adalah silika (SiO_2) sebesar 79,05% dan besi(II) oksida (FeO) sebesar 8,28%. Alumina (Al_2O_3) dan karbon masing-masing adalah 6,83% dan 4,47%. Hasil EDX untuk pasir Liang Anggang menunjukkan bahwa pasir didominasi oleh senyawa silika dengan persentase 96,10%. Komposisi kimia pasir Martapura adalah silika (SiO_2) sebesar 80,62% dan besi(II) oksida (FeO) sebesar 8,32%. Alumina (Al_2O_3) dan karbon masing-masing adalah 4,79% dan 5,44%. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi utama yang terkandung dalam semua jenis pasir didominasi oleh silika.

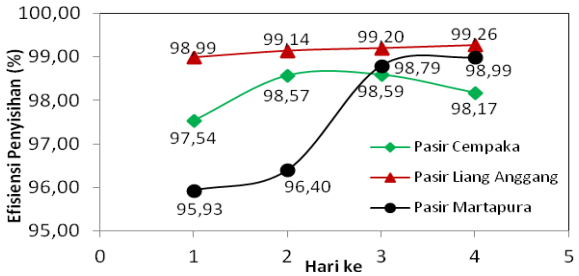
3.6 Proses Penumbuhan Lapisan *Schmutzdecke* (Lapisan *Biofilm*)

Lapisan *Schmutzdecke* atau biasa yang disebut lapisan *biofilm* perlu ditumbuhkan terlebih dahulu sebelum saringan pasir lambat dioperasikan. Lapisan ini merupakan kunci dari pengolahan dengan menggunakan saringan pasir lambat. Lapisan *biofilm* meningkatkan efisiensi pengolahan sampai 99%. Lapisan *biofilm* ditumbuhkan dengan cara memasukkan pasir ke dalam reaktor kemudian mengaliri media pasir dengan air ledeng secara kontinu. Pengairan air ledeng yang berjalan kontinu dimaksudkan untuk mempercepat tumbuhnya lapisan *biofilm* karena bakteri mendapat persediaan nutrient setiap hari. Ketinggian air dijaga setinggi 5 cm di atas permukaan pasir untuk menjaga ketersediaan oksigen. Proses penumbuhan bakteri dilakukan ±5 minggu agar lapisan *biofilm* tumbuh secara menyeluruh. Untuk mengetahui lapisan *biofilm* sudah terbentuk atau belum, maka dilakukan pengamatan secara visual dengan melihat perubahan yang terjadi di permukaan media pasir. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat lapisan kotor dan pasir menjadi lebih hitam yang diharapkan sebagai lapisan yang ditumbuhi mikroba. Lamanya waktu penumbuhan lapisan *biofilm* untuk masing-masing pasir berbeda, lapisan *biofilm* pasir Liang Anggang mulai terlihat pada minggu ke 4, sedangkan pasir Cempaka dan pasir Martapura mulai terlihat pada pertengahan

minggu ke 4 dan awal minggu ke 5. Perbedaan ini diduga karena perbedaan kandungan nutrisi yang ada di setiap jenis pasir.

3.7 Efisiensi Penyisihan Fe

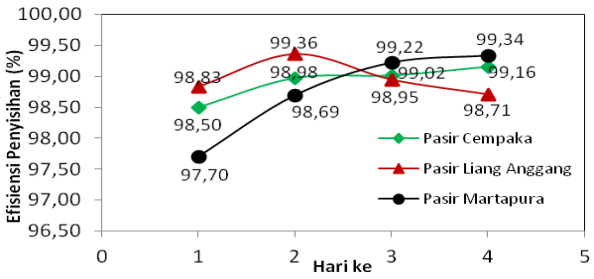
Hasil analisis efisiensi penyisihan besi (Fe) pada air sungai dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Efisiensi Penyisihan Fe dengan Kecepatan Filtrasi 0,1 m/jam

Gambar 5. menunjukkan efisiensi penyisihan besi pada masing-masing jenis pasir yang dilakukan selama 4 hari. Berdasarkan grafik dapat disimpulkan bahwa dengan kecepatan filtrasi 0,1 m/jam efisiensi penyisihan besi relatif sama atau tidak ada perbedaan yang terlalu signifikan. Efisiensi yang cukup besar ini disebabkan filter telah mengalami masa pematangan ±5 minggu untuk pembentukan *biofilm* walaupun pada pasir martapura pembentukan lapisan biofilm kurang maksimal yang mengakibatkan rata-rata efisiensi sedikit lebih rendah dari jenis pasir lainnya. Penurunan efisiensi yang terjadi pada pasir Cempaka hari ke 4 bukan pertanda bahwa saringan mengalami penyumbatan. Hal ini adalah wajar, karena filter tersebut belum mencapai kondisi stabil (*steady state*) sehingga akan terjadi peristiwa naik turun efisiensi. Ini menunjukkan bahwa media sedang mengalami penyesuaian dengan air baku yang akan diolah.

