

PENINGKATAN KUALITAS AIR BAKU DENGAN PROSES BIOFILTER TERCELUP MENGGUNAKAN MEDIA STRUKTUR SARANG TAWON

Improvement Of Raw Water Quality By Submerged Biofiltration Process Using Honeycomb Tube Structure Media

Oleh :

Nusa Idaman Said^{*)} dan Arie Herlambang^{**)}

*) Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

**) Balai Teknologi Lingkungan, BPPT.

Abstrak

Pencemaran air sungai telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan, terutama di sungai yang melewati kota-kota besar, daerah pertanian serta daerah industri. Di antara senyawa polutan yang sering tampil dominan dan sangat mengganggu adalah zat organik. Adanya bahan organik tinggi dalam air sungai sering dinyatakan dalam angka permanganat yang telah melebihi standar baku mutu. Air sungai yang mengandung bahan organik tinggi biasanya berbau dan warnanya hitam, selain itu juga dapat menyebabkan gangguan dalam proses pengolahan air, yang menyebabkan meningkatnya penggunaan bahan kimia koagulan, klorin, karbon aktif, dan munculnya zat-zat yang tidak diinginkan, dan kualitas hasil pengolahan tidak memuaskan. Banyak cara untuk mengurangi bahan organik dalam air sungai, salah satunya adalah dengan menggunakan proses biofilter menggunakan media struktur sarang tawon. Target pengurangan zat organik adalah bahwa air sungai dapat digunakan sebagai air baku air minum dengan memenuhi standar kualitas air Golongan B sesuai dengan Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 582, 1995. Air baku yang digunakan untuk penelitian ini diambil dari Kali Krukut yang merupakan air baku untuk Perusahaan Air Minum PALLYJA, Instalasi Produksi III Cilandak, Jakarta Selatan dan air sungai Cengkareng Drain, yang saat ini digunakan sebagai sumber air baku untuk PAM Taman Kota, Jakarta Barat. Percobaan menggunakan reaktor biofilter sistem aerobik, kapasitas 50-200 m³, kapasitas blower 300 l/min, waktu tinggal 6 jam hingga 1 jam. Hasil pengujian dengan waktu tinggal 1 jam, parameter pH, TSS, kekeruhan, zat organik, deterjen, mangan, amonia, nitrit, nitrat, dapat memenuhi standar, kecuali untuk besi yang masih melebihi standar. Untuk meningkatkan efisiensi penghilangan zat organik dan besi, pada awal proses sebelum masuk ke unit pengolahan air minum, perlu ditambahkan karbon aktif bubuk dan zat pengoksidasi dengan dosis yang cukup.

Kata kunci: Senyawa organik, biofilter, aerobik, media plastik sarang tawon.

Abstract

Contamination of rivers has reached an alarming level, especially in the rivers passing through major cities, agricultural areas and industrial areas. Among the contaminants that often appear dominant and very disturbing is the organic substance. The existence of high organic matter within the river water is often expressed in permanganate number that has passed the quality standard. River that contain high organic matter usually the water smell and the color is black, besides it can also cause disturbances in the water treatment process, which is an increasing use of coagulants, chlorine, activated carbon, and the emergence of substances that are not desired, and the quality of treatment results are unsatisfactory. Many ways to reduce the organic matter in river water, one of them is by using the biofilter honeycomb structure. The target of the reduction of organic substances is that the river water could be used as a raw drinking water quality standards or meet the category B, Regulation of Jakarta Governor Number 582, 1995. Raw water used for this study were taken from Krukut River which is the raw water for Regional Water Company PALLYJA, Production Installation III Cilandak, South Jakarta and Cengkareng Drain river water, which is currently used as a source of raw water for PAM Taman Kota, West Jakarta using a biofilter reactor aerobic system, the capacity of 50 - 200 m³, Capacity of Blowers 300 l/min, Residence Time 6 hours up to 1 hour. Test results on the residence time of 1 hour, parameters pH, TSS, turbidity, organic substances, detergents, manganese, ammonia, nitrite, nitrate, can meet the standard, except for iron which still exceeds the standard. To improve the removal efficiency of organic matter and iron, at the beginning of processing before entering into the drinking water

treatment unit need to be added powder active carbon and an oxidizing agent with a sufficient dose.

Keywords: *Organic substances, biofilter, aerobic, honeycomb plastic media.*

1. PENDAHULUAN

Penyediaan air bersih untuk masyarakat mempunyai peranan yang sangat penting dalam meningkatkan kesehatan lingkungan atau masyarakat, yakni dalam menurunkan angka penderita penyakit, khususnya yang berhubungan dengan air, dan dalam meningkatkan standar atau taraf/kualitas hidup masyarakat. Sampai saat ini, penyediaan air bersih untuk masyarakat di Indonesia masih dihadapkan pada beberapa permasalahan yang cukup kompleks dan belum dapat diatasi sepenuhnya. Salah satu masalah yang masih dihadapi yakni masih rendahnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Pekerjaan Umum pada tahun 2012 di Indonesia baru 58,05 % masyarakat mendapatkan air minum layak dan hanya 57,35 % rumah tangga memiliki akses sanitasi layak.

Beberapa permasalahan adalah masalah kualitas air baku dan kuantitas yang sangat fluktuatif pada musim hujan dan musim kemarau, serta masalah teknologi yang digunakan untuk proses pengolahan kurang sesuai dengan kondisi air baku yang kualitasnya cenderung makin menurun.

Dengan semakin buruknya kualitas air baku air minum yang ada mengakibatkan biaya produksi air minum menjadi bertambah besar, sehingga harga jual air juga menjadi lebih mahal. Dilain pihak daya beli masyarakat masih rendah, sehingga masalah tersebut masih tetap menjadi masalah yang dilematis. Selain itu, teknologi pengolahan air minum yang digunakan oleh Perusahaan Air Minum (PAM) Di Indonesia umumnya masih menggunakan sistem konvensional yakni dengan sistem koagulasi-flokulasi (pengendapan kimia), saringan pasir cepat (*rapid sand filter*) dan proses disinfeksi yang menggunakan senyawa khlorin (gas Klor). Dengan tingginya kandungan amonia dan bakteri coli, maka kebutuhan senyawa khlorin untuk proses disinfeksi bertambah besar, dan akibatnya kemungkinan terbentuknya senyawa *trihalomethanes* (THMs) dan senyawa halogen organik lainnya juga bertambah besar. Demikian juga dengan adanya kandungan phenol yang cukup besar, pembubuhan khlorin akan membentuk senyawa halogen organik Khlorophenol yang sangat berbahaya. Masalah THMs ini perlu diperhatikan secara serius karena THMs adalah senyawa yang potensial dapat menyebabkan kanker (*carcinogen*).

