

***EFFECTIVENESS OF PROCESSING GREYWATER BY USING
RSF (RAPID SAND FILTER) DECREASE TURBIDITY, TSS, BOD,
AND COD***

***EFEKTIFITAS PENGOLAHAN GREYWATER DENGAN MENGGUNAKAN
RSF (RAPID SAND FILTER) DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN, TSS,
BOD, DAN COD***

Awwal Raafiandy¹ dan Hudori²

*Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta*

Email : raafiandyawwal@yahoo.co.id

ABSTRACT

Every day people do activities that can produce waste .Waste produced can of solid waste or liquid waste. The purpose of this study is to find the ability wastewater treatment former using filter, filter used is rapid sand filter. Distinction thickness and types of medium have a difference good significant or insignificant. The processing quality of water at RSF mix medium with the thickness 21 cm best happened to 5 minutes until 15 minutes to the distribution concentrate on parameter turbidity and TSS evenly obtained value. Consentration TSS on 5 minutes, 49,98 mg / l and 15 minutes, 48,32 mg / l, the turbidity 5 minutes, 9,39 NTU 15 minutes, 12,25 NTU. COD and BOD best on 25 minutes until 35 minutes, the concentration of COD and BOD been declining get on 25 minutes COD, 155,75 mg / l and 35 minutes, 143,25 mg / l. The BOD 25 minutes, 121,90 mg / l And in 35 minutes, 104,18 mg / l .The difference between the mix medium with the medium sand and a zeolite occurring significant differences .With the joint significance medium and sand 3,43 .The joint significance medium and medium 3,69 zeolite .

Keywords : *greywater, rapid sand filter, Turbidity, Zeolite*

ABSTRAK

Setiap hari manusia melakukan kegiatan yang dapat menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan dapat berupa limbah padat ataupun limbah cair. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan pengolahan air limbah bekas mandi dengan menggunakan filter, filter yang digunakan adalah rapid sand filter. Perbedaan ketebalan dan jenis media memiliki perbedaan baik signifikan atau tidak signifikan. Didpatkan variasi ketebalan media tidak signifikan pada setiap jenis media dengan nilai t test. Kemampuan pengolahan kualitas air pada RSF mix media dengan ketebalan 21 cm terbaik rata-rata terjadi pada menit ke-5 sampai ke-15 dengan keadaan persebaran konsentrasi pada parameter kekeruhan dan TSS merata didapatkan nilai konsentasi TSS pada menit ke-5, 49,98 mg/L dan menit ke-15, 48,32 mg/L,nilai kekeruhan menit ke-5, 9,39 NTU menit ke-15, 12,25 NTU. Untuk COD dan BOD terbaik pada menit ke-25 sampai ke-35, konsentrasi COD dan BOD terus menurun sehingga di dapatkan nilai COD pada menit ke-25, 155,75 mg/L dan pada menit ke-35, 143,25 mg/L. nilai BOD menit ke-25, 121,90 mg/L dan pada menit ke-35, 104,18 mg/L. Perbedaan antara media gabungan dengan media pasir dan zeolit terjadi perbedaan yang signifikan. Dengan nilai signifikansi media gabungan dan pasir 3,43. Nilai signifikansi media gabungan dan media zeolit 3,69.

Kata kunci : *greywater, saringan pasir cepat, Kekeruhan, Zeolit*

I. PENDAHULUAN

Air limbah domestik dapat didefinisikan sebagai cairan atau limbah yang dibawa zat cair dari rumah tangga bersama dengan air tanah. Limbah cair tersebut berasal dari bak cuci, air mandi, dan buangan dari mesin cuci. Limbah domestik merupakan sumber kontaminan pada badan air (sungai, danau, laut, dan sebagainya).

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik disebutkan pada Pasal 1 ayat 1, bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Air limbah domestik terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu air limbah yang terdiri dari air buangan tubuh manusia yaitu tinja dan urine (*blackwater*) dan kamar mandi (*greywater*) (Utuberta, 2014).