Rata-rata efisiensi penyisihan besi berada diatas 90%, yaitu media Pasir Liang Anggang sebesar 99,15%, sedangkan untuk penyisihan besi dengan media pasir Cempaka dan Martapura sebesar 98,22% dan 97,53%. Pada hari pertama, analisis efisiensi penyisihan cukup bagus untuk setiap jenis pasir yaitu 98,99%, 97,54%, dan 95,93% kemudian mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu.



Gambar 6. Efisiensi Penyisihan Fe dengan Kecepatan Filtrasi 0,3 m/jam

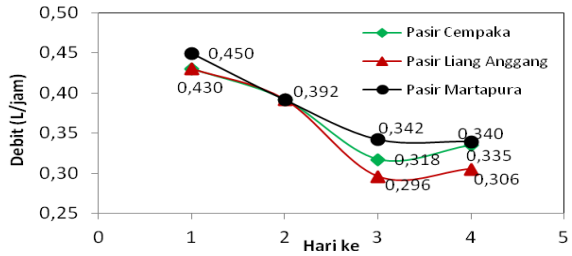
Gambar 6. menunjukkan efisiensi penyisihan besi pada masing-masing jenis pasir yang dilakukan selama 4 hari dengan kecepatan filtrasi 0,3 m/jam. Rata-rata efisiensi penyisihan besi untuk setiap jenis pasir tidak terlalu memiliki perbedaan yang signifikan. Efisiensi yang cukup besar ini

disebabkan filter telah mengalami masa pematangan ±5 minggu untuk pembentukan *biofilm* walaupun pada pasir Martapura pembentukan lapisan biofilm kurang maksimal yang mengakibatkan rata-rata efisiensi sedikit lebih rendah dari jenis pasir lainnya. Berdasarkan grafik dapat dianalisis bahwa kecepatan filtrasi 0,3 m/jam memberikan fluktuatif efisiensi yang terjadi pada pasir Liang Anggang disebabkan oleh kecepatan aliran yang lebih cepat akan membuat proses pengendapan partikel tidak berjalan maksimal sehingga mudah tergerus oleh aliran dan terbawa keluar bersama dengan *effluent*.

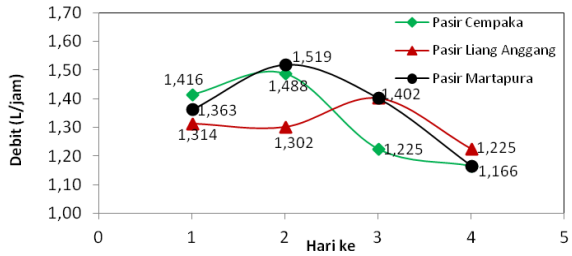
Rata-rata efisiensi penyisihan besi untuk media pasir Liang Anggang sebesar 98,96%, sedangkan untuk penyisihan besi dengan media pasir Cempaka dan Martapura sebesar 98,91% dan 98,74%. Pada hari pertama, analisis efisiensi penyisihan cukup bagus untuk setiap jenis pasir yaitu 98,83%, 98,50%, dan 97,70% kemudian mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu. Ukuran media filter juga memberikan pengaruh pada penyisihan besi, walaupun lapisan *biofilm* merupakan kunci utama dalam penyisihan kontaminan dalam pengolahan air dengan saringan pasir lambat. Dari hasil penelitian, didapatkan hasil bahwa efisiensi penyisihan akan meningkat pada media filter berukuran kecil. Hal ini terjadi pada saringan pasir lambat menggunakan media pasir Liang Anggang yang memiliki diameter efektif yang kecil yaitu berkisar 0,09-0,15 mm.

3.8 Analisis Kuantitas *Effluent*

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kuantitas *effluent* yang dapat dilihat pada Gambar 7. dan Gambar 8.



Gambar 7. Kuantitas *Effluent* dengan Kecepatan Filtrasi 0,1 m/jam



Gambar 8. Kuantitas *Effluent* dengan Kecepatan Filtrasi 0,3 m/jam

Berdasarkan grafik, hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa debit yang dihasilkan dengan variasi kecepatan 0,1 m/jam dan 0,3 m/jam, baik dengan menggunakan media pasir Cempaka, Liang Anggang, atau Martapura masih mengalami fluktuatif. Fluaktif debit yang dihasilkan selama masa percobaan menandakan filter masih berada dalam kondisi tidak stabil (*unsteady state*) dikarenakan singkatnya waktu percobaan sehingga nantinya perlu dilakukan percobaan dengan waktu yang relatif lama agar didapatkan kondisi yang stabil. Menurut Saparuddin (2010), lamanya

waktu penggunaan saringan mempengaruhi debit penyaringan, semakin lama penggunaan saringan, debit yang dihasilkan juga semakin sedikit. Hal ini terjadi karena endapan yang dibawa oleh air sungai tersumbat di saringan, makin lama penggunaan saringan maka ketebelan endapan akan semakin tinggi dan kemampuan air menembus pori saringan akan semakin berat. Debit rata-rata yang dihasilkan dengan kecepatan 0,1 m/jam untuk pasir Cempaka, pasir Liang Anggang, dan pasir Martapura sebesar 0,369 L/jam, 0,356 L/jam, dan 0,381 L/jam, sedangkan debit rata-rata yang dihasilkan dengan kecepatan 0,3 m/jam untuk masing-masing pasir sebesar 1,324 L/jam, 1,311 L/jam, dan 1,362 L/jam.