Adanya senyawa THMs dalam air minum diungkapkan pertama kali oleh J. Rook pada sekitar tahun 1972. Hasil penelitian Rook terhadap kualitas air

minum di Rotterdam menyatakan bahwa senyawa haloform dalam air minum dengan konsentrasi yang cukup tinggi ditemukan segera setelah proses khlorinasi. Pada tahun 1975 Rook menyatakan bahwa senyawa THMs terbentuk akibat reaksi antara khlorine dengan senyawa natural seperti "humic substance" yang ada dalam air baku.

Pada tahun 1976, National Cancer Institute mengumumkan bahwa senyawa khloroform yang merupakan senyawa THMs yang paling umum, dengan dosis yang cukup tinggi dapat menyebabkan kanker terhadap tikus. Sekarang ini, hampir tidak ada keraguan lagi bahwa senyawa THMs khususnya khloroform adalah senyawa yang sangat potensial dapat menyebabkan kanker.

Salah satu hasil penelitian tentang terbentuknya senyawa halogen organik termasuk THMs dilaporkan oleh Lykins, Mose dan DeMacro (1990). Lykins dan kawan melakukan penelitian dengan menggunakan pilot plant di Jefferson Parish, Louisiana, dengan menggunakan air baku di hilir sungai Mississippi, dengan empat macam bahan disinfektan yakni khlorin, khlorin dioksida, ozon dan khloramin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi total rata-rata halogen organik (TOX) dalam air olahan yakni sekitar 25 mg/l, 15 mg/l, 85 mg/l, 117 mg/l dan 263 mg/l, masing-masing untuk proses tanpa disinfeksi, disinfeksi dengan ozon, khlorin dioksida, khloramin dan khlorin.

Di negara maju misalnya Amerika, Canada, Eropa dan Jepang, konsentrasi total THMs dalam air minum maksimum yang dibolehkan yakni 0.1 mg/l. Di Jepang misalnya, jika konsentrasi COD (*permanganate number*) dari air permukaan yang dipakai sebagai air baku lebih besar 12 mg/l atau warna lebih besar skala 20 atau lebih dibanding dengan air tanah, maka perusahaan air minum harus mulai melakukan pemantauan terhadap THMs dalam air minum.

Hasil pemantauan BPLHD DKI Jakarta pada bulan September 2012 diketahui bahwa rata-rata tingkat pencemaran di Jakarta Pusat yaitu cemara baik sebesar 41,2 %, tingkat cemara ringan sebesar 47,1 % 8, tingkat cemara sedang sebesar 5,9 %1 dan tingkat cemara berat sebesar 5,9 % (BPLHD Jakarta, 2012).

Dengan tingginya kandungan amonia dan bakteri coli, maka kebutuhan senyawa khlorine untuk proses disinfeksi bertambah besar, dan akibatnya kemungkinan terbentuknya senyawa THMs dan senyawa halogen organik lainnya juga bertambah besar. Dengan adanya pembubuhan khlorin, phenol akan dengan mudah bereaksi dengan senyawa khlor

membentuk senyawa halogen organik Klorophenol yang sangat berbahaya.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 20 Tahun 1990 tentang pengendalian pencemaran air, kriteria kualitas air golongan A yakni air yang dapat langsung diminum, konsentrasi maksimum senyawa klorophenol yang dibolehkan yaitu 0,02 mg/l (total trikloro phenol dan pentakloro phenol). Sedangkan untuk senyawa total THMs tidak disebutkan secara nyata, tetapi kadar maksimum yang dibolehkan untuk senyawa khloroform, yang merupakan bagian terbesar dari THMs yakni 0,03 mg/l. Meskipun Peraturan Pemerintah Nomor: 20 Tahun 1990 telah menyebutkan dengan konsentrasi maksimum senyawa halogen organik maupun THMs dalam air minum.

Salah satu cara untuk menghindari atau mengurangi terbentuknya THMs dalam air minum yakni menghilangkan senyawa-senyawa yang secara langsung atau tidak langsung dapat menimbulkan terbentuknya THMs, misalnya senyawa organik (BOD, COD), ammonia, besi, mangan dll, dengan melakukan pengolahan awal (*pretreatment*) secara proses biologis (*biological process*).

Proses ini sebenarnya sangat sederhana tetapi hasilnya cukup baik. Selain menghilangkan zat organik, proses biologis ini juga dapat menghilangkan amoniak, deterjen, zat organik volatil serta dapat menguraikan beberapa senyawa pestisida. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah menggunakan proses biologis dengan sistem biofilter tercelup menggunakan media plastik sarang tawon.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Biofilter Tercelup

Berdasarkan pertumbuhan mikro-organisme yang berperan dalam penguraian substrat, bioreaktor dapat dikelompokkan menjadi dua, yakni reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reactor*) dan reaktor dengan biakan melekat (*attached growth reactor*). Di dalam reaktor biologis dengan biakan tersuspensi mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi dalam fasa cair, sedangkan pada reaktor dengan biakan melekat, mikroorganisme tumbuh dan berkembang di atas suatu media pendukung dengan membentuk lapisan *biofilm*.

Bioreaktor dengan biakan melekat atau biofilter adalah reaktor yang dilengkapi dengan media (*support*) sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme, yang merupakan reaktor pertumbuhan melekat (*attached growth reactor*). Media penyangga dapat berupa kerikil, pasir, plastik dan partikel karbon aktif, yang di dalam operasinya dapat terendam sebagian atau seluruhnya, atau hanya dilewati air saja. Struktur reaktor biofilter menyerupai

saringan (filter) yang terdiri dari susunan atau tumpukan dan granular yang disusun secara teratur maupun acak di dalam reaktor.

