

PENGOLAHAN AIR PAYAU DENGAN PEMBUBUHAN BESI (II) SULFAT MENGGUNAKAN SARINGAN PASIR SILIKA UNTUK MENGHASILKAN AIR BERSIH

TREATMENT OF BRACKISH WATER BY ADDITION OF FERROUS SULPHATE USING SILICA SAND FILTER TO PRODUCE CLEAN WATER

Ganjar Samudro¹⁾ dan Sarwoko Mangkoedihardjo¹⁾

¹⁾**Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS**

email: sarwoko@enviro.its.ac.id

Abstrak

Penelitian ini untuk menilai batasan konsentrasi klorida dalam air payau yang dapat diolah dengan pembubuhan besi (II) sulfat untuk menghasilkan air bersih. Dua jenis air payau diteliti yaitu air payau buatan dan air payau alami yang berasal dari sumur dangkal di Sutorejo, Surabaya. Air payau buatan terbuat dari larutan NaCl yang mengandung 0,6 g Cl/L, 1,2 g Cl/L, dan 3,65 g Cl/L. Pemisahan flok garam dari larutan berlangsung dalam media saringan pasir silika. Ukuran partikel pasir silika adalah 2,36 mm dan 1,18 mm. Hasil pengolahan menunjukkan air payau berkandungan klorida sampai dengan 1,2 g Cl/L adalah layak diolah secara pembubuhan besi (II) sulfat untuk menghasilkan air bersih berkandungan klorida kurang dari 0,6 g Cl/L sesuai standar kualitas air bersih Indonesia. Pembubuhan besi (II) sulfat untuk rasio $\text{FeSO}_4/\text{NaCl} = 1,07-2,14$ adalah layak digunakan tanpa pengaruh berarti terhadap proses produksi air bersih. Efisiensi dekonsentrasi klorida mencapai 84%. Ukuran partikel pasir silika 2,36 mm dan 1,18 mm tidak berpengaruh terhadap kualitas air bersih, untuk air payau berkandungan klorida sampai 1,2 g Cl/L, namun demikian ukuran partikel pasir 1,18 mm adalah lebih efisien untuk mengolah air payau berkandungan klorida lebih dari 1,2 g Cl/L.

Kata kunci : besi (II) , efisiensi proses, klorida, pasir silika, sulfat

Abstract

The objective of this research is to assess the limits of chloride concentration in brackish water which can be treated by ferrous sulphate addition to produce clean water. Two types of brackish water were examined, i.e. artificial brackish water and natural brackish water from shallow wells in Sutorejo, Surabaya. The artificial brackish water is made of NaCl solutions which contains 0,6 g Cl/L, 1,2 g Cl/L, and 3,65 g Cl/L. Separation of salt flock from the solution was carried out in silica sand filter. The particle size of silica sand was 2,36 mm and 1,18 mm. Results of the treatments were, brackish water which contains chloride up to 1,2 g Cl/L were appropriate to be treated by ferrous sulphate to produce chloride less than 0,6 g Cl/L in accordance with Indonesian clean water quality standard. Addition of ferrous sulphate for the ratio of $\text{FeSO}_4/\text{NaCl} = 1,07-2,14$ were appropriate to be used without significant influence on process production. The efficiency of chloride deconcentration achieved to about 84%. The particle size of silica sand of 2,36 mm and 1,18 mm did not influence to the quality of treated water for brackish water up to 1,2 g Cl/L, however, the particle size of 1,18 mm was more efficient for brackish water more than 1,2 g Cl/L.