Blackwater adalah air limbah domestik yang dikeluarkan melalui toilet, *urinoir* dan bidet. Menurut Said, (2005) menyebutkan bahwa Konsentrasi BOD rata-rata 236 mg/lit dan pada tahun 2010 nanti diperkirakan akan meningkat menjadi 147 liter dengan konsentrasi BOD rata-rata 224 mg/lit. Berdasarkan survei di Jakarta tahun 1989, tiap orang rata-rata mengeluarkan beban limbah organik sebesar 40 gram BOD per orang per hari, yakni dari limbah toilet 13 gram per orang per hari dan dari limbah non toilet sebesar 27 gram BOD per orang per hari. Pengolahan *blackwater* dengan tangki septik memiliki efisiensi pengolahan sebesar 65 %. Hanya 22,5 % dari total beban polutan organik yang dapat dihilangkan dan 77,5 % masih terbuang keluar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan pengolahan air limbah bekas mandi dengan menggunakan filter. Pada penelitian ini akan digunakan suatu teknologi yaitu reaktor saringan pasir cepat (*rapid sand filter*). Dalam penelitian ini juga Mengetahui Perbedaan ketebalan dan jenis media filter terhadap efektifitas pengolahan dengan reaktor RSF. Yang diharapkan memberikan rekomendasi efektifitas penggunaan reaktor RSF (*Rapid Sand Filter*) berdasarkan ketebalan dan jenis media terhadap air limbah bekas mandi. Memberikan kontribusi dalam bidang unit pengolahan air limbah bekas mandi dengan filter RSF (*Rapid Sand Filter*).

Ada dua jenis proses penyaringan yang umum digunakan, yaitu penyaringan lambat dan penyaringan cepat. Berdasarkan jenis filter media granular (butiran), Media jenis granular yang paling baik mempunyai ukuran butiran yang membentuk pori-pori cukup besar agar partikel pada air limbah bisa tertahan. Butiran juga dapat membentuk pori yang cukup halus sehingga dapat menahan suspensi (Setyono, 2009).

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah langkah-langkah teknis yang akan dilakukan selama penelitian tugas akhir.

2.1 Variabel Tetap

1. Parameter yang diuji pada variabel bebas media adalah parameter Kekерuhan.
2. Parameter yang diuji pada media gabungan adalah parameter COD, BOD, Kekерuhan, dan TSS
3. Susunan filter terdiri dari pasir, zeolit, GAC, dan kerikil
4. Ukuran filter yang digunakan adalah persegi dengan P ; 40 cm L ; 40 cm T ; 80 cm
5. Debit (Q) filtrasi adalah 0,05 m³/Hari

2.2 Variable Bebas

1. Ketinggian media pasir adalah 15 cm, 18 cm, dan 21 cm.
2. Ketinggian media zeolit adalah 15 cm, 18 cm, dan 21 cm.
3. Pengambilan sampel media pasir dan zeolit pada menit ke-2, ke-5, ke-8, ke-11, ke-15, ke-20, dan ke-25
4. Pengambilan sampel media gabungan pada menit ke-5, ke-15, ke-25, dan ke-35

Perencanaan pembuatan reaktor *rapid sand filter*, Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu dilakukan *trial running* terhadap reaktor RSF dengan menggunakan air yang belum terkontaminasi agar saat running dapat bekerja secara optimal. Trial running dilakukan untuk mengontrol debit yang masuk dan keluar dari filter, dengan sistem kontinu maka debit yang masuk dan keluar haruslah sama. Di rencanakan debit (0,05 m³/Hari) pada air bekas mandi di dapatkan dari kegiatan mandi per-seorangan. Air yang telah digunakan untuk kegiatan mandi akan menghasilkan 60 L/org/hari. Pembuatan dan proses pencucian RSF di tunjukkan pada gambar 1 dan 2.

Untuk menentukan debit (m³/det) maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q \text{ m}^3/\text{hari} = \frac{\text{Volume (L/org/hari)}}{1000} \dots\dots\dots(1)$$

$$Q \text{ m}^3/\text{det} = \frac{Q \text{ m}^3/\text{hari}}{86400} \dots\dots\dots(2)$$

Untuk mencari luas area reaktor RSF digunakan rumus :

$$a = \text{Panjang} \times \text{Lebar}$$

Untuk menentukan kecepatan reaktor RSF digunakan rumus

$$Q = a \times V \dots\dots\dots(3)$$

$$V = \frac{Q}{a} \dots\dots\dots(4)$$

$$A = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots(5)$$

Untuk menentukan jumlah reaktor yang akan digunakan :

$$N = 12 \times Q \text{ m}^3/\text{det}^{0,5} \dots\dots\dots(6)$$



Gambar 1 Reaktor *Rapid Sand Filter* (RSF).