Fungsi media adalah sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme yang terlibat langsung dalam pengolahan air limbah. Mikroorganisme ini akan melapisi permukaan media membentuk lapisan massa yang tipis yang disebut *biofilm*. Beberapa keuntungan dari jenis reaktor ini antara lain :

a. Pengoperasiannya mudah

Di dalam proses pengolahan air dengan sistem *biofilm*, tanpa dilakukan sirkulasi lumpur dan tidak terjadi masalah "*bulking*" seperti pada proses dengan biakan tersuspensi misalnya pada sistem lumpur aktif. Oleh karena itu pengelolaannya sangat mudah.

b. Lumpur yang dihasilkan sedikit

Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang dihasilkan pada proses *biofilm* relatif lebih kecil. Di dalam proses lumpur aktif antara 30 – 60 % dari BOD yang dihilangkan (*removal BOD*) diubah menjadi lumpur aktif (biomasa), sedangkan pada proses *biofilm* hanya sekitar 10-30 %. Hal ini disebabkan karena pada proses *biofilm* rantai makanan lebih panjang dan melibatkan aktifitas mikroorganisme dengan orde yang lebih tinggi dibandingkan pada proses lumpur aktif.

c. Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.

Oleh karena di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem *biofilm* mikroorganisme atau mikroba melekat pada permukaan medium penyangga maka pengontrolan terhadap mikroorganisme atau mikroba lebih mudah. Proses *biofilm* tersebut cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.

d. Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi.

Di dalam proses biofilter mikro-organisme melekat pada permukaan unggun media, akibatnya konsentrasi biomasa mikro-organisme per satuan volume relatif besar sehingga relatif tahan terhadap fluktuasi beban organik maupun fluktuasi beban hidrolis.

e. Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil.

Jika suhu air limbah turun maka aktifitas mikroorganisme juga berkurang, tetapi oleh karena di dalam proses *biofilm* substrat maupun enzim dapat terdifusi sampai ke bagian dalam lapisan *biofilm* dan juga lapisan *biofilm* bertambah tebal maka pengaruh penurunan suhu (suhu rendah) tidak begitu besar.

2.2 Mekanisme Kerja Biofilter

Di dalam reaktor biofilter, mikro-organisme tumbuh melapisi keseluruhan permukaan media. Pada saat operasi, air yang mengandung senyawa polutan mengalir melalui celah media dan kontak langsung dengan lapisan massa mikroba (*biofilm*). *Biofilm* yang terbentuk pada lapisan atas media dinamakan *zooglear film*, yang terdiri dari bakteri, fungi, alga, protozoa. Metcalf dan Edy (2003) mengatakan bahwa sel bakterilah yang paling berperan dan banyak dipakai secara luas di dalam proses pengolahan air buangan,

Proses yang terjadi pada pembentukan *biofilm* pada pengolahan air limbah sama dengan yang terjadi di lingkungan alami. Mikroorganisme yang ada pada *biofilm* akan mendegradasi senyawa organik yang ada di dalam air. Lapisan *biofilm* yang semakin tebal akan mengakibatkan berkurangnya difusi oksigen ke lapisan *biofilm* yang dibawahnya.

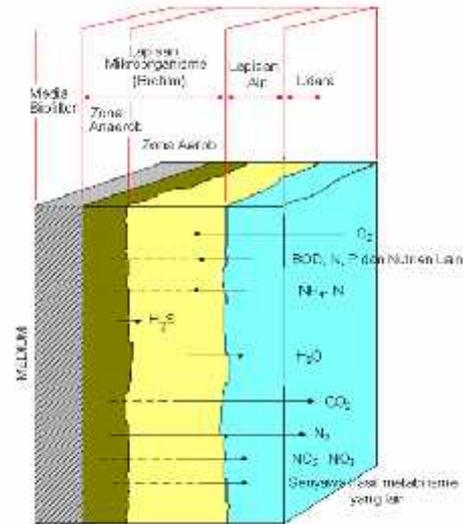
Menurut Lim dan Grady (1980) mekanisme yang terjadi pada reaktor biofilter tercelup adalah :

- Transportasi dan adsorpsi zat organik dan nutrien dari fasa cair ke fasa *biofilm*
- Transportasi mikroorganisme dari fasa cair ke fasa *biofilm*
- Adsorpsi mikroorganisme yang terjadi ke dalam lapisan *biofilm*
- Reaksi metabolisme mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan *biofilm*, memungkinkan terjadinya mekanisme pertumbuhan, pemeliharaan, kematian dan *lysis* sel.
- Pelekatan mikroba pada permukaan media pada saat lapisan *biofilm* mulai terbentuk dan terakumulasi pada lapisan *biofilm*.
- Mekanisme pelepasan (*detachment biofilm*) dan produk lainnya (*by product*).

Menurut Bruce (1969) yang dikutip Winkler (1981), ketebalan lapisan aerob diperkirakan antara 0,06 – 2 mm. Penelitian yang telah dilakukan oleh Tomlinson dan Snaddon (1965), Kornegay dan Andrews (1968) ketebalan kritis berkisar antara 0,07 – 0,15 mm yang tergantung pada konsentrasi substrat.

Walaupun lapisan biomassa mempunyai ketebalan beberapa milimeter tetapi hanya lapisan luar setebal 0,05-0,15 mm yang merupakan lapisan aerob. Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Tomlinson dan Snaddon, 1996; Kornegay dan Andrews, 1968; La Moyya, 1976) yang dikutip oleh Winkler (1981) menegaskan bahwa penghilangan substrat oleh lapisan mikroba akan bertambah secara

linier dengan bertambahnya ketebalan film sampai dengan ketebalan maksimum, namun penghilangan tetap konstan dengan bertambahnya ketebalan lebih lanjut. Mekanisme biofiltrasi secara sederhana dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 : Mekanisme Biofiltrasi (Modifikasi Hikami, 1992).

2.3. Media Penyangga

Media biofilter yang dipergunakan adalah media biofilter yang sering dipergunakan pada saat ini adalah media plastik yang terbuat dari PVC atau polypropylen, dengan spesifikasi :

- Luas permukaan 225 m²/m³.
- Persentase rongga kosong >90%
- Ringan, mudah diletakkan di dalam tangki biologis dengan ketinggian 6 – 10 m.

3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian adalah :

- Uji coba pengolahan air Kali Krukut dan Cengkareng Drain dengan menggunakan biofilter struktur sarang tawon terhadap parameter kualitas air seperti, warna, total padatan tersuspensi, kekeruhan, organik, amoniak, nitrit, nitrat, besi, mangan, dan deterjen.
- Mendapatkan kriteria desain optimal untuk reaktor biofilter struktur sarang tawon agar air olahannya dapat memenuhi kriteria air baku untuk air minum seperti yang dalam Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 582 Tahun 1995 tentang penetapan

peruntukan dan baku mutu air sungai/badan air serta bau mutu limbah cair di DKI Jakarta.