Keywords : chloride, ferro, process efficiency, silica sand, sulphate

1. PENDAHULUAN

Kualitas air bersih di wilayah pesisir mendapat pengaruh kualitas air laut. Pengkayaan garam-garam laut ke dalam air permukaan dan air tanah dapat terjadi karena mekanisme alamiah air laut dan pemompaan air tanah. Mekanisme alamiah air laut adalah pasang laut periodikal yang mengakibatkan air laut mengalir ke arah pesisir. Pemompaan air ta-

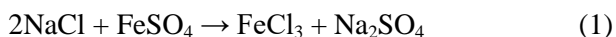
nah dalam, yang mengakibatkan penurunan level air tanah di bawah level air laut, akan menghasilkan aliran air laut menuju air tanah. Jadi kualitas air di wilayah pesisir berada dalam batasan antara air bersih dan air laut, yang dikenal sebagai air payau. Secara kuantitatif, kualitas air payau mengandung klorida antara 0,5 g Cl/L sampai 5 g Cl/L. Air berkandungan klorida sampai dengan 10 g

Cl/L masih diklasifikasikan sebagai air payau (Heitmann, 1990).

Merujuk kepada standar kualitas air bersih Indonesia (PP No.82, 2001), kandungan khlorida dalam air bersih adalah maksimal 0,6 g Cl/L. Khlorida digolongkan sebagai bahan inorganik yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen. Bahaya kesehatan manusia akibat konsumsi air payau adalah dehidrasi akut ataupun kronik tergantung konsentrasi khlorida dan lama konsumsi. Dengan demikian klasifikasi air payau yang merujuk kepada standar kualitas air bersih Indonesia adalah tidak layak untuk konsumsi penduduk.

Diperkirakan sejumlah 70% penduduk Indonesia bermukim di wilayah pesisir dan 60% diantaranya mendapatkan pelayanan air bersih sistem perpipaan. Jadi ada sejumlah 40% penduduk wilayah pesisir (atau 28% penduduk Indonesia) masih bergantung kepada air tanah yang pada umumnya berkualitas payau. Jumlah penduduk yang potensial menghadapi bahaya air payau akan semakin besar, apabila sumber air perpipaan mengambil dari sungai yang mendapat pengaruh pasang laut. Oleh karena itu pengolahan air payau menjadi air bersih untuk menjaga kesehatan penduduk perlu disiapkan, khususnya untuk penyediaan air bersih wilayah pesisir.

Dewasa ini proses pengolahan air payau menjadi air bersih menggunakan teknologi membran banyak mendapatkan perhatian cukup besar. Teknologi proses fisik (destilasi, evaporasi, *reverse osmosis* dan elektrodialisis) dan kimiawi masih dalam proses pengembangan (Potoczka dkk, 1998, Pekdemis dkk, 1998). Penerapan teknologi tersebut terkendala biaya disamping keterbatasan skala penerapan untuk kapasitas besar agar ekonomis (Benjamin, 1983). Penelitian ini difokuskan pada proses kimiawi penurunan konsentrasi khlorida dengan pembubuhan besi (II) sulfat, yang secara stoikiometri akan berlangsung seperti pada Persamaan 1.



Proses reaksi tersebut akan mengarah ke produk sebesar 90% apabila pH reaksi sebesar 6 – 8. Dalam penelitian ini, pengaturan pH digunakan larutan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Produk reaksi akan dipisahkan dalam filter media pasir silika. Larutan yang keluar dari filter tersebut merupakan hasil air bersih yang diharapkan.

2. METODOLOGI

Filter media pasir silika difungsikan untuk pemisahan endapan dari larutan melalui mekanisme flokulasi dan sedimentasi. Untuk menjalankan fungsi tersebut maka ukuran butir pasir yang dipakai adalah 2,36 mm dan 1,18 mm. Debit larutan uji yang dialirkan ditetapkan berdasarkan nilai konduktivitas hidrolik menggunakan formula Darcy seperti pada Persamaan 2.

$$Q = K (h/L) A \quad (2)$$

dimana Q = debit pengaliran air melalui filter, K = konduktivitas hidrolik media pasir dalam filter, h = larutan di atas media pasir dalam filter, L = tebal lapisan pasir dalam filter, dan A luas penampang media pasir/filter.

