

Pengaruh Tinggi Unggun Karbon Aktif dan Pasir Kuarsa Pada Saringan Pasir Lambat Untuk Penyisihan Logam Fe Pada Air Sungai Siak

Putriani¹⁾, Shinta Elystia²⁾, Aryo Sasmita²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, ²⁾Dosen Teknik Lingkungan
Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293
Email : ani.putri96@yahoo.com

Abstract

Siak river water into the many natural resources provide benefits for the inhabitants of nearby, but the condition of the river siak currently included in the critical category. One of the treatments to reduce levels of pollutants in river water is by using a slow sand filter using quartz sand and activated carbon. This research aims to determined the effect of high activated carbon and quartz sand as well as the best sampling time with the efficiency of removal of Fe parameters in slow sand filters, and compared the quality standards of PP No. 82 of 2001. The fixed variable uses in this research is the velocity of water flow on the sand filter is slow 0.3 m / hour and the sampling time is 0, 15, 30, 45, 60. The changeable variable uses consists of variations in bed height in the reactor namely : 10 cm gravel, 50 cm quartz sand, and 20 cm activated carbon; 10 cm gravel, 60 cm quartz sand, and 10 cm activated carbon; and 10 cm gravel, 70 cm quartz sand, and no activated carbon. Based on the results of the research after the slow sand filtering process obtained the best removal efficiency in reactor 1 for 60 minutes, the efficiency of removal of Fe metal by 97.52%.

Keywords: Siak River, Slow Sand Filter, activated carbon, quartz sand, Fe metal removal.

1. PENDAHULUAN

Air bersih adalah air yang jernih, tidak berwarna, tawar dan tidak berbau. Banyak faktor yang menjadi penyebab sulitnya mendapatkan air bersih. Salah satu penyebab susahnyanya mendapatkan air bersih adalah adanya pencemaran air yang disebabkan oleh limbah rumah tangga, limbah pertanian dan limbah industri (Mulyadi, 2005).

Melalui penyediaan air bersih dan sebagai pemenuhan kebutuhan sehari-hari, masyarakat memanfaatkan sumur artesis untuk dikonsumsi, memasak, mandi, mencuci dan keperluan pokok lainnya. Akan tetapi masalah yang

sering dihadapi dalam pemanfaatan air artesis ini adalah kuantitas air tersebut, dimana pada saat musim panas debit air tanah yang digunakan sebagai sumber air baku akan berkurang (Kumalasari, 2011). Hal ini mengakibatkan masyarakat di daerah tersebut kesulitan memperoleh pasokan air bersih pada saat musim panas. Sehingga salah satu solusi untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi adalah dengan memanfaatkan air Sungai Siak sebagai sumber air bersih.

Air Sungai Siak menjadi sumber daya alam yang banyak memberikan manfaat bagi penduduk di sekitarnya, antara lain sebagai sarana

transportasi, sumber air pertanian, sumber air bersih, dan pusat kegiatan bisnis (Putri, 2011). Akan tetapi kondisi Sungai Siak saat ini termasuk dalam kategori kritis. Perubahan kualitas lingkungan Sungai Siak disebabkan oleh semakin pesatnya pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang ditandai dengan semakin meningkatnya kegiatan industri, pelabuhan dan limbah domestik perkotaan (Mulyadi, 2005).