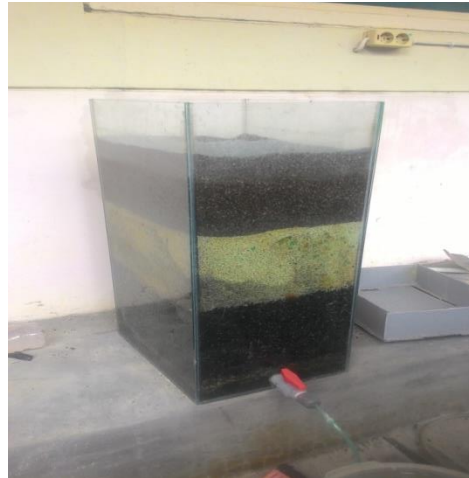
Gambar 2 Pencucian Reaktor *Rapid Sand Filter* (RSF).

Operasional penggunaan dan pembuatan RSF dilakukan dengan manual tanpa sistem otomatis. Pengaliran RSF dilakukan dengan cara gravitasi (*down flow*). Pembuatan reaktor RSF dengan menggunakan kaca dengan ketebalan 5 mm. berdasarkan ketebalannya, kaca tersebut kuat menahan tekanan yang diberikan oleh media dan air yang dialirkan ke dalam reaktor RSF. *Running* filter dilakukan setelah semua persiapan selesai, selain itu ada beberapa peralatan tambahan yang digunakan untuk menunjang optimalisasi dari pengujian filter.

Penelitian dimulai dengan mengalirkan air limbah bekas mandi sebanyak 60 L yang sebelumnya ditampung terlebih dahulu di bak penampung. Pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu mencari trend data dan mencari ketebalan yang efektif dari setiap media filter. Pada penelitian ini karbon aktif tidak uji trend datanya, dikarenakan semakin tebal karbon maka akan semakin bagus efektifitasnya, hal ini disebabkan oleh pori-pori yang ada pada karbon aktif tersebut.

Metode sapling yang digunakan dalam menguji air sampel pada reaktor RSF mengacu pada SNI. SNI yang digunakan untuk menguji konsentrasi COD, BOD, Kekeruhan dan TSS. Dalam menghitung konsentrasi BOD digunakan SNI M.69-1990-03 metode pengujian kadar kebutuhan oksigen biokiiawi, dalam menghitung konsentrasi COD digunakan SNI 06-6989.2-2004, dalam menghitung konsentrasi kekeruhan digunakan SNI 06-6989.25-2005 metode pengujian nefelometer, dalam menghitung konsentrasi TSS digunakan SNI 06-6989.3-2004 metode pengujian

gravimetrik. Pemakaian media dan Pengoprasian RSF di tunjukan pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3 RSF Dengan *Mix Medium*



Gambar 4 *Running* RSF Dengan *Mix Medium*

Analisis Statistik dengan t Test

Penelitian perbandingan merupakan penelitian yang membandingkan kedua kelompok populasi atau lebih dalam satu variabel. Dalam penelitian perbandingan pengujian asumsi juga dilakukan untuk menentukan apakah pengolahan data menggunakan statistika parametrik atau nonparametrik. Pengujian asumsi meliputi pengujian atas keacakan sampel, normalitas data dan homogenitas varians.

Untuk menjelaskan hasil dibutuhkan pengujian statisti dengan t test uji perbandingan yang menggunakan rumus sebagai berikut :