Nilai konduktivitas hidrolik ditetapkan berdasarkan larutan uji yang dialirkan melalui media pasir silika. Larutan uji terdiri dari air akuades sebagai kontrol dan air payau buatan dengan kandungan khlorida tertentu. Untuk ukuran butir pasir yang digunakan tersebut maka penetapan nilai konduktivitas dilakukan dengan metode *constant head* (Verplancke, 1989).

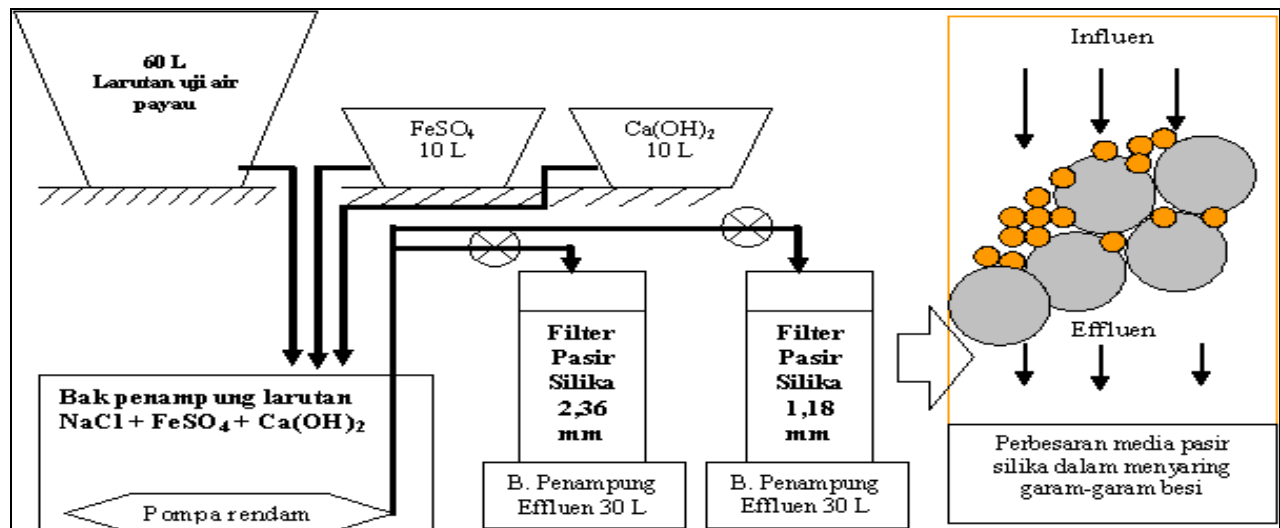
Larutan uji berkandungan khlorida tertentu dialirkan pada bak penampung bersama-sama dengan larutan FeSO_4 dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Proses reaksi kimiawi NaCl , FeSO_4 dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ berlangsung dalam bak penampung. Pengaliran larutan dari bak penampung menuju filter merupakan pasokan (influen) filter, yang menjalani proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi garam-garam besi pada media pasir. Hasil olahan (efluen) filter adalah larutan yang diharapkan berkualitas sesuai dengan standar kualitas air bersih.

Air payau buatan disiapkan dengan melarutkan sejumlah garam NaCl (*pro analysis*) ke dalam akuades. Larutan NaCl divariasikan antara 1 – 5 g/L dengan kandungan khlorida antara 0,6 – 3,65 g/L. Ke dalam tiap variasi larutan NaCl dilakukan pembubuhan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (*pro analysis*) dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (*pro analysis*) hingga mencapai pH = 6 – 8. Konsentrasi FeSO_4 ditetapkan dengan cara perhitungan stoikiometri pada tiap konsentrasi NaCl . Konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ didapatkan dari analisis *jar-test*. Hasil perhitungan stoikiometri dan hasil analisis *jar-test* ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi Konsentrasi NaCl, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$