Untuk meningkatkan kebutuhan dasar masyarakat mengenai kebutuhan air bersih, maka diperlukan salah satu alternatif bagi masyarakat yakni dengan teknologi pengolahan saringan pasir lambat yang menggunakan pasir sebagai unggun dengan ukuran butiran sangat kecil, namun mempunyai kandungan kuarsa yang tinggi (Quddus, 2014). Namun pada penelitian tersebut tidak dilakukan efisiensi parameter logam Fe, sehingga perlu dilakukan kombinasi teknologi salah satunya karbon aktif. Karbon aktif adalah suatu bahan berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta mempunyai kemampuan daya serap (adsorpsi) yang baik. Karbon aktif digunakan sebagai bahan pemucat (penghilang zat warna), penyerap gas, penyerap logam, dan sebagainya. Dari bahan tersebut yang paling sering dipergunakan sebagai bahan adsorbent adalah karbon aktif (Halim, 2014). Hal ini menjadikan karbon aktif dan pasir kuarsa pada saringan pasir lambat sebagai alternatif pengolahan air sungai di Kelurahan Limbung Kecamatan Rumbai Pesisir Kota Pekanbaru.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh tinggi unggun karbon aktif dan pasir kuarsa serta waktu pengambilan terbaik terhadap efisiensi penyisihan parameter logam Fe pada saringan pasir lambat.
2. Membandingkan parameter logam Fe dengan baku mutu PP No 82 Tahun 2001 pada pengolahan air Sungai Siak dengan pengaruh tinggi unggun karbon aktif dan pasir kuarsa pada saringan pasir lambat.

2. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : bak penampung air sungai bahan plastik berbentuk silinder dengan diameter 55 cm dan tinggi 44 cm; reaktor saringan pasir lambat berbentuk *rectangular* dengan dimensi panjang 30 cm, lebar 30 cm dan tinggi 100 cm; peralatan yang digunakan dalam pembuatan reaktor pipa PVC $\frac{1}{2}$ inci dan kran (*Gate valve*); wadah penampung plastik kapasitas 60 L untuk menampung air hasil penyerapan; peralatan yang digunakan untuk pengujian parameter logam Fe.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : air Sungai Siak yang diperoleh dari sekitar pemukiman masyarakat RT 04 / RW 01 Kelurahan Limbung Kecamatan Rumbai Pesisir Kota Pekanbaru Provinsi Riau, karbon aktif, pasir kuarsa, kerikil, akuades, dan bahan-bahan kimia yang akan digunakan untuk pengujian logam Fe pada sampel air Sungai Siak.

B. Variabel Penelitian

Variabel Berubah

1. Variasi tinggi unggun pada reaktor yaitu: reaktor 1 menggunakan kerikil 10 cm,

pasir kuarsa 50 cm, dan karbon aktif 20 cm; reaktor 2 menggunakan kerikil 10 cm, pasir kuarsa 60 cm, dan karbon aktif 10 cm; dan reaktor 3 menggunakan kerikil 10 cm, pasir kuarsa 70 cm, dan tanpa karbon aktif (Jenti, 2014 dan Quddus, 2014).

Varibel Tetap

1. Reaktor saringan pasir lambat berbentuk *rectangular* dengan dimensi panjang 30 cm, lebar 30 cm dan tinggi 100 cm (Ati, 2012);
2. Kecepatan aliran air pada reaktor saringan pasir lambat 0,3 m/jam (Mahdi, 2012);
3. Waktu pengambilan pada reaktor saringan pasir lambat menit ke 0, 15, 30, 45 dan 60
4. Diameter unggun pasir kuarsa yang lewat saringan 60 mesh dan tertahan pada pasir kuarsa 70 mesh (berdiameter 0,21 - 0,25 mm) (SNI 3981:2008);
5. Diameter unggun kerikil yang lewat $\frac{1}{2}$ " dan kerikil yang tertahan $\frac{1}{4}$ " (6,35 - 12,7 mm) (SNI 3981:2008);
6. Diameter unggun karbon aktif < 1 mm.

C. Prosedur Penelitian

Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memberikan informasi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Referensi yang mencakup penelitian ini antara lain tentang Sungai Siak, baku mutu tentang kualitas air, metode filtrasi, dan adsorpsi dengan karbon aktif.

