

# PENGEMBANGAN REAKTOR BIOFILTER TERPADUKAN DENGAN TEKNOLOGI FILTRASI UNTUK MENGOLAH AIR LIMBAH DOMESTIK MENJADI AIR BERSIH

Sugito

Program Studi Teknik Lingkungan Univ. PGRI Adi Buana Surabaya  
Jl. Dukuh Menanggal XII/4 Surabaya Tlp. 031(8281181)  
e-mail : [sugitostmt@yahoo.com](mailto:sugitostmt@yahoo.com)

## ABSTRAK

Peningkatan jumlah penduduk berdampak pada meningkatnya kebutuhan air bersih. Keberadaan air bersih semakin sulit diperoleh akibat penggundulan hutan, eksploitasi air tanah, dan pencemaran air. Pencemaran air limbah domestik menurunkan kualitas air permukaan yang digunakan sebagai air baku. Oleh karena itu pengolahan air limbah domestik sudah seharusnya dilakukan secara serius karena selain demi kesehatan manusia, efluen yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji aplikasi Reaktor Biofilter terpadukan Teknologi Filtrasi berbasis media filtrasi untuk memenuhi kebutuhan air bersih dari bahan baku air limbah domestik. Sampel terolah adalah limbah cair domestik dari puskesmas. Reaktor Biofilter menggunakan kombinasi anaerobik dan aerobik aliran upflow-downflow dengan media koral berukuran 2-3 cm. Reaktor filtrasi menggunakan bahan paralon PVC ukuran 6 inch berisi media pasir silika, manganese greensand, karbon aktif, dipadukan dengan media resin. Proses aliran secara kontinyu dengan tipe aliran upflow-downflow. Parameter terukur adalah parameter air bersih sesuai standart baku mutu Permenkes. Kinerja reaktor diukur dengan membandingkan kualitas air sebelum dan sesudah diolah.

Kinerja Reaktor Biofilter menghasilkan air olahan yang sangat baik. Secara visibel menghasilkan air olahan yang sangat jernih. Hasil analisis laboratorium terhadap efluen diperoleh konsentrasi BOD 5 mg/l; COD 8 mg/l; dan TSS 7 mg/l. Efisiensi removal BOD sebesar 98%; COD 98%, dan TSS 93%. Produk air olahan sangat memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh peraturan untuk limbah cair domestik. Perpaduan teknologi Biofilter dan Filtrasi berbasis multimedia filter pasir silika, manganese greensand, karbon aktif, dan resin dapat mengolah air limbah domestik menjadi air bersih yang memenuhi syarat baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Permenkes RI No : 416/MENKES/PER/IX/1990. Teknologi ini terbukti mampu menghasilkan air olahan yang sangat baik sehingga dapat dimanfaatkan kembali dan sangat memungkinkan digunakan sebagai air baku air minum.

*Kata kunci : Air limbah domestik, Biofilter, Filtrasi, Air bersih*

## PENDAHULUAN

Perkembangan permasalahan sani-tasi masih berada pada kondisi krusial karena sekitar 40% penduduk dunia belum memperoleh penanganan sanitasi yang layak sehingga mereka hidup dalam

kualitas lingkungan yang buruk, (Hermana,2008). Laporan UNDP menyebutkan bahwa lebih dari 1,8 juta anak-anak setiap tahun meninggal akibat diare, menyebabkan rendahnya kualitas kesehatan, hilangnya kesempatan sekolah,

rendahnya kualitas hidup masyarakat miskin sehingga mereka terus menerus terbelenggu dalam keterbelakangan dan kemiskinan. Salah satu penyebab utamanya adalah kualitas air yang tidak memenuhi syarat baik kualitas, kuantitas, maupun kontinuitasnya.

Limbah cair domestik merupakan penyumbang terbesar pada kualitas air permukaan yang digunakan sebagai bahan baku air bersih. Limbah cair domestik mengandung bahan organik yang berbahaya seperti softener, detergent, fenol, klorin, serta bahan anorganik berupa logam-logam. Oleh karena itu harus dilakukan pengolahan agar memenuhi baku mutu lingkungan (BML) dan air produknya dapat dimanfaatkan kembali. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan air bersih dapat dilakukan dengan memanfaatkan kembali air limbah domestik, (Erikson,2006).

Pemanfaatan efluen pengolahan air limbah domestik dapat digunakan untuk menyiram tanaman, mencuci kendaraan, dan sebagai air gelontor. Berbagai manfaat dari efluen pengolahan air limbah domestik dapat menghemat penggunaan air bersih dari PDAM, sehingga dapat mengurangi pengeluaran finansial dari rumah tangga dan institusi.