$$D = E \frac{d}{n} \dots \dots \dots (11)$$

$$s = \sqrt{\frac{(n E d^2 x (E d)^2)}{n(n-1)}} \dots \dots \dots (12)$$

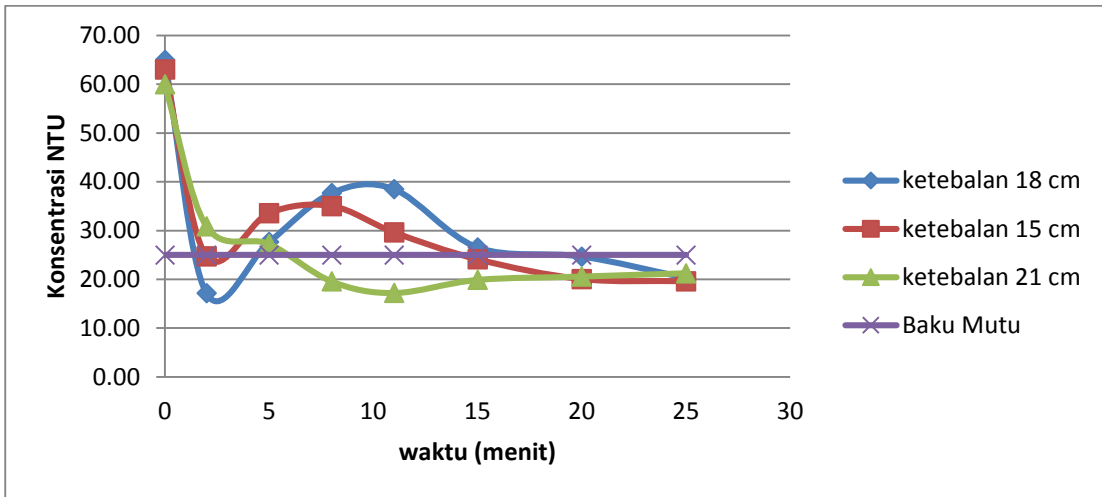
$$D = m1 - m1 \dots \dots \dots (13)$$

$$RK = \frac{(d-D)}{s/\sqrt{n}} \dots \dots \dots (14)$$

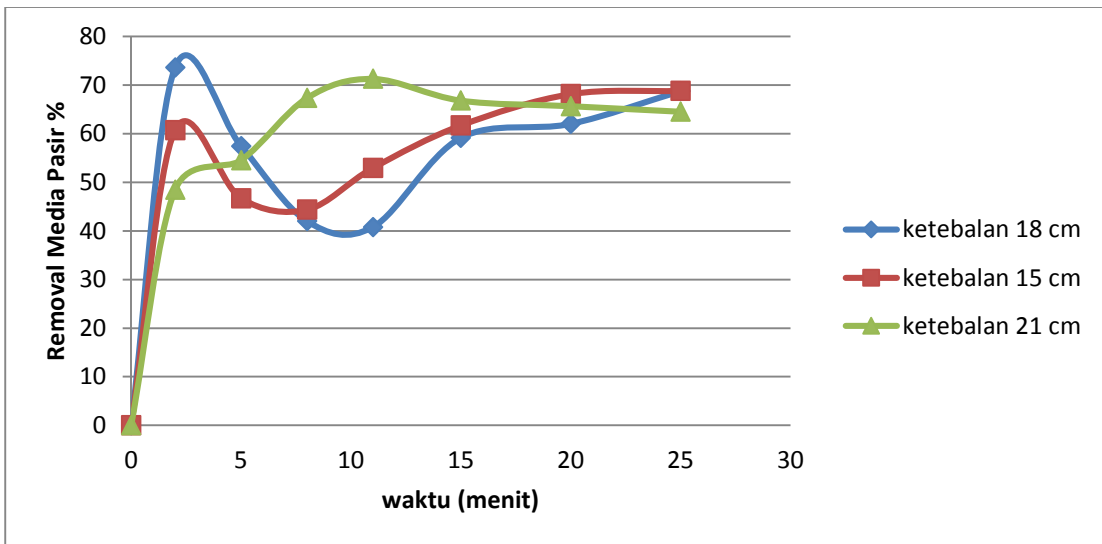
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Variasi Media

Dalam penelitian ini dilakukan pergantian media untuk memenuhi variasi media yang telah direncanakan, Variasi berupa pada ketebalan media filter yang akan digunakan dengan 2 variasi ketebalan pada tiga media pasir, dan Zeolit serta dilakukan pengujian kekeruhan untuk mendapatkan ketebalan media terbaik. Sampel didapatkan dengan pasir (A = 15 cm; B = 18 cm; C = 21 cm), zeolit (A = 15 cm; B = 18 cm; C = 21 cm).