C.1 Persiapan Penelitian

C.1.1 Persiapan Reaktor dan Peralatan Pelengkap Unit Pengolahan

Pada penelitian ini Reaktor unit pengolahan air Sungai Siak dibuat

dengan pengaruh tinggi unggun pasir kuarsa dan karbon aktif pada saringan pasir lambat. Unit pengolahan direncanakan dapat mengolah air Sungai Siak dengan kapasitas pengolahan masing-masing unit sebesar 60 liter. Rangkaian unit pengolahan air Sungai Siak dapat dilihat pada gambar 3.2:

a. Bak Penampung Air Sungai

Bak penampung air sungai berfungsi sebagai bak penampung awal air sungai. Bak penampung direncanakan dapat menampung air sungai dengan kapasitas 60 L terbuat dari bahan plastik berbentuk silinder dengan diameter 55 cm dan tinggi 44 cm. Bak juga dilengkapi dengan pipa PVC berdiameter $\frac{1}{2}$ inchi serta kran yang berguna sebagai pengatur debit *effluent* dari bak penampung menuju reaktor saringan pasir lambat.

b. Reaktor Saringan Pasir Lambat

Reaktor saringan pasir lambat direncanakan dapat menampung air sungai dengan kapasitas 90 L berbentuk *rectangular* dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 100 cm. Reaktor saringan pasir lambat dibuat dari kaca dengan ketebalan 0,5 cm, bahan kaca dipilih karena kaca memiliki ketahanan dalam menahan beban yang besar terutama oleh unggun saringan pasir lambat yang ada didalam reaktor. Unggun saringan pasir lambat disusun secara vertikal dengan 3 variasi tinggi unggun pada reaktor yang berbeda, dimana setiap reaktor menggunakan diameter kerikil yang lewat $\frac{1}{2}$ " dan kerikil yang tertahan $\frac{1}{4}$ " (6,35 - 12,7 mm) berada pada lapisan terbawah reaktor; unggun pasir kuarsa yang lewat saringan 60 mesh dan tertahan pada pasir kuarsa 70 mesh (berdiameter 0,21 - 0,25 mm) pada lapisan tengah unggun saringan pasir lambat dan karbon

aktif berdiameter < 1 mm berada pada lapisan paling atas unggun saringan pasir lambat. Reaktor juga dilengkapi dengan pipa PVC berdiameter $\frac{1}{2}$ inchi serta kran yang berguna sebagai pengatur debit *effluent* dari reaktor saringan pasir lambat menuju bak penampung *effluent*. Reaktor saringan pasir lambat dapat dilihat pada gambar 3.3:

C.1.2 Unggun Saringan Pasir Lambat

a. Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa terlebih dahulu dicuci hingga air cucuannya jernih. Hal ini dilakukan agar pasir kuarsa tidak mengandung sampah dan kotoran lainnya yang akan mengganggu proses penjernihan air. Hal ini disebabkan karena pasir kuarsa berfungsi sebagai unggun saringan pasir lambat untuk menghilangkan kandungan lumpur atau tanah dan partikel-partikel lainnya yang terkandung dalam air sungai. Tebal pasir kuarsa yang digunakan adalah 50, 60, 70 cm dan berdiameter 0,21-0,25 mm (Hervito, 2017).

b. Kerikil

Kerikil yang digunakan terlebih dahulu dicuci hingga bersih. Hal ini dilakukan agar kerikil tidak mengandung sampah dan kotoran lainnya yang akan mengganggu proses penjernihan air. Hal ini disebabkan karena kerikil berfungsi sebagai unggun penyangga pasir kuarsa agar tidak terbawa aliran hasil penyaringan, sehingga penyumbatan dapat dihindari. Tebal kerikil yang digunakan adalah 10 cm dan berdiameter 6,35-12,7 mm (Hervito, 2017).

c. Karbon Aktif

Karbon aktif yang digunakan untuk mengurangi kandungan zat

organik, bau, rasa yang kurang sedap, menjernihkan air, dan mengurangi kandungan anorganik seperti logam besi (Halim, 2014).