Pengolahan air limbah domestik dapat dilakukan secara biologis dengan teknologi Biofilter. Reaktor Biofilter adalah suatu istilah dari reaktor pengolahan air limbah secara biologis dengan menumbuhkan mikroba pada suatu media membentuk lapisan biofilm. Mikroorganisme dalam biofilm ini mampu mendegradasi bahan organik (BOD) yang terlarut dalam air limbah. Biofilter memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengolah air limbah domestik, (Metcalf & Eddy,2004).

Percobaan Biofilter aerobik untuk mengolah air limbah domestik dengan menggunakan media pecahan batu kali diperoleh efisiensi penyisihan BOD sebesar 95% pada beban hidrolis 0,70 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari dan beban organik 0,093 kg/m<sup>3</sup>.hari, (Sugito,2008). Aplikasi kombinasi Biofilter aerobik dan anaerobik untuk mengolah air limbah Puskesmas diperoleh penurunan yang sangat signifikan, yaitu konsentrasi BOD sebesar 8 mg/l pada efluen (Ifadah & Sugito, 2012). Berdasarkan hal ini maka sangat memungkinkan dilakukan pengolahan efluen air limbah Biofilter untuk memperoleh kembali air bersih.

Untuk mengatasi kesulitan air bersih, maka perlu dilakukan penelitian pengolahan efluen produk pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan pengolahan lanjutan seperti aplikasi teknologi filtrasi berbasis media filtrasi. Solusi yang dimaksud tertuang sebagai rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu : "Apakah produk air perlakuan Biofilter terpadukan filtrasi berbasis multimedia filter dapat memenuhi standar kualitas air bersih?".

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengkaji aplikasi Reaktor Biofilter terpadukan Teknologi Filtrasi berbasis resin untuk memenuhi kebutuhan air bersih dari bahan baku air limbah domestik. Untuk memperoleh kualitas air bersih sesuai BML, maka dilakukan perpaduan treatment secara seri menggunakan reaktor reaktor Biofilter aliran up flow down flow dan filtrasi berbasis media. Penggunaan reaktor biofilter dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan BOD, COD dan TSS air limbah domestik secara optimal sehingga memenuhi sebagai air baku air bersih. Treatment filtrasi berbasis resin dilakukan dengan tujuan untuk adsorpsi kation dan anion yang harus direduksi berlangsung

secara lengkap menurut kapasitas masing masing resin. Perpaduan treatment biofilter dan filtrasi berbasis resin diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan air limbah domestik sekaligus menghasilkan air bersih untuk menghemat energi dan biaya operasional institusi.

Kinerja reaktor yang diharapkan dari penelitian ini adalah : mereduksi bahan pencemar dalam air limbah domestik dan meremoval padatan terlarut serta kation dan anion yang terdapat dalam air alami maupun air limbah domestik. Penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat yang bermasalah dengan penyediaan air bersih dan pelaku industri terutama industri pengemisi limbah cair dan air limbah domestik dan yang mengandung ion ion logam.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Prosedur dalam penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu pengembangan Reaktor Biofilter dan Aplikasi reaktor Filtrasi berbasis multimedia filter. Tahap-tahap pengembangan Reaktor Biofilter terdiri dari: perencanaan desain, pembuatan reaktor, dan operasional reaktor Biofilter untuk mereduksi pencemar terlarut dalam air limbah domestik.

Reaktor Biofilter yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem biofilter kombinasi antara biofilter anaerob dan biofilter aerob,(Sugito, Ifadah 2012 & Komariyah 2011, Said 2006). Lokasi penelitian adalah di UPTD Puskesmas Janti yang terletak di Jl.Janti Barat No. 88 Kecamatan Sukun, Kota Malang.

Tahap pertama metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah survei lapangan untuk mengetahui keadaan di lapangan mengenai kondisi jaringan air limbah, pengolahan limbah sebelumnya dan ketersediaan lahan yang ada. Metode

dokumentasi digunakan untuk memperoleh data skunder tentang profil UPTD Puskesmas Janti Kota Malang yang meliputi jumlah karyawan, jumlah pasien kunjungan rawat jalan per hari, dan rencana pembangunan puskesmas 5 tahun kedepan. Analisis Laboratorium awal untuk mengetahui karakteristik atau kualitas air limbah awal yang akan digunakan sebagai dasar dalam perencanaan dan pembangunan reaktor Biofilter.