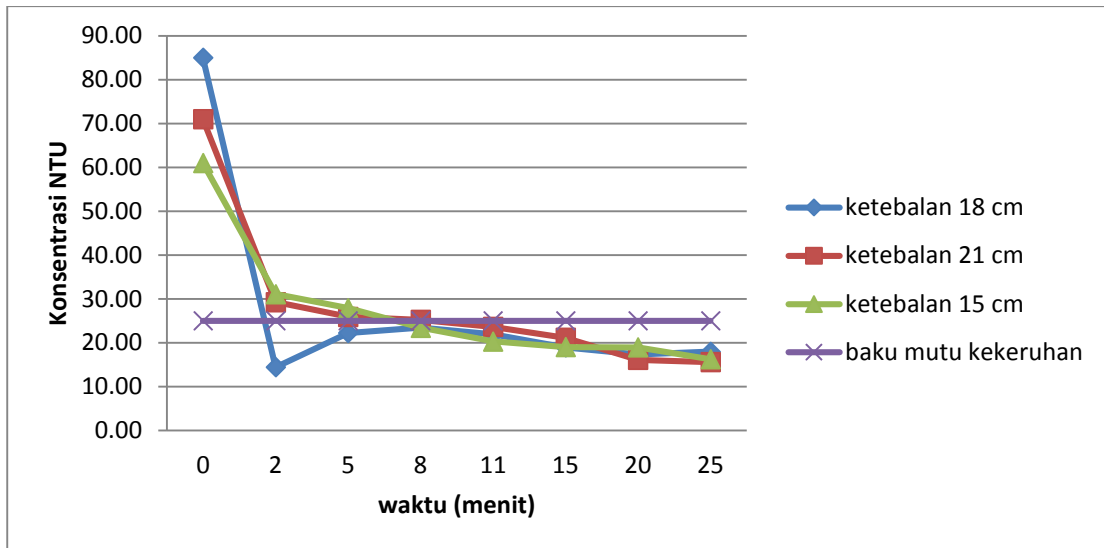
Gambar 5 Grafik Hasil Pengujian Kekeruhan Media Pasir



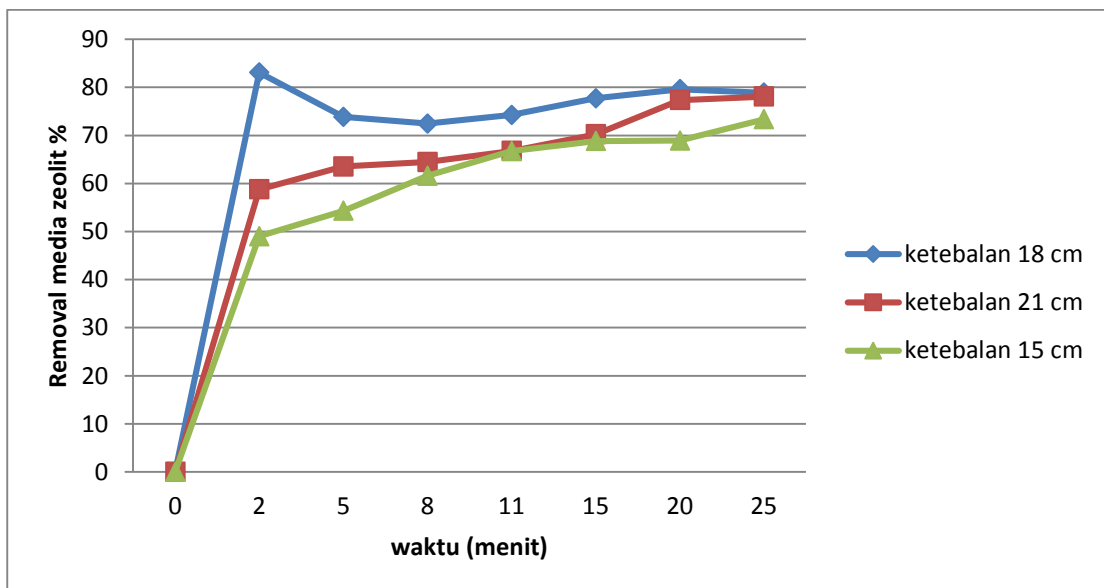
Gambar 5 Grafik Persentase Removal Kekeruhan Pada Media Pasir

Persentase removal terbesar untuk parameter kekeruhan adalah pada media pasir ketebalan 18 cm dengan nilai rata-rata kekeruhan 20.31 NTU, untuk nilai

konsentrasi terendah terjadi pada ketebalan 21 cm dengan nilai kekeruhan rata-rata 21,75 NTU. Pada media zeolit dilakukan penelitian trial running dengan 3 variasi ketebalan, titik sampling dilakukan pada bak pengumpul dan outlet dari RSF pada menit ke-2, ke-5, ke-8, ke-11, ke-20 dan menit ke-25.