C.1.3 Percobaan Utama

Air Sungai Siak yang digunakan dalam penelitian ini adalah air Sungai Siak di sekitar pemukiman masyarakat Kelurahan Limbung Kecamatan Rumbai Pesisir. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah tinggi unggun karbon aktif dan pasir kuarsa pada saringan pasir lambat dan variasi waktu pengambilan. Adapun skema penelitian pengolahan air Sungai Siak sebagai berikut:

Air Sungai Siak yang dimasukkan ke dalam bak penampung kemudian di alirkan menuju reaktor saringan pasir lambat menggunakan pipa PVC berbentuk *tee* tebal berdiameter $\frac{1}{2}$ inchi serta kran yang berfungsi sebagai pengatur debit *effluent* dari bak penampung dengan variasi tinggi unggun karbon aktif dan pasir kuarsa pada saringan pasir lambat yang berbeda. Setelah air berada 10 cm diatas media kran *effluent* dibuka, pengambilan sampel air dari *effluent* reaktor saringan pasir lambat di lakukan saat keadaan *steady state* (Konstan), setelah konstan ditandai dengan air yang keluar 7,5 mL/detik nya menggunakan gelas ukur 10 mL, kemudian air dibiarkan mengalir terus menerus dan di ambil setiap 15 menit sekali dimana saat kondisi konstan sebagai menit ke 0, di lanjutkan pada menit ke 15, 30, 45, 60 dan memberikan label pada masing-masing sampel. Selanjutnya air sampel di uji sebanyak 1 liter dengan menganalisis parameter logam Fe untuk mengetahui berapa efisiensi penyisihan parameter yang

mengacu pada Standar Nasional Indonesia.

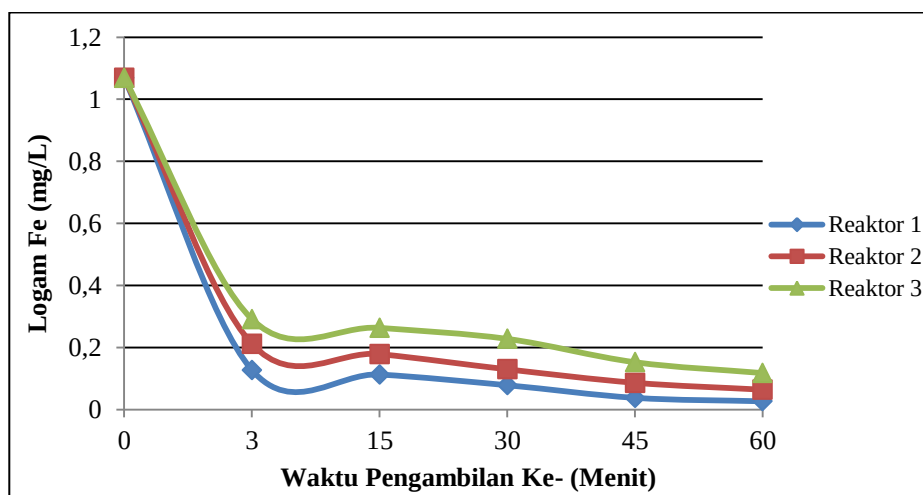
C.1.4 Analisis dan Pengolahan Data

Data yang diperoleh merupakan hasil analisis sampel air sungai sebelum dan sesudah proses pengolahan di dalam unit pengolahan air sungai. Data penelitian akan diplot kedalam sebuah grafik menggunakan *Microsoft Excel* dengan hubungan antara variasi tinggi unggun pada setiap reaktor saringan pasir lambat dan waktu pengambilan pada reaktor saringan pasir lambat dengan efisiensi penyisihan parameter logam Fe.

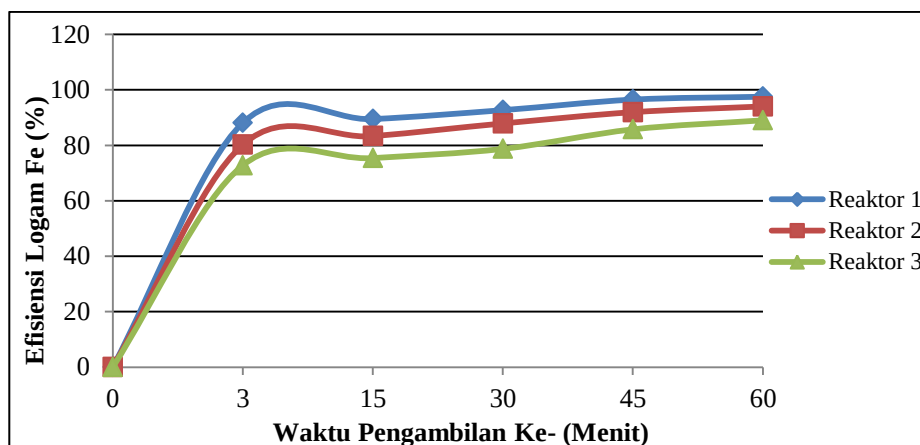
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Air Sungai Siak di sekitar pemukiman masyarakat RT 04 / RW 01 Kelurahan Limbung Kecamatan Rumbai Pesisir, memiliki kandungan logam Fe yang melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu

0,3 mg/L. Hal ini dapat dilihat dari bentuk fisik air Sungai Siak yaitu berwarna kuning kecoklatan dan memiliki sedikit bau seperti bau logam Fe serta setelah dilakukan uji awal didapatkan beban pencemaran logam Fe sebesar 1,0694 mg/L. Berdasarkan hasil uji penelitian yang telah dilakukan konsentrasi logam Fe dapat diturunkan oleh reaktor 1 hingga 0,0265 – 0,1275 mg/L, reaktor 2 mampu menurunkan konsentrasi logam Fe hingga 0,0639 – 0,2118 mg/L, dan reaktor 3 juga mampu menurunkan konsentrasi logam Fe hingga 0,1174 – 0,2914 mg/L. Hasil analisa variasi tinggi unggun karbon aktif dan pasir kuarsa yang berbeda disajikan dalam grafik hubungan waktu pengambilan terhadap parameter logam Fe dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan efisiensi penyisihan logam Fe dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.1 Grafik Perbandingan Konsentrasi Logam Fe Setelah Proses Pengolahan Air Sungai Siak Oleh Ketiga Reaktor Saringan Pasir Lambat

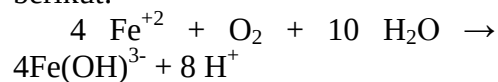


Gambar 3.2 Grafik Perbandingan Efisiensi Penyisihan Logam Fe Setelah Proses Pengolahan Air Sungai Siak Oleh Ketiga Reaktor Saringan Pasir Lambat

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa jumlah adsorben yang digunakan berpengaruh terhadap konsentrasi logam Fe pada air Sungai Siak. Hasil analisa pada penelitian ini berdasarkan variasi reaktor menunjukkan bahwa konsentrasi akan menurun dengan bertambahnya jumlah adsorben yang digunakan. Konsentrasi logam Fe mengalami penurunan tertinggi diperoleh pada variasi reaktor 1 menggunakan kerikil 10 cm, pasir kuarsa 50 cm, dan karbon aktif 20 cm yaitu sebesar 0,0265 mg/L dengan waktu pengambilan menit ke – 60. Penurunan konsentrasi logam Fe tertinggi disebabkan karena semakin banyak adsorben yang digunakan maka jumlah pori untuk menjerap logam Fe juga akan semakin bertambah. Banyaknya jumlah pori yang tersedia akan memberikan banyak ruang bagi adsorben untuk mengadsorbsi ion logam sehingga akan berakibat terhadap peningkatan daya adsorbsi. Proses adsorbsi tersebut menyebabkan zat-zat substansi terlarut yang ada di air dapat terserap pada permukaan unggun karbon aktif.

Dalam keadaan teroksidasi, besi terlarut di air. Bentuk senyawa

dengan larutan ion, terlarut pada bilangan oksidasi +2, yaitu Fe^{+2} . Ketika kontak dengan oksigen atau oksidator lain, besi akan teroksidasi menjadi valensi yang lebih tinggi, bentuk ion kompleks baru yang tidak larut dalam jumlah yang cukup besar. Oleh karena itu, besi dapat dihilangkan dengan pengendapan. Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



Pada persamaan diatas, pembentukan Fe^{3+} dipengaruhi oleh pH. Pada penelitian, pH sampel berkisar antara 7,2 – 7,8. Pada kondisi pH seperti ini, Reaksi pembentukan Fe^{3+} dapat terjadi dengan cepat (pH optimum 7,2 – 7,8) (Torkzaban, 2007 dalam Makhmudah, 2010).

Menurut Rojikhi (2011), penambahan jumlah adsorben akan berakibat pada peningkatan kapasitas adsorbsi. Pada penelitian ini berdasarkan variasi waktu pengambilan bila dibandingkan menit ke – 0 dengan menit ke – 15 hingga ke – 45 terjadi penurunan konsentrasi logam Fe namun penurunan yang signifikan terjadi pada menit ke – 60, hal ini

disebabkan karbon aktif dipengaruhi oleh waktu kontak. Dimana semakin lama waktu kontak maka konsentrasi penyerapan yang terjadi meningkat, akibat lamanya proses yang terjadi menyebabkan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan (Hidayah, 2012 dan Prabarini, 2013), bahwa dengan waktu pengambilan menit ke – 60 mampu menyisihkan logam Fe tertinggi dengan efisiensi penyisihan menggunakan karbon aktif sebesar 93,71% dan telah berada dibawah baku mutu yang ditetapkan. Waktu kontak yang cukup diperlukan oleh karbon aktif agar dapat mengadsorpsi besi secara optimal, dimana semakin lama waktu kontak maka semakin banyak kesempatan partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan logam besi yang terikat di dalam pori-pori karbon aktif (Asbahani, 2013).

Sedangkan penurunan kadar logam Fe paling rendah dihasilkan dari pengolahan variasi reaktor 3 menggunakan kerikil 10 cm, pasir kuarsa 70 cm, dan tanpa menggunakan karbon aktif, dimana dapat menurunkan kadar logam Fe sebesar 0,2914 mg/L pada waktu pengambilan menit ke – 0, karena pada pasir kuarsa digunakan dalam menyaring kandungan partikel-partikel pengotor yang terkandung dalam air sungai. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Mahyudin (2016), bahwa semakin tebal pasir kuarsa yang digunakan maka semakin baik dalam mengurangi kadar logam Fe. Namun tingkat penurunan lebih baik dengan penambahan karbon aktif. Karena karbon aktif sering digunakan untuk mengurangi kontaminan organik dan anorganik seperti logam beracun

yaitu besi (Prabarini, 2013). Sehingga bila menggunakan karbon aktif daya serap adsorpsi lebih tinggi tergantung pada jumlah partikel dan luas permukaan karbon aktif.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa efisiensi penyisihan tertinggi terjadi pada reaktor 1 sebesar 97,52% dengan waktu pengambilan terbaik menit ke – 60, sedangkan efisiensi penyisihan terendah terjadi pada reaktor 3 sebesar 72,75% dengan waktu pengambilan menit ke – 0. Konsentrasi akhir air Sungai Siak berdasarkan parameter logam Fe pada reaktor 1, 2, dan 3 air Sungai Siak sudah memenuhi kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu 0,3 mg/L untuk pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air kelas I Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Efisiensi penyisihan logam Fe tertinggi terjadi pada variasi reaktor 1 dengan efisiensi logam Fe sebesar 97,52% serta waktu pengambilan terbaik pada menit ke – 60. Sehingga, semakin lama waktu pengambilan sampel maka semakin tinggi efisiensi penyisihan logam Fe, COD dan kekeruhan.
2. Pada hasil analisis effluent ketiga reaktor menunjukkan bahwa konsentrasi parameter pencemar pada air Sungai Siak telah memenuhi kadar maksimum yang diperbolehkan berdasarkan PP No 82 Tahun 2001 kelas I parameter logam Fe.

Saran

Untuk meningkatkan kinerja saringan pasir lambat dalam penyisihan parameter pencemar air Sungai Siak dan aplikasi dilapangan,

maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut seperti pengujian parameter lain dan teknik perawatan alat sistem saringan pasir lambat.