3.9 Perbandingan Kualitas dan Kuantitas *Effluent*

Perbandingan hasil analisis pengolahan air sungai dilihat dari efisiensi penyisihan (kualitas) dengan kecepatan penyaringan 0,1 m/jam dan 0,3 m/jam menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan. Semua jenis pasir memiliki efisiensi penyisihan besi di atas 95%, hasil ini lebih baik dari penelitian Darsono dan Teguh (2009) yang menggunakan pasir silika untuk menurunkan kandungan besi (Fe) hingga 89,76%. Hal ini menandakan bahwa lapisan *biofilm* memang terbentuk di permukaan pasir sehingga dapat memberikan efisiensi penyisihan besi yang besar, sedangkan dari segi kuantitas dapat dianalisis bahwa semakin kecil kecepatan penyaringan, debit yang dihasilkan semakin kecil, begitupun sebaliknya. Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan antara kuantitas *effluent* dan hasil uji SEM (*Scanning Electron Microscope*), semakin jelas ruang antar butir pasir akan menghasilkan debit yang besar. Berdasarkan analisa saringan, semakin besar ukuran partikel pasir maka kemampuan air meloloskan air akan semakin besar.

Jika dibandingan antara kualitas dan kuantitas, pasir Cempaka, Liang Anggang, dan Martapura yang dioperasikan dengan kecepatan 0,3 m/jam memberikan efisiensi penyisihan besi yang besar dan menghasilkan debit air yang lebih banyak dibandingkan dengan kecepatan 0,1 m/jam sehingga dapat dikatakan bahwa semua jenis media pasir memiliki kinerja yang bagus dalam menyisihkan kandungan besi dengan kecepatan 0,3 m/jam.

4. KESIMPULAN

1. Pasir Cempaka, Liang Anggang, dan Martapura memiliki karakteristik fisika dan kimia yang berbeda. Nilai koefisien keseragaman pasir Martapura paling kecil dibandingkan dengan pasir Cempaka dan pasir Liang Anggang, sedangkan dari diameter efektif dan ketahanan media pasir Liang Anggang belum sesuai dengan standar. Morfologi pasir Martapura dan Cempaka cukup seragam serta memiliki batas antar butir yang jelas dibandingkan pasir Liang Anggang. Komposisi utama yang terkandung dalam semua jenis pasir didominasi oleh silika.
2. Kinerja pasir Liang anggang, Cempaka, dan Martapura sebagai media saringan pasir lambat untuk penyisihan besi memiliki rata-rata efisiensi diatas 90%, baik dengan kecepatan 0,1 m/jam atau kecepatan 0,3 m/jam. Kinerja pasir sebagai media saringan pasir lambat sangat dipengaruhi oleh lapisan *biofilm*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada kedua orang tua atas doa restu dan dukungannya, serta kepada seluruh pihak yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Darsono, V., dan Sutomo, T. (2002). Pengaruh Diameter dan Ketebalan Pasir Dalam Saringan Pasir Lambat Terhadap Penurunan Kadar Besi. *Jurnal Teknologi Industri, Vol. VI, No. 4: 213 - 224.*

Environmental Protection Agency. (2003). *Surface Water Treatment Guidance Manual*. US: The Federal Government.

Kusnoputranto, H. (1986). *Kesehatan Lingkungan*. Depdikbud, Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.

Makhmudah, N. (2009). Penyisihan Besi-Mangan, Kekeruhan, dan Warna Menggunakan Saringan Pasir Lambat Dua Tingkat Pada Kondisi Aliran Tak Jenuh Studi Kasus: Air Sungai Cikapundung. *Jurnal Teknik Lingkungan.*

Pacini, V. A. (2005). Removal of Iron and Manganese Using Biological Roughing Up Flow Filtration Technology. *Water Research*, 39: 4463 – 4475.

Saparuddin. (2010). Pemanfaatan Air Tanah Dangkal Sebagai Sumber Air Bersih di Kampus Bumi Bahari Palu. *Jurnal SMARTek*, Vol. 8, No. 2, Mei 2010: 143 – 152.

Schumacher, C.A. (1991). *SAE Tech*, Vol.1.

Suarni S. Abuzar, MS. (2009). Aliran Media Berbutir. http://ilearn.unand.ac.id/pluginfile.php/17965/mod_resource/content/1/Unit%20Operasi%204.pdf, diakses 11 Juli 2013.

Taweel, E.G., Ali, G.H. (2000). *Evaluation Of Roughing And Slow Sand Filters For Water Treatment, Water, Air, and Soil Pollution*, 120: 21–28.