- Memberikan rekomendasi perbaikan kinerja untuk instalasi pengolahan air minum di daerah tercemar limbah organik.

4. MATERIAL DAN METODA PENELITIAN

4.1 Material

a. Air Baku

Air baku yang digunakan untuk penelitian ini diambil dari air Sungai Krukut yang merupakan air baku Perusahaan Daerah Air Mnum (PDAM) PALYJA, Instalasi Produksi III Cilandak, Jakarta Selatan dan air sungai Cengkareng Drain, yang saat ini digunakan sebagai sumber air baku bagi PAM Taman Kota, Jakarta Barat.

b. Mikroorganisme

Pertumbuhan mikroorganisme dilakukan secara alami dengan cara mengalirkan air baku sungai secara kontinyu ke dalam reaktor melalui media penyangga sampai terbentuknya lapisan *biofilm* yang melekat pada media. Pertumbuhan mikroorganisme ini juga didukung oleh suplai udara secara terus menerus dengan menginjeksikan udara ke dalam reaktor melalui alat pompa udara.

c. Model Reaktor Biologis

Model dari reaktor biologis yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis reaktor biologis dengan biakan melekat yang terbuat dari bahan fiberglas. Reaktor ini dilengkapi dengan lubang inlet dan lubang outlet yang terletak pada kedua sisi reaktor. Lumpur yang terendapkan dapat dikeluarkan melalui ruang lumpur pada bagian bawah reaktor. Diagram proses penelitian untuk air baku sungai Krukut dapat dilihat seperti pada Gambar 2, sedangkan untuk air baku sungai Cengkareng Drain dapat dilihat seperti pada Gambar 3.

4.2 Metoda Penelitian

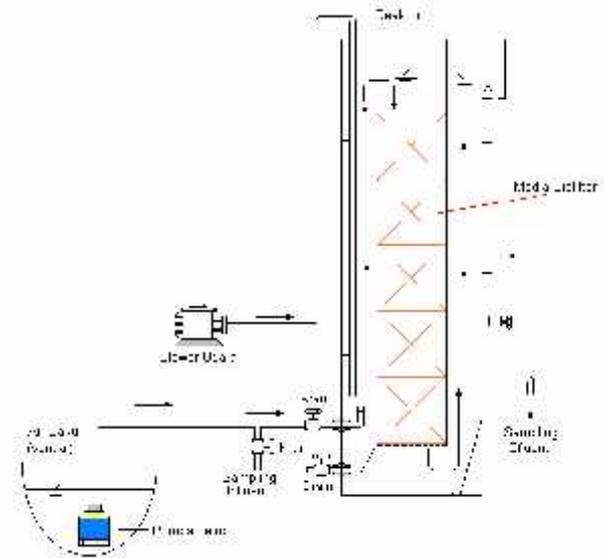
a. Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian meliputi:

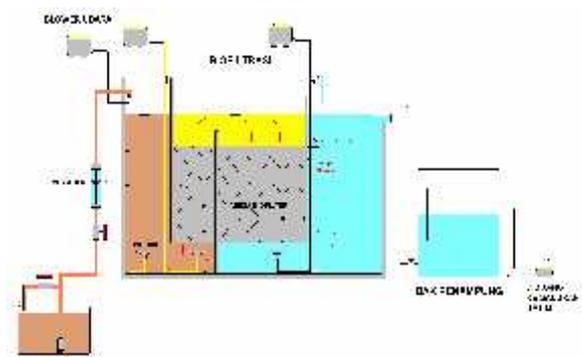
- 1) Persiapan tempat, peralatan, reaktor dan dan media biofilter.

Pembiakan mikroorganisme, dilakukan dengan cara mengalirkan air baku yang akan diolah ke dalam bioreaktor secara terus – menerus sampai terbentuk

lapisan biofilm. Pengamatan dilakukan dengan menganalisis zat organik (KMnO_4).



Gambar 2: Diagram Proses Pengolahan 1 (Pengujian Di Sungai Krukut).



Gambar 3 : Diagram Proses Pengolahan 2 (Pengujian Di Cengkareng Drain).

- 2) sehingga diperoleh konsentrasi yang relatif stabil.
- 3) Variasi debit air baku dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara waktu tinggal hidrolis (WTH) terhadap penurunan konsentrasi zat organik. Waktu tinggal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6 jam, 4 jam, 3 jam, 2 jam dan 1 jam. Selama penelitian dilakukan pengambilan sampel zat organik (KMnO_4), pH, dan temperatur (Kali Krukut), turbiditas, *total suspended solid*, amoniak, nitrat, nitrit, besi, dan deterjen (Kali Cengkareng Drain).

b. Kondisi Operasional

Penelitian dilakukan pada suhu kamar dengan variasi WTH 1 sd 4 jam (Kali Krukut) dan 1 sd 6 jam (Cengkareng Drain).

c. Pengambilan Sampel

Pengambilan sample dilakukan pada kondisi bioreaktor lekat telah mencapai kondisi stabil. Penentuan kondisi stabil dilakukan dengan mengukur kandungan organik (KMnO_4) terhadap waktu pada masing-masing titik sampling, yaitu titik influen dan efluen. Waktu pengambilan sampel dilakukan setiap hari, pada pagi hari sekitar jam 10.

d. Laboratorium Analisis Air

Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan di Laboratorium PDAM PALYJA, Instalasi Produksi III Cilandak, Jakarta Selatan dan Laboratorium PDAM PALYJA Instalasi Pejompongan.

e. Lokasi dan Waktu Penelitian.

- 1) Penelitian di Kali Krukut, PDAM PALYJA Instalasi Cilandak III, Jakarta Selatan dilakukan sekitar April – Juli 2005
- 2) Penelitian di Cengkareng Drain, PDAM PALYJA Instalasi Taman Kota, Jakarta Barat dilakukan sekitar Januari-April 2010.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Penelitian Di Kali Krukut, Pdam Palyja Instalasi Cilandak Iii, Jakarta Selatan

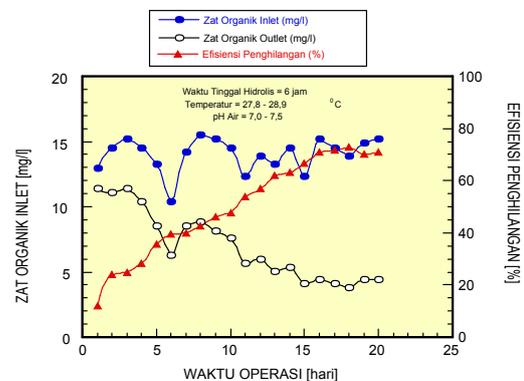
a. Pembiakan Mikroorganisme.

Pembiakan (*seeding*) mikroorganisme dilakukan secara alami yaitu dengan cara mengalirkan air baku dari yang akan diolah secara terus menerus ke dalam bioreaktor yang telah terisi media sarang tawon sampai terbentuknya lapisan biofilm pada media biofilternya. Proses pembiakan dilakukan dengan waktu tinggal hidrolis 4 (empat) jam. Selama proses pembiakan dilakukan pemberian oksigen secara terus menerus dengan menginjeksikan udara ke dalam reaktor.

Pada tahap pembiakan selama dua minggu pertama dilakukan pengamatan secara fisik. Pada tahap ini proses pengolahan belum berjalan dengan baik, karena mikroorganisme belum tumbuh secara optimal. Setelah proses berjalan selama dua minggu, mikroorganisme sudah mulai tumbuh dan berkembang biak, membentuk lapisan *biofilm* pada permukaan media dan bau mulai berkurang. Lapisan *biofilm* ini mengandung mikroorganisme yang dapat menguraikan zat pencemar organik yang terdapat pada air sungai.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa efisiensi penghilangan zat organik pada awal pengoperasian cenderung kecil, yaitu 12,20%. Hal ini dapat

disebabkan pada awal operasi pertumbuhan mikroba optimal dan lapisan *biofilm* masih tipis. Pada hari ke-11 penghilangan zat organik telah mencapai 50%. Peningkatan efisiensi ini disebabkan mikroorganisme pada reaktor telah tumbuh dan berkembang biak dan membentuk lapisan biofilm yang lebih tebal dari sebelumnya sehingga zat organik yang ada dalam air baku diuraikan. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada operasi hari ke-16 sampai dengan hari ke-20, penghilangan zat organik meningkat dari hari sebelumnya dan cenderung stabil, yaitu antara 70,21% - 72,73 %. Efisiensi penurunan konsentrasi zat organik (KMnO_4) dari hari ke-1 sampai ke-20 mengalami peningkatan dan menjadi stabil. Hal ini menunjukkan bahwa proses awal pertumbuhan mikroba dan pembentukan lapisan biofilm pada media membutuhkan waktu beberapa minggu, yang dikenal dengan proses pematangan (Rittman, et al, 1988).



Gambar 4 : Konsentrasi Senyawa Organik Senyawa Organik Selama Proses *Seeding*.

b. Pengaruh Waktu Tinggal Hidrolis terhadap Efisiensi Penghilangan Senyawa Organik.

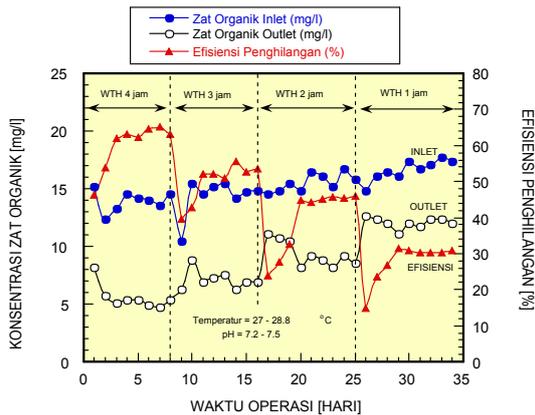
Setelah proses pembiakan mikroba telah stabil, debit air diatur agar WTH di dalam reaktor menjadi 4 (empat) jam, 3 (tiga) jam, 2 (dua) jam dan 1 (satu) jam, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi penghilangan senyawa organik. Pengaturan WTH dilakukan dengan mengatur debit air yang masuk ke dalam reaktor dengan menggunakan klep regulator dan pengukur laju alir.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketika waktu tinggal diubah menjadi empat jam efisiensi penghilangan zat organik sekitar 46 % dan perlahan-lahan naik menjadi setelah tiga hari operasi yakni efisiensi penghilangan zat organik menjadi sekitar 62 %. Perubahan WTH selalu diikuti dengan penurunan kinerja karena reaktor biofilter memerlukan waktu untuk penyesuaian dengan kondisi laju alir yang baru.

Fenomena yang sama juga terjadi setelah waktu tinggal diubah menjadi tiga jam, dua jam dan satu jam, yakni efisiensi penghilangan zat organik turun dan perlahan-lahan efisiensi penghilangan zat

organik naik lagi dan menjadi stabil setelah 3-4 hari operasi. Hal ini kemungkinan disebabkan karena mikro-organisme memerlukan waktu adaptasi terhadap perubahan beban organik yang masuk ke dalam reaktor.

Dari hasil tersebut diketahui bahwa semakin pendek waktu tinggal hidrolis, yaitu dari 4 jam menjadi 1 jam, efisiensi penghilangan zat organik (KMnO4) pada kondisi stabil juga menjadi semakin kecil, yakni dari 64,29 % menjadi 30,92 %. Efisiensi rata-rata penghilangan zat organik untuk tiap waktu tinggal hidrolis ditunjukkan pada Gambar 5.



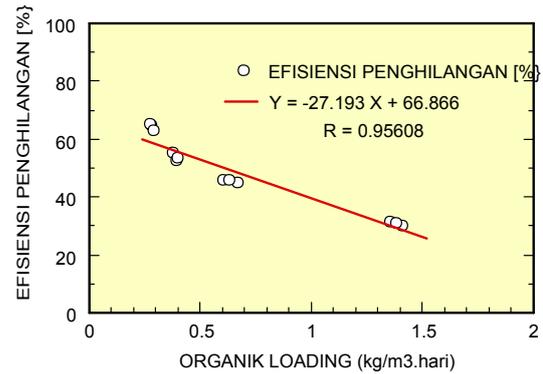
Gambar 5: Pengaruh WTH Terhadap Penurunan Konsentras Zat Organik Serta Efisiensi Penghilangan Zat Organik.

c. Pengaruh Beban Organik Terhadap Efisiensi Penghilangan Zat Organik

Beban organik adalah jumlah senyawa organik yang masuk ke dalam reaktor per satuan volume media per satuan waktu, yang dinyatakan sebagai berat organik persatuan volume media perhari. Dari hasil percobaan, didapatkan hubungan antara beban organik dengan efisiensi penghilangan zat organik adalah sebagai berikut : pada waktu tinggal hidrolis 4, 3, 2, dan 1 jam rata-rata beban organik semakin meningkat yaitu 0,2784 ; 0,3856; 0,6306; dan 1,378 kg/m³media/hari dengan efisiensi rata-rata yang semakin kecil yaitu masing-masing 64,28%, 53,89%, 45,7 % dan 30,92 %. Hubungan antara beban organik dengan efisiensi penghilangan dapat dilihat pada Gambar 6.

d. Identifikasi Mikroorganisme

Identifikasi mikroorganisme yang berperan dalam biofilter tercelup dengan media sarang tawon dilakukan untuk mengetahui jenis mikroorganisme yang berperan dalam penguraian substrat selama pengoperasian biofilter.



Gambar 6 : Grafik Hubungan Antara Beban Organik dengan Efisiensi

Identifikasi mikroorganisme dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti .Hasil identifikasi mikroorganisme dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 : Identifikasi Mikroorganisme.

NO	Identifikasi Mikroorganisme
1	Bacillus subtilis
2	Escherichia Coli
3	Clostridium tetani
4	Proteus vulgaris
5	Nitrobacter
6	Nitrosomonas

5.2. Penelitian Di Cengkareng Drain, PDAM PALLYJA Instalasi Taman Kota, Jakarta Barat

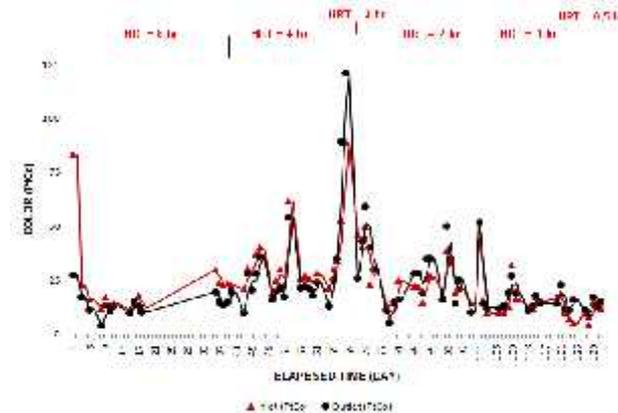
a. Pemiakan Mikroorganisme.

Pemiakan (*seeding*) mikroorganisme dilakukan secara alami yaitu dengan cara mengalirkan air baku yang akan diolah secara terus menerus ke dalam bioreaktor yang telah terisi media sarang tawon sampai terbentuknya lapisan *biofilm* pada media biofilternya. Proses pemiakan dilakukan dengan waktu tinggal hidrolis 6 (enam) jam. Selama proses pemiakan dilakukan pemberian udara secara terus menerus ke dalam reaktor.

Pada tahap pemiakan selama dua minggu pertama dilakukan pengamatan secara fisik. Pada tahap ini proses pengolahan belum berjalan dengan baik, karena mikroorganisme belum tumbuh secara optimal. Selama proses berjalan selama 17 hari, pengambilan sampel dilakukan setiap hari. Karena menunggu persiapan penunjang, pemiakan dilanjutkan sampai hari ke 37 (tanpa pengambilan sampel), hanya pengamatan visual terhadap pertumbuhan *biofilm*.

b. Warna

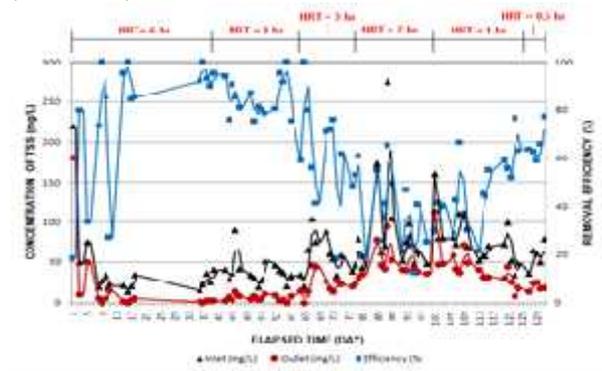
Dalam pengujian pengolahan air sungai dengan biofilter, warna tidak berkurang secara signifikan. Warna pada Kali Cengkareng Drain berkisar 8 sd 82 Pt Co, setelah diolah menjadi berkisar 5 – 121 Pt Co. Namun demikian kadar warna dalam air olahan dengan waktu tinggal satu jam dapat mencapai 15 Pt Co (Gambar 7).



Gambar 7 : Grafik Perubahan Warna Pada Air Sungai Dan Air Hasil Olahan Dengan Biofilter.

c. Total Padatan Tersuspensi

Efisiensi penurunan Total Padatan Tersuspensi berkurang dengan semakin singkatnya waktu tinggal. Namun demikian dalam pengujian ini rata-rata nilai padatan tersuspensi total pada kondisi waktu tinggal 1 (satu) jam masih sekitar 40 mg/l, lebih rendah dari yang ditetapkan oleh baku mutu dalam Peraturan Gubernur Nomor 582 Tahun 1995, yaitu 100 mg/l (Gambar 8).

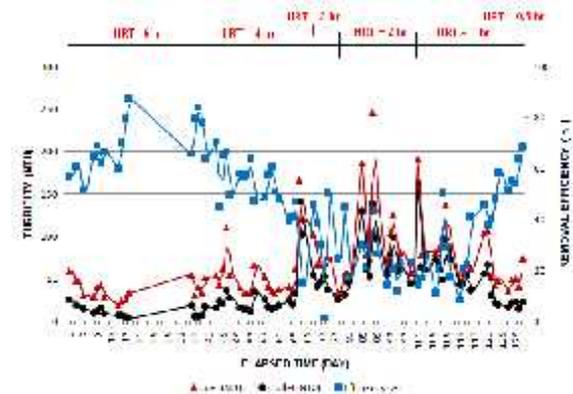


Gambar 8 : Grafik Pengaruh WTH Pada Efisiensi Penghilangan TSS Dengan Biofilter.

d. Turbiditas

Turbiditas mempunyai peranan penting dalam menentukan proses dalam pengolahan air minum. Efisiensi penurunan turbiditas air hasil olahan air Kali Cengkareng Drain dengan biofilter cenderung turun sejalan dengan bertambah cepatnya waktu tinggal dari

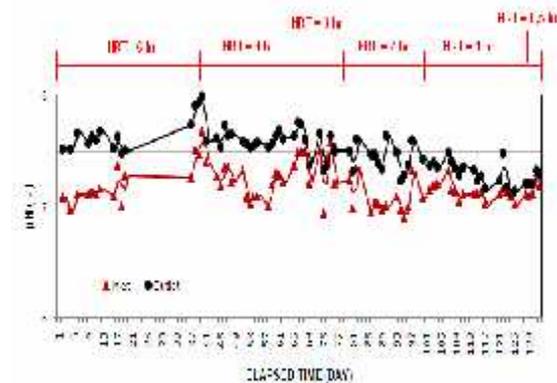
6 jam ke satu jam, namun demikian nilai rata-rata turbiditas untuk waktu tinggal 1 (satu) jam berkisar 60 NTU, lebih rendah dari yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 100 NTU (Gambar 9).



Gambar 9 : Pengaruh WTH pada Efisiensi Penurunan Turbiditas Air Olahan Sungai Cengkareng Drain.

e. pH

Selama percobaan ini, mulai dari waktu tinggal 6 hari sampai dengan waktu tinggal 1 hari, nilai pH relatif konstan dan tidak dipengaruhi oleh waktu tinggal. Kecenderungan lain adalah nilai pH air olahan selalu lebih tinggi dari air sumbernya. Kisaran pH air olahan adalah 7 sampai dengan 7,5. Nilai pH air olahan masih masuk dalam baku mutu yang ditetapkan (Gambar 10).

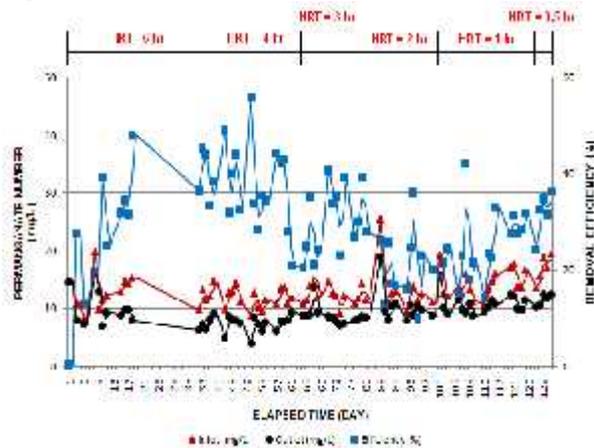


Gambar 10 : Pengaruh WTH pada Efisiensi Penurunan pH Air Olahan Sungai Cengkareng Drain.

f. Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Senyawa Organik.

Efisiensi penurunan bahan organik semakin menurun dengan bertambah cepatnya waktu tinggal hidrolis dari waktu 6 jam menuju satu jam. Ketika dilakukan uji coba menuju waktu tinggal 0,5 jam terjadi peningkatan karena terjadi perubahan pada

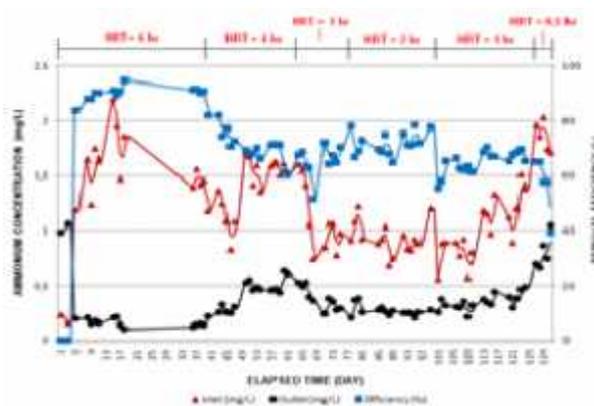
kualitas air baku (hujan di hulu). Nilai Rata-Rata Permanganat dengan waktu tinggal 1 (satu) jam berkisar 11 mg/l, lebih rendah dari baku mutu yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 15 mg/l (Gambar 11).



Gambar 11 : Grafik Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Senyawa Organik.

g. Amonia

Efisiensi penurunan amonia relatif stabil mulai waktu tinggal 4 hari sampai dengan 1 hari, yaitu berkisar 60 - 80%. Amonia dalam air tawar berkisar 0,16 – 2,2 mg/l, sedangkan setelah diolah berkisar 0,101 – 1,04 mg/l. Nilai amonia pada kondisi waktu tinggal 1 hari adalah 0,35 mg/l, masih di bawah batas yang ditetapkan oleh Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 1,0 mg/l (Gambar 12).

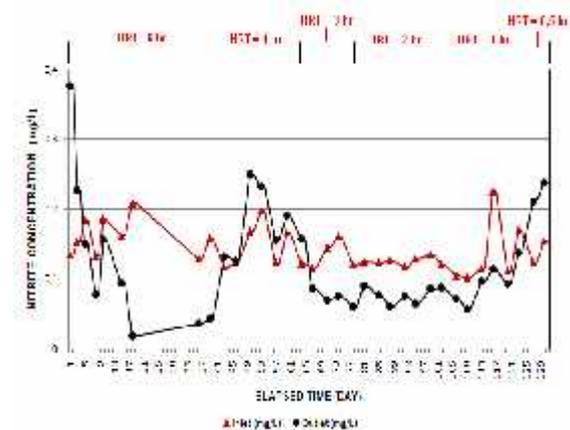


Gambar 12 : Grafik Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Senyawa Amonia.

h. Nitrit

Efisiensi penurunan nitrit sangat fluktuatif, tidak dipengaruhi oleh waktu tinggal hidrolis. Kadar Nitrogen dalam air baku berkisar 0,8 – 2,3 mg/l, dalam air olahan tidak berubah namun masih berkisar 1,35 – 2,3 mg/l. Nilai rata-rata nitrit dalam air olahan dengan

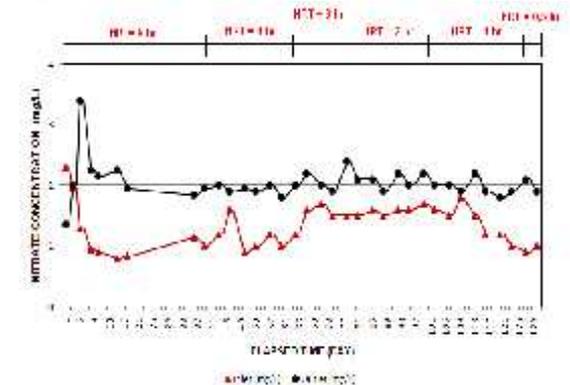
waktu tinggal 1 jam adalah 0,15 mg/l, masih di bawah baku mutu yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 1,0 mg/l (Gambar 13).



Gambar 13 : Grafik Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Senyawa Nitrit.

i. Nitrat

Konsentrasi nitrat cenderung meningkat pada air olahan dibandingkan dengan air bakunya (Cengkareng Drain), karena reaksi nitrifikasi menghasilkan nitrat. Konsentrasi nitrat dalam air baku berkisar 0,8 - 2,3 mg/l, sedangkan dalam air olahan meningkat menjadi 1,35 - 2,3 mg/l. Nilai rata-rata nitrat dalam air olahan dengan WTH 1 jam masih berkisar 2 mg/l, masih jauh di bawah dari yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 10 mg/l (Gambar 14).

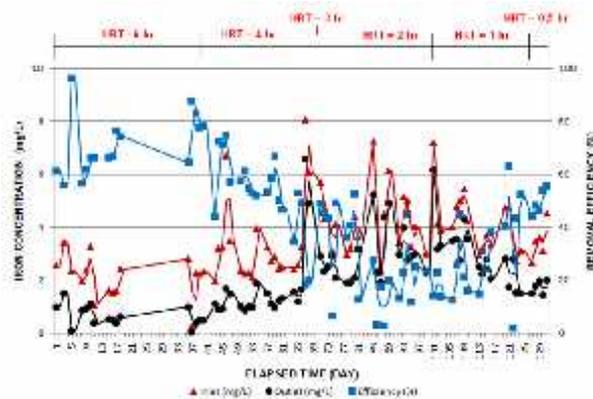


Gambar 14 : Grafik Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Senyawa Nitrat.

j. Zat Besi

Zat besi dalam reaktor biofilter, tidak turun secara signifikan. Efisiensi penurunan berkurang dengan makin singkatnya WTH mulai 4 - 2 hari, namun secara bertahap naik kembali. Konsentrasi zat besi dalam air Kali Cengkareng Drain memang tinggi sekali, yaitu berkisar 9,3- 25,5 mg/l, sehingga dengan waktu tinggal 1 jam, biofilter hanya mampu menurunkan

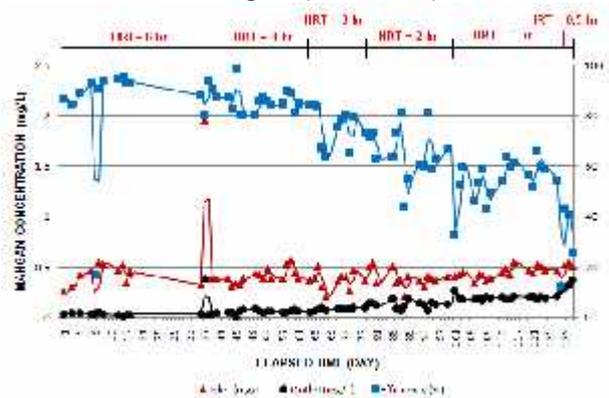
sampai 2,5 mg/l, sedikit melebihi dari baku mutu yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 2 mg/l (Gambar 15).



Gambar 15 : Grafik Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Zat Besi.

k. Zat Mangan

Zat mangan dapat diturunkan dalam reaktor biofilter. Efisiensi penurunan berkurang sesuai dengan makin singkatnya waktu tinggal. Mangan Total dalam air baku Sungai Cengkareng Drain adalah 0,25 – 0,60 mg/l. Hasil olahan dengan biofilter dapat diturunkan sampai dengan 0,2 mg/l dengan WTH 1 jam, masih memenuhi Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 0,5 mg/l. Mangan dapat mengakibatkan gangguan warna pada pakaian yang dicuci, terutama pada pakaian yang berwarna putih, dapat menimbulkan bercak-bercak coklat dan sulit dihilangkan (Gambar 16).

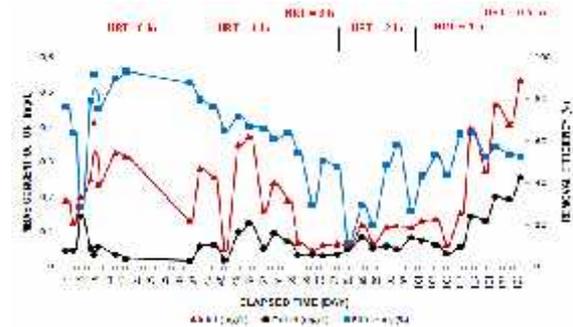


Gambar 16 : Grafik Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Zat Mangan.

l. Detergen

Efisiensi penghilangan deterjen menurun dengan semakin singkatnya WTH, mulai dari 6 jam - 2 jam, dan secara bertahap meningkat kembali. Rata-rata MBAS dalam air olahan dapat mencapai 0,12 mg/l dengan WTH 1 jam, masih dibawah baku mutu yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 1,0

mg/l. Dalam proses pengolahan air deterjen sangat mengganggu karena menimbulkan busa (Gambar 17)..



Gambar 17 : Grafik Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Deterjen.

6. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian penghilangan senyawa organik dengan proses biofilter tercelup menggunakan media plastik sarang tawon dapat disimpulkan :

- Proses pembiakan mikroorganism (seeding) secara alami dengan mengalirkan air sungai ke dalam biofilter secara kontinyu berjalan dengan baik setelah proses berjalan 2-3 minggu.
- Semakin kecil Waktu Tinggal Hidrolis (WTH), efisiensi penghilangan zat organik semakin kecil. Reaktor biofilter aerobik dapat menurunkan kandungan zat organik dalam air sungai Krukut, maupun air sungai dari Cengkareng drain, dengan waktu tinggal 1 jam dan masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995.
- Reaktor biofilter aerobik struktur sarang tawon selain efektif dalam menurunkan zat organik, dapat pula digunakan untuk menurunkan kekeruhan, padatan terlarut total, amonia, nitrat, dan deterjen,