DAFTAR PUSTAKA

- Asbahani. 2013. *Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur*. Jurnal Teknik Sipil Untan. Vol. 13. No. 1: 105-114. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura.
- Ati, E. K., dan Djoko M. B. 2012. *Studi Kinerja Filter Untuk Pengolahan Air Minum Ditinjau Terhadap Parameter Warna dan E. Coli*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP-ITS. Surabaya.
- Halim, P. A. 2014. *Biosand Filter Dengan Reaktor Karbon Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry (Studi Kasus Bung Laundry Makassar)*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Hasanuddin.
- Hervito, J. R. 2017. *Pengolahan Air Sungai Musi Menjadi Air Layak Minum Dengan Menggunakan Sistem Saringan Biosand Filter*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya.
- Hidayah, N., Deviyani, E., dan Wicakso, D. R. 2012. *Adsorpsi Logam Besi (Fe) Sungai Barito Menggunakan Adsorben Dari Batang Pisang*. Jurnal Konversi. Vol. 1. No. 1: 19-26. Universitas Lambung Mangkurat.
- Jenti, U. B., dan Nurhayati, I. 2014. *Pengaruh Penggunaan Unggun Filtrasi Terhadap Kualitas Air Sumur Gali Di Kelurahan Tambak Rejo Waru Kabupaten Sidoarjo*. Jurnal Teknik Waktu. Vol. 12. No. 02: 34-38. Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Kumalasari dan Satoto. 2011. *Teknik Praktis Mengolah Air Kotor Menjadi Air Bersih*. Bekasi: Laskar Aksara.
- Mahdi, I. M., dan Hadi, W. 2012. *Pengaruh Ketebalan dan Diameter Unggun Saringan Pasir Lambat Untuk Mengolah Air PDAM Ditinjau Dari Parameter E. Coli, Zat Organik Dan Deterjen*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP-ITS. Surabaya.
- Mahyudin. 2016. *Analisis Kualitas Air dengan Filtrasi Menggunakan Pasir kuarsa Sebagai Unggun Pasir*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Makhmudah, N., dan Notodarmojo, S. 2010. *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. Vol. 16 No. 2: 150-159. Institut Teknologi Bandung.
- Mulyadi, A. 2005. *Hidup Bersama Sungai (Kasus Provinsi Riau)*. Unri Press. Riau.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan

Kualitas Air dan
Pengendalian Pencemaran
Air.

*Strength On Particle
Straining. Contaminant
Hydrology.* 96 : 113–127.

- Prabarini, N dan Okayadnya, DG. 2013. *Penyisihan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Dengan Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. Vol. 5. No. 2. Universitas Pembangunan Nasional.
- Putri, N. A., dan Dwi. 2011. *Kebijakan Pemerintah Dalam Menangani Pengendalian Pencemaran Sungai Siak (Studi pada Daerah Aliran Sungai Siak Bagian Hilir)*. Jurnal Ilmu Politik dan Ilmu Pemerintahan. Vol. 1. No. 1:69-79. Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Quddus, R. 2014. *Teknik Pengolahan Air Bersih Dengan Sistem Saringan Pasir Lambat (Downflow) Yang Bersumber Dari Sungai Musi*. Jurnal Sipil dan Lingkungan. Vol. 2. No. 4. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
- Rojikhi. 2011. *Pemanfaatan Hasil Pirolisis Bulu Ayam Sebagai Adsorben Ion Na dan Fe dalam Larutan Simulasi*. Skripsi. Jakarta: Universitas Islam Negeri syarif Hidayatullah.
- SNI 03-3981:2008. *Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat*. BSN. Jakarta.
- SNI 6989.4:2009. *Cara Uji Besi (Fe) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – Nyala*. Badan Standarisasi Nasional.
- Torkzaban, Saeed. 2007. *Colloid Transport In Unsaturated Porous Media: The Role Of Water Content And Ionic*