[NaCl] (g/L)	[$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$] (g/L)	[$\text{Ca}(\text{OH})_2$] g/L	pH
1	2,14	0,856	6,4
2	4,28	0,856	6,4
5	10,71	0,535	6,3

Peralatan filter menggunakan bahan pipa PVC dengan diameter penampang 10 cm. Pengaliran larutan uji ke dalam filter berlangsung secara kontinyu. Larutan air payau buatan dan air payau alami diolah menggunakan susunan operasi pengolahan yang ditampilkan pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Instalasi proses pengolahan air payau menjadi air bersih

Analisis kualitas larutan uji dilakukan untuk pasokan (influen) filter dan hasil olahan (effluen) filter. Parameter kualitas air payau buatan meliputi klorida, besi (II) dan sulfat. Parameter air payau alami (air sumur) meliputi pH, suhu, warna, keke-ruhan, klorida, besi (II), sulfat dan kesadahan Ca. Kesadahan Ca dianalisis untuk menentukan dosis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dalam menghilangkan kesadahan alami. Metode analisis parameter kualitas larutan uji mengikuti APHA (1995).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit pengolahan (Q) ditetapkan berdasarkan hasil percobaan konduktivitas hidrolis (K). Penentuan konduktivitas hidrolis dan debit pengolahan merupakan bagian dari analisis kuantitas untuk mendukung proses pengolahan air payau menjadi air bersih yang berlangsung secara kontinyu. Tabel 2 merupakan hasil penentuan konduktivitas hidrolis media pasir silika ukuran butir 2,36 mm dan 1,18 mm berdasarkan beban larutan $\text{NaCl} + \text{FeSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai larutan uji. Pada Tabel 2 juga ditampilkan hasil penentuan debit pengaliran, yang dihitung berdasarkan formula Darcy.

Tabel 2. Konduktivitas Hidrolis Media Pasir Silika 2,36 mm dan 1,18 mm dan Debit Pengolahan untuk Pengaliran Larutan Uji

Larutan Uji	K Pasir 2,36 mm (cm/dt)	Q Pasir 2,36 mm (cm/dt)	K Pasir 1,18 mm (L/jam)	Q Pasir 1,18 mm (L/jam)
NaCl 1 g/L + FeSO_4 2,14 g/L + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,856 g/L	1,09	524	0,59	283
NaCl 2 g/L + FeSO_4 4,28 g/L + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,856 g/L	1,09	524	0,57	274
NaCl 5 g/L + FeSO_4 10,71 g/L + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,535 g/L	1,04	385	0,47	226

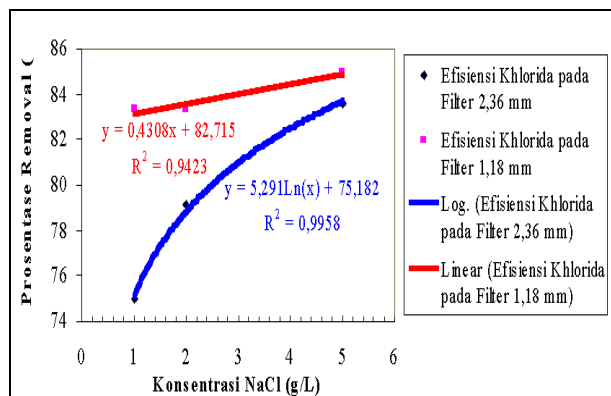
Keterangan : Larutan uji klorida adalah larutan campuran $\text{NaCl} + \text{FeSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2$ sesuai Tabel 1.

Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar beban $\text{NaCl} + \text{FeSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2$, maka nilai konduktivitas hidrolis semakin kecil. Kandungan zat-zat kimia memberi pengaruh terhadap nilai konduktivitas hidrolis (Verplancke, 1989). Secara spesifik, konsentrasi NaCl sampai dengan 2 g/L dan konsentrasi FeSO_4 sampai dengan 4,28 g/L dan masing-masing mempunyai konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang sama sebesar 0,856 g/L memberi pengaruh kecil kepada penurunan konduktivitas hidrolis. Tetapi pe-

ningkatan konsentrasi NaCl menjadi 5 g/L dan FeSO_4 10,71 g/L serta penurunan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,535 g/L memberi pengaruh berarti kepada penurunan konduktivitas hidrolik. Hal tersebut menunjuk hasil reaksi kimiawi NaCl dan FeSO_4 pada konsentrasi masing-masing di atas 5 g/l memberi pengaruh penurunan konduktivitas hidrolik media pasir untuk ukuran butir 2,36 mm dan 1,18 mm. Pada setiap tetapan konsentrasi klorida menunjukkan bahwa konduktivitas hidrolik untuk ukuran butir pasir 2,36 mm adalah lebih besar 2 kali dibanding konduktivitas hidrolik untuk ukuran butir pasir 1,18 mm. Dengan demikian konduktivitas hidrolik dipengaruhi secara utama oleh ukuran butir pasir dan konsentrasi zat-zat kimia pada konsentrasi tertentu. Sesuai dengan formula Darcy, hasil debit pengolahan adalah sejalan dengan fenomena hasil konduktivitas hidrolik.

Analisis awal dan analisis akhir kandungan khlorida, besi, dan sulfat menghasilkan efisiensi proses dekonsentrasi khlorida, besi, dan sulfat dalam larutan. Penelitian untuk air payau buatan dilakukan untuk 2 tinjauan, yaitu pembubuhan FeSO_4 secara stoikiometri $\text{FeSO}_4/\text{NaCl}=2,14$ (Tabel 1) dan pembubuhan FeSO_4 sebesar 50% stoikiometri ($\text{FeSO}_4/\text{NaCl}=1,07$). Tinjauan tersebut dinilai penting dalam upaya memperkecil pembubuhan FeSO_4 (penghematan penggunaan bahan kimia) tanpa mengurangi hasil proses.

Untuk tinjauan pembubuhan FeSO_4 secara stoikiometri, yaitu rasio konsentrasi $\text{FeSO}_4/\text{NaCl} = 2,14$, diperoleh hasil efisiensi proses dekonsentrasi khlorida seperti pada Gambar 2.

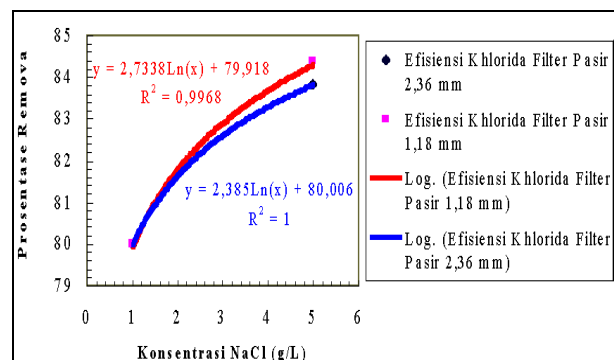


Gambar 2. Dekonsentrasi Khlorida dengan Pembubuhan FeSO_4 Secara Stoikiometri

Semakin besar konsentrasi khlorida maka perbedaan efisiensi dekonsentrasi khlorida makin menu-

run. Sebagai contoh pada filter 2,36 mm, untuk rentang konsentrasi NaCl sebesar 1 g/L dan 2 g/L memiliki beda efisiensi dekonsentrasi khlorida sebesar 4 % tiap 1 g NaCl/L. Untuk rentang konsentrasi NaCl sebesar 2 g/L dan 5 g/L memiliki beda removal sebesar 0,5 % tiap 1 g NaCl/L. Fenomena sama juga terjadi pada filter 1,18 mm.