Tahap-tahap pengembangan Reaktor Filtrasi meliputi: perencanaan desain reaktor filtrasi, pemilihan alat dan bahan filter, dan operasional filtrasi secara kontinyu. Tahap awal untuk pengembangan reaktor filtrasi adalah kajian berdasarkan kualitas hasil analisis air limbah terolah untuk parameter air bersih. Reaktor yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan bahan paralon PVC dengan pertimbangan mudah diperoleh dan memiliki koefisien pengaliran yang sangat baik. Bahan-bahan media filter yang digunakan adalah bahan yang mampu melakukan filtrasi secara baik untuk parameter air bersih, yaitu : pasir silika, Manganness Greensand, Karbon aktif, dan resin

Reaktor Filtrasi terdiri dari tiga tabung reaktor. Bahan reaktor menggunakan PVC paralon berdiameter 6 inch. Reaktor pertama sebagai treatment awal berisi media pasir silika, manganese greensand, dan karbon aktif. Media ini berturut-turut berfungsi untuk mereduksi TSS, logam-logam terlarut, dan menyerap bau. Reaktor kedua dan ketiga berisi resin anion dan kation yang berfungsi untuk mereduksi logam-logam yang tidak diperlukan dalam air bersih. Analissi parameter air bersih mengacu pada Permenkes tentang baku mutu air bersih.

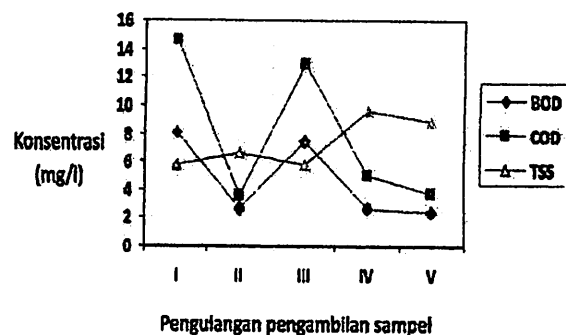
Analisis laboratorium untuk uji parameter dilakukan di laboratorium teknik lingkungan dengan menggunakan metode penelitian air, (Alaert 1997; APHA AWWA 1998). Kinerja reaktor diukur dengan membandingkan antara parameter influen dan efluen.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

IPAL Biofilter kombinasi anaerob-aerob terbukti dapat menurunkan zat organik BOD sebesar 98 %, COD 98 %, dan TSS 93 %. IPAL Biofilter kombinasi anaerob-aerob adalah reaktor yang dikembangkan dengan prinsip biakan melekat (*attached growth*), menumbuhkan mikroba pada suatu media filter dan membentuk lapisan biofilm secara optimal. Biofilm inilah merupakan salah satu pengolah limbah cair secara biologis yang proses kerjanya memanfaatkan kehidupan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik dalam air limbah, (Metcalf & Eddy, 2004).

Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah seperti BOD, COD, Amoniak, Phospor dan lainnya akan terdifusi kedalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen terlarut dalam air limbah senyawa polutan tersebut akan diubah menjadi biomassa. Suplai udara pada sistem biofilter tercelup ini menggunakan blower udara. Apabila lapisan mikrobiologis cukup tebal maka pada bagian luar akan berada dalam kondisi aerobik sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Oleh karena didalam sistem biofilm terjadi kondisi anaerobik dan aerobik maka proses penghilangan senyawa nitrogen menjadi mudah.

Pada IPAL Biofilter kombinasi anaerob-aerob digunakan media biofilter berupa material anorganik yaitu batu koral dengan ukuran 2-3 cm. Hal ini disebabkan karena batu koral mempunyai permukaan media filter yang sangat luas sehingga sangat cocok/baik digunakan untuk pertumbuhan biomassa tersuspensi. Pada proses biofilm perkembang biakannya sangat tergantung pada luas permukaan media penyangga filter karena media filter menyediakan tempat bagi mikroorganisme untuk tumbuh dan melekat. Semakin besar luas permukaan media maka semakin banyak pula mikroorganisme yang dapat menempel. Semakin banyak mikroorganisme yang tumbuh dalam media biofilter maka zat organik/polutan dalam air limbah akan semakin berkurang, sehingga air limbah setelah diolah sesuai dengan baku mutu yang dipersyaratkan dan tidak mencemari lingkungan. Proses sejenis terjadi pada Roughing Filter sebagai perlakuan setelah sedimentasi pada proses pengolahan air bersih dengan air baku air sungai, (Hadi, 2005). Gambar 1 menunjukkan grafik konsentrasi efluen untuk parameter penelitian yang diambil secara periodik.