Gambar 7 Grafik Hasil Pengujian Kekeruhan Media Zeolit



Gambar 8 Grafik Persentase Removal Kekeruhan Pada Media Zeolit

Media zeolit mampu mereduksi kekeruhan air bekas mandi (greywater). sehingga efluen yang dihasilkan menurun konsentrasinya. Persentase removal terbesar untuk parameter kekeruhan adalah pada media pasir ketebalan 18 cm dengan nilai rata-rata kekeruhan 17.96 NTU, untuk nilai konsentrasi terendah terjadi pada ketebalan 21 cm dengan nilai kekeruhan rata-rata 15,57 NTU.

3.2 Uji t Test

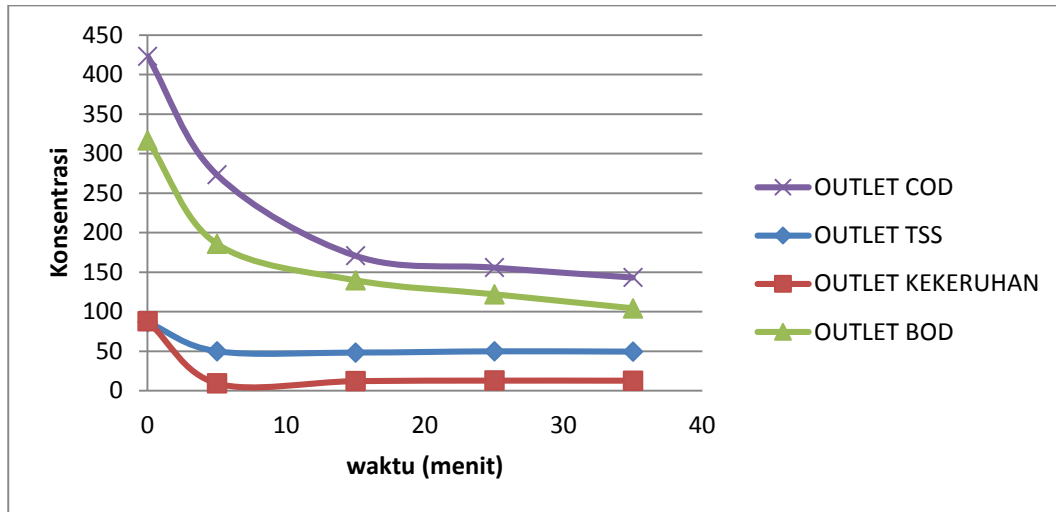
Pada analisis media zeolit juga digunakan uji t untuk mengetahui variabel-variabel yang telah di uji. Dari perhitungan di dapatkan bahwa variasi ketebalan 15 cm, 18 cm, dan 21 cm tidak memberikan hasil yang signifikan dengan nilai signifikansi α 0.05.

Tabel 1 Nilai Signifikasi t Hitung dan t Alpha 0,05 Pengujian Variabel

No	Media	Ketebalan (cm)	t hitung	t α 0,05	Kesimpulan
1	Pasir	15 dan 18	0,373887	1,895	tidak signifikan
		15 dan 21	1,461342	1,895	tidak signifikan
		18 dan 21	1,137069	1,895	tidak signifikan
2	Zeolit	15 dan 18	1,196054	1,895	tidak signifikan
		15 dan 21	0,01892	1,895	tidak signifikan
		18 dan 21	1,376532	1,895	tidak signifikan

3.3 Filter *Mix Medium* Dengan Ketebalan Media 21 cm

Dari hasil penelitian didapatkan nilai penurunan konsentrasi TSS terbaik pada menit ke-15 dengan nilai konsentrasi sebesar 48,3 mg/L yang memiliki efisiensi removal sebesar 44,34%. Pada parameter kekeruhan terbaik terjadi pada menit ke-5 dengan nilai konsentrasi sebesar 9,4 NTU yang memiliki efisiensi removal sebesar 89,33 mg/L. Pada parameter BOD terbaik terjadi pada menit ke-35 dengan nilai konsentrasi sebesar 104,2 mg/L yang memiliki efisiensi removal sebesar 67,11 %. Pada parameter COD terbaik terjadi pada menit ke-35 dengan nilai konsentrasi sebesar 143,25 mg/L yang memiliki efisiensi removal sebesar 66,15 %.



Gambar 9 Penurunan Konsentrasi TSS, Kekeruhan, COD dan BOD Pada Interval Waktu.

Dapat dilihat pada gambar 5 terjadi penurunan secara bersamaan pada setiap parameter. Hal ini dapat terjadi karena filter dengan RSF mampu mereduksi TSS dan kekeruhan yang terdapat pada air bekas mandi. Di samping itu filter mengalami beberapa peristiwa alami dengan adanya adsorpsi oleh media filter. Hal ini juga di kemukakan oleh Supradata (2005) mengatakan bahwa dengan adanya proses secara fisik ini dapat mengurangi konsentrasi COD dan BOD maupun TSS, sedangkan COD dan BOD terlarut dapat dihilangkan dengan proses gabungan kimia dan biologi melalui aktivitas mikroorganisme maupun tanaman.

Keberadaan bahan organik dalam air limbah, dapat diekspresikan dengan besarnya konsentrasi BOD dan COD dalam air limbah. Supradata (2005) juga mengemukakan bahwa kecenderungan penurunan konsentrasi COD yang sejalan dengan konsentrasi BOD mengindikasikan bahwa bahan organik yang terkandung dalam air limbah sebagian besar merupakan bahan organik *biodegradable* (dapat terdegradasi secara biologis). Hal tersebut juga sejalan dengan Effendi (2003) mengatakan bahwa komposisi padatan yang terdapat dalam limbah domestik 70% merupakan bahan organik.

Penurunan TSS yang di tandai dengan turunnya kekeruhan juga sejalan dengan penurunan COD dan BOD. Berdasarkan keadaan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa partikel-partikel solid yang terdapat dalam air limbah sebagian besar terbentuk dari senyawa organik. Melihat dari hal tersebut Handayani (2013) menyatakan bahwa kualitas bekas mandi mengandung materi organik dari kotoran yang berasal dari kegiatan mandi. Materi – materi pengotor dapat berupa sabun, rambut, dan kotoran – kotoran badan. Dalam penelitian yang dilakukan di Universitas New Mexico materi pengotor dapat berupa Bacteria, rambut, air panas, bau, minyak

dan lemak, kadar oksigen, sabun, *suspended solid* dan kekeruhan. Materi – materi pengotor tersebut lah yang meyebabkan organik pada bekas air mandi cukup tinggi.

Dalam penelitian ini juga di dapatkan nilai COD yang lebih tinggi dibandingkan dengan BOD, walaupun hubungannya sama dengan adanya penurunan tetapi sesuai dengan kaidah nya bahwa COD akan lebih tinggi dari BOD dikarenakan saat pengujian materi-materi atau senyawa yang teroksidasi akan lebih banyak di sebabkan partikel-partikel solid yang terbentuk oleh bahan organik dapat teroksidasi dalam uji COD. Hal tersebut sejalan dengan teori Fardiaz (2002) yang menyatakan *Chemical Oxygen Demand* biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dari pada uji BOD. Karena bahan–bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD.