Untuk tinjauan pembubuhan FeSO_4 sebesar 50% stoikiometri, yaitu rasio konsentrasi $\text{FeSO}_4/\text{NaCl} = 1,07$, diperoleh hasil efisiensi proses dekonsentrasi khlorida yang ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Dekonsentrasi Khlorida dengan Pembubuhan FeSO_4 Sebesar 50% Stoikiometri

Baik filter berukuran butir pasir 2,36 mm maupun 1,18 mm, untuk rentang konsentrasi NaCl sebesar 1 dan 2 g/L memiliki beda efisiensi dekonsentrasi khlorida sebesar 1,5% tiap 1 g NaCl/L. Untuk rentang konsentrasi NaCl sebesar 2 dan 5 g/L memiliki beda removal sebesar 0,8% tiap 1 g NaCl/L. Dengan membandingkan fenomena efisiensi dekonsentrasi khlorida antara $\text{FeSO}_4/\text{NaCl} = 2,14$ dan $\text{FeSO}_4/\text{NaCl} = 1,07$ menunjukkan bahwa efisiensi dekonsentrasi khlorida tiap rasio konsentrasi adalah tidak jauh berbeda. Dengan demikian, untuk air payau buatan, pembubuhan FeSO_4 sebesar 50% stoikiometri (rasio $\text{FeSO}_4/\text{NaCl} = 1,07$) adalah layak digunakan tanpa memberi pengaruh berarti pada efisiensi proses dekonsentrasi khlorida.

Air payau alami mengandung khlorida 2,35 g Cl/L (setara dengan 3,9 g NaCl/L), kandungan $\text{Fe}(\text{II})$ sebesar 0,64 mg/L, dan kesadahan Ca sebesar 185,71 mg CaCO_3/L (total 860 mg CaCO_3/L). Berdasarkan analisis *jar test* diperoleh kebutuhan sebesar FeSO_4 6,36 g/L dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebesar 0,21 g/L. Rasio $\text{FeSO}_4/\text{NaCl}$ untuk air payau alami adalah 1,6; yang berada dalam rentang tanpa pengaruh berarti terhadap efisiensi dekonsentrasi khlorida.

Hasil pengolahan semua parameter air payau buatan dan air payau alami dengan acuan terhadap

standar kualitas air bersih Indonesia (Anonim, 2002) ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengolahan Semua Parameter Air Payau Buatan dan Acuan Terhadap Standar Kualitas Air Bersih Indonesia

Parameter	Standar mutu air bersih (mg/L)	Pasokan air payau (mg/L)	Hasil olahan dari filter 2,36 mm (mg/L)	Hasil olahan dari filter 1,18 mm (mg/L)	% Removal pada pasir 2,36 mm	% Removal pada pasir 1,18 mm
Air payau buatan: NaCl 1 g/L + FeSO ₄ 1,07 g/L + Ca(OH) ₂ 0,856 g/L (konsentrasi nominal yang dibubuhkan ke dalam akuades)						
Fe	0,3	0,55	0,32	0,32	36	36
Cl	600	600	150	100	75	83
SO ₄	400	14,81	1,79	5,89	88	60
Air payau buatan: NaCl 2 g/L + FeSO ₄ 2,14 g/L + Ca(OH) ₂ 0,856 g/L (konsentrasi nominal yang dibubuhkan ke dalam akuades)						
Fe	0,3	1,38	0,64	0,25	54	82
Cl	600	1200	250	200	79	83
SO ₄	400	35,83	13,77	13,16	62	63
Air payau buatan: NaCl 5 g/L + FeSO ₄ 5,35 g/L + Ca(OH) ₂ 0,535 g/L (konsentrasi nominal yang dibubuhkan ke dalam akuades)						
Fe	0,3	2,42	1,29	0,95	47	61
Cl	600	3650	600	550	84	85
SO ₄	400	50,95	46,11	35,02	10	31
Air payau alami: (konsentrasi nominal FeSO ₄ 6,36 g/L + Ca(OH) ₂ 0,21 g/L yang dibubuhkan ke dalam air payau alami berkadungan khlorida setara dengan NaCl 3,9 g/L)						
Fe	0,3	0,64	0,4	0,2	38	69
Cl	600	2.350	900	900	62	62
SO ₄	400	115,35	75,34	68,54	35	41