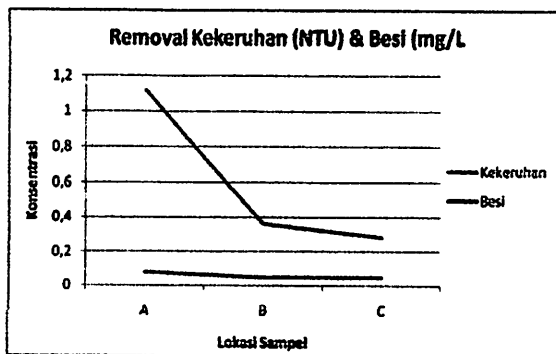


Gambar 1. Grafik Konsentrasi Parameter BOD, COD, dan TSS

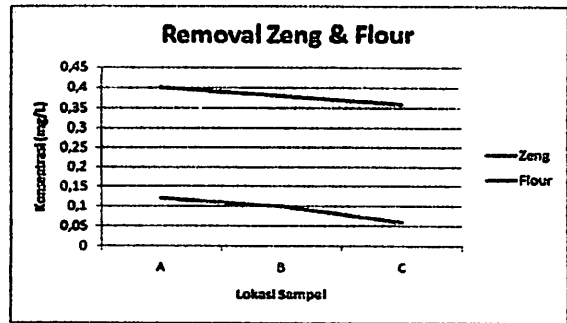
Berdasarkan gambar 1, terlihat bahwa konsentrasi BOD, COD, dan TSS sangat memenuhi baku mutu kualitas air limbah terolah. Konsentrasi parameter pada efluen

mengalami fluktuasi. Secara umum hasil pengolahan berada pada kondisi kualitas yang sangat aman bila dibandingkan dengan baku mutu lingkungan untuk air limbah domestik yang ditetapkan oleh gubernur. Konsentrasi parameter pada efluen mengalami fluktuasi. Terjadinya fluktuasi dapat terjadi diakibatkan oleh kondisi limbah awal yang masuk, pertumbuhan mikroorganisme, dan kondisi lingkungan seperti pH dan kandungan oksigen terlarut. Semakin tebal pertumbuhan mikroorganisme, maka penetrasi oksigen tidak dapat masuk sehingga terjadi kondisi anaerob pada bagian dalam yang akhirnya menyebabkan kematian mikroorganisme. Kondisi efluen yang sangat baik sangat memungkinkan untuk diolah lebih lanjut sebagai bahan baku air bersih.

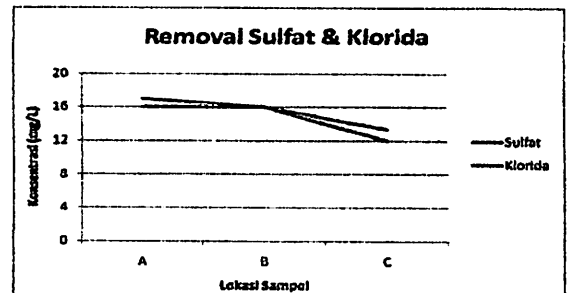
Kinerja media filtrasi diukur dengan membandingkan kualitas antara influen dan efluen. Berdasarkan titik sampling yang dilakukan maka dilakukan kajian antara influen yakni air olahan biofilter terhadap efluen terolah setelah treatment dengan multimedia gabungan antara pasir silika, manganese greensand, dan karbon aktif dan setelah melewati media resin. Removal parameter fisik dan kimia air bersih hasil olahan seperti pada gambar 2, gambar 3, dan gambar 4.



Gambar 2. Removal Kekeruhan dan Logam Besi



Gambar 3. Removal Zeng dan Flour



Gambar 4. Removal Sulfat dan Klorida

### Parameter Fisik

Secara fisik air olahan teknologi filtrasi menghasilkan air yang sangat jernih sehingga sangat layak digunakan sebagai air bersih. Produk air hasil filtrasi tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Bau limbah awal yang terjadi direduksi oleh media filter yaitu penggunaan karbon aktif. Media ini melakukan absorpsi secara efektif. Parameter kekeruhan air hasil olahan adalah sebesar 0,28 NTU (gambar 2), sangat kecil dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan sebesar 25 NTU. Kinerja media filtrasi terhadap kekeruhan dapat meremoval sebesar 75%. Parameter Zat padat juga menunjukkan angka yang memenuhi syarat sebagai air bersih.