Pada penelitian ini terlihat pada bagian atas media pasir berubah warna dari warna coklat menjadi keputihan. Hal ini sejalan dengan penelitian Lindu (2002), sebagian besar partikel akan tertahan pada bagian atas dari media filter. Hal ini sangat mungkin terjadi mengingat bahwa media pasir adalah media dengan butir terkecil. Sama halnya denga zeolit fungsi karbon juga tidak kalah penting karena karbon juga memiliki pori–pori yang dapat menyerap dengan adsorpsi. Sujarwo (2007) menyatakan Pada pengolahan limbah cair arang aktif digunakan untuk menghilangkan bahan organik dan anorganik. Dalam penelitian ini limbah bekas air mandi mengandung bahan–bahan organik yang pada dasarnya karbon aktif dapat mereduksi bahan tersebut. Hal tersebut yang membuat efektifitas pengolahan *mix medium* menjadi semakin lebih baik.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut : Dapat disimpulkan bahwa ketebalan variasi media 15 cm, 18 cm dan 21 cm memiliki perbedaan yang tidak signifikan terhdap parameter kekeruhan. Kemampuan pengolahan kualitas air pada RSF mix media dengan ketebalan 21 cm terbaik rata-rata terjadi pada menit ke-5 sampai ke-15 dengan keadaan persebaran konsentrasi pada parameter kekeruhan dan TSS merata didapatkan nilai konsentasi TSS pada menit ke-5, 49,98 mg/L dan menit ke-15, 48,32 mg/L, nilai kekeruhan menit ke-5, 9,39 NTU menit ke-15, 12,25 NTU. Untuk COD dan BOD terbaik pada menit ke-25 sampai ke-35, konsentrasi COD dan BOD terus menurun sehingga di dapatkan nilai COD pada menit ke-25, 155,75 mg/L dan pada menit ke-35, 143,25 mg/L. nilai BOD menit ke-25, 121,90 mg/L dan pada menit ke-35, 104,18 mg/L. Perbedaan antara media gabungan dengan media pasir dan zeolit terjadi perbedaan yang signifikan. Dengan nilai signifikasi media gabungan dan pasir 3,43. Nilai signifikasi media gabungan dan media zeolit 3,69.

V. SARAN

Perlu adanya pengujian lebih lanjut dengan parameter yang lain, misalnya parameter Phospat, Nitrogen, Warna, Bau, dan rasa, Menambahkan variasi ketebalan media filter, Menambahkan *pretreatment*, atau memodifikasi filter dengan unit lain untuk menurunkan konsentrasi COD dan BOD.

REFERENSI

1. Damanhuri,. 2001. **Statistika Lingkungan**. DIKTAT Jurusan Teknik Lingkungan ITB, Bandung.
2. Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Yogyakarta : Kanisius.
3. Fardiaz, Srikandi. 1992. **Polusi Air & Udara**. Bogor: Kanisius.
4. Handayani, S, D., 2013, Kajian pustaka potensi pemanfaatan greywater sebagai air siram wc dan air siram tanaman di rumah tangga. *Jurnal Presipitasi Vol.10 No.1* Hal 41-50
5. Keputusan Menti Lingkungan Hidup. No 112. Tahun 2003. Baku Mutu Air Limbah Domestik.
6. Lindu, M,. 2000. **Penyisihan Organik Dan Kekeruhan Air Sumur Dalam USAKTI Menggunakan Saringan Langsung Media Ganda**. *Seminar teknologi pengelolaan limbah*, 15-16 Peb, Jakarta.
7. Said, idaman, N,. 2005. Teknologi biofilter anaerob-aerob tercelup untuk pengolahan air limbah domestik. *Jurnal JAI Vol.1 No.3* Hal 239-250
8. Supradata, 2005. **Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius*, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands)**. Tesis. Program Magister ILMU LINGKUNGAN Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro : Semarang
9. Sujarwo, W. 2007. **Pengaruh lama dan suhu aktivasi terhadap kualitas dan struktur kimia arang aktif dari ampas tebu untuk peningkatan kualitas air konsumsi di kecamatan geyer grobongan**. Tesis . Sekolah Pascasarjana UGM : Yogyakarta.
10. Setiyono,. 2009. Desain perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dan *reuse* air dilingkungan perhotelan. *Jurnal JAI Vol 5* Hal 162-172.
11. SNI 06-6989.2-2004. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri. Badan Standarisasi Nasional.
12. SNI 06-6989.27-2005. Cara Uji kadar Padatan Terlarut Total secara Gravimetri. Badan Standarisasi Nasional.
13. SNI 3981:2008 Tentang perencanaan instalasi saringan pasir lambat. Badan Standarisasi Nasional.
14. SNI 6774-2008. Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air. Badan Standarisasi Nasional.
15. Utaberta, N,. danAisyah N, H,. 2014. Filter wells as an alternative sustainable innovation of greywater treatment system for water management in *Journal of Islamic Architecture Vol 3 1 june* : Malaysia