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa air payau buatan dengan pasokan berkadungan NaCl sampai dengan 2 g/L dapat diproses untuk menghasilkan air bersih sesuai dengan standar mutu air bersih. Hasil proses untuk air payau alami dengan pasokan berkadungan khlorida setara NaCl 3,9 g/L (lebih rendah dibanding pasokan air payau buatan berkadungan NaCl 5 g/L) menghasilkan hasil olahan berkadungan khlorida (900 mg/L) melebihi hasil olahan air payau buatan (600 mg/L). Hal itu kemungkinan disebabkan adanya zat-zat lain dalam air payau alami, yang memberi pengaruh terhadap penurunan khlorida. Dengan mengabaikan zat-zat lain dalam air payau alami, maka batasan maksimum NaCl 2 g/L dapat dipakai untuk pengolahan air payau alami menjadi air bersih secara pembubuhan fero sulfat.

Dalam tinjauan ukuran butir pasir 2,36 mm dan 1,18 mm menunjukkan tidak ada perbedaan berarti untuk menjadi media pengolah air payau berkadungan NaCl sampai dengan 2 g/L. Dikaitkan dengan debit pengolahan maka air payau berkadungan sampai dengan 2 g/L lebih menguntungkan untuk diolah dalam filter berukuran butir pasir 2,36 mm. Tetapi untuk air payau berkadungan NaCl lebih dari 2 g/L maka ukuran butir pasir 1,18 mm lebih efisien.

4. KESIMPULAN

Air payau dengan konsentrasi khlorida sampai dengan 2 g NaCl/L dapat diolah dengan pembubuhan fero sulfat untuk menghasilkan kualitas air bersih dalam standar kualitas air bersih Indonesia. Pembubuhan fero sulfat dengan rasio FeSO₄/NaCl = 1,07 – 2,14 adalah layak digunakan tanpa mengurangi hasil proses. Efisiensi dekonstruksi khlorida dengan pembubuhan fero sulfat menggunakan media pasir silika mencapai sekitar 84% baik menggunakan media pasir berukuran 2,36 mm maupun 1,18 mm. Ukuran butir pasir silika 2,36 mm dan 1,18 mm tidak memberi pengaruh nyata terhadap kualitas hasil olahan, tetapi sangat signifikan untuk penetapan kuantitas pengolahan (berlaku untuk pasokan air payau sampai dengan 2 g NaCl/L). Ukuran butir pasir silika 1,18 mm adalah lebih efisien untuk pasokan air payau berkadungan NaCl lebih dari 2 g/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2002). **Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.**

- APHA. (1995). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association. Washington DC. 19th Edition.
- Heitmann, H. G. (1990). **Saline Water Processing-desalination and Treatment of Seawater, Brackish Water and Industrial Wastewater**. VCH Verlagsgesellschaft: Weinheim
- Patoczka, J., Johnson, R.K., Scheri, J.J..(1998). **Trace Heavy Metals Removal with Ferric Chloride**. Presented at Water Environment Federation Industrial Wastes Technical Conference, Nashville,TN.
- Pekdemis, T, Kcmazoglu, EK, Keskinler, B, Al-gus, OF. (1998). **Drinking Water Denitri-fication in a Fixed Bed Packed Biofilm Reactor**. *J. of Engineering and Environmental Sci.* Vol. 22. Pp: 39-45
- Peraturan Pemerintah No 82 (2001). **Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air**.
- Verplancke, H. (1989). **Soil Physics**. State University of Ghent Belgium.