### Parameter Kimia

Secara umum semua parameter kimia menunjukkan bahwa air olahan sangat layak digunakan sebagai air bersih. Media filter berfungsi secara efektif meremoval kandungan kimiawi dalam air. Kinerja resin

sangat efektif dalam dapat menurunkan ion Kalsium dalam bentuk kesadahan sebesar 90%. Parameter logam Fe sangat memenuhi syarat sebagai air bersih, hanya sebesar 5% dari baku mutu yang ditetapkan (gambar 2), sedangkan logam Zn sebesar 0,4% (gambar 3). Sulfat dan klorida berada pada konsentrasi yang sangat aman (gambar4).

### Parameter Biologis

Air olahan Biofilter masih mengandung koliform dalam penelitian ini. Konsentrasi total koliform pada air olahan Biofilter adalah sebesar 70 MPN/100 mL. Walaupun angka ini memenuhi syarat sebagai air bersih, namun perlu dilakukan reduksi sehingga bebas dari koliform sebagai syarat utama dalam kualitas air minum. Untuk itu perlu dilakukan treatment lanjutan dalam proses filtrasi untuk menghilangkan koliform, yaitu dengan proses desinfeksi.

### KESIMPULAN

Perpaduan teknologi Biofilter dan Filtrasi berbasis multimedia filter dapat mengolah air limbah domestik menjadi air bersih yang memenuhi syarat baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Permenkes RI No : 416/MENKES/PER/IX/1990. Teknologi ini terbukti mampu menghasilkan air olahan yang sangat baik sehingga dapat dimanfaatkan kembali dan sangat memungkinkan digunakan sebagai air baku air minum . Perlu dilakukan penelitian lanjutan agar air terolah dimanfaatkan sebagai air proses sehingga dapat menekan biaya penggunaan air sehingga kontinuitas penggunaan air bersih dan air minum tetap terjaga untuk menghindari pencemaran lingkungan yang semakin serius.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada rektor dan kepala LPPM Universitas PGRI Adi Buana Surabaya yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian, melalui Program Hibah Adi Buana berdasarkan Surat Kontrak Kepala LPPM, Kontrak SP2 LPPM No. 088.19/LPPM/TV/2012.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Sumestri, S, (1987), *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- APHA, AWWA, (1998), *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*, 20<sup>th</sup> Edition, Washington.
- Benefield. L.D. Randall, C.W, (1980), *Biological Process Design for Wastewater Treatment*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs.
- Eriksson, E. et.al, (2006), *Phytotoxicity of Grey Wastewater Evaluated by toxicity test*, *Urban Water Journal*, Vol.3, No.3, hal. 13 – 20.
- Hadi, Wahyono.2005. *Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. FTSP ITS Surabaya.
- Hermana, 2008, *Keberlanjutan Sistem Pengelolaan Sanitasi Perkotaan dalam Perspektif Rekayasa Ilmu Perencanaan Bangunan Pengolahan di Indonesia*, FTSP ITS Surabaya
- Ifadah, Siti M, & Sugito ( 2011), *Pengelolaan Air Limbah Domestik Puskesmas Janti Kabupaten Malang dengan Biofilter*

- Komariyah, S. Dan Sugito. 2011. Perencanaan Biofilter di UPTD Kesehatan Puskesmas Gondang Wetan Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Teknik WAKTU*, ISSN: 1412-1867 volume 11 Nomor 01-Januari 2012
- Metcalf & Eddy, (2004), *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, Fourth Edition, McGraw-Hill Inc, New York.
- Said, Nusa Idaman (2006), *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Sistem Biakan Melekat (Rumah Sakit, Domestik, Industri)*. Pusat Teknologi Lingkungan, Jakarta.
- Sall, O. & Takahashi, Y, (2006), *Physical, Chemical, & Biological Characteristics Of Stored Grey Water from Unsewered Suburban Dakar In Senegal*, *Urban Water Journal*, Vol.3, No. 3, hal. 153-164.
- Slamet, A. dan Masduqi, A, (2000), *Satuan Proses*, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS, Surabaya.
- Sugito, dan Masrul, 2007. *Perencanaan IPAL Biofilter Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe*. *Jurnal Teknik WAKTU*, ISSN : 1412-1867 volume 05 Nomor 02-Juli 2007
- Sugito, (2008), Pengaruh Beban Hidrolik dan Beban Organik pada Kinerja Biofilter Aerobik untuk Pengolahan Grey Water Kota Surabaya, *Proceeding Of the 7th National Conference, Design and Application of Technology*, UWM ISSN 1412-727 X , hal 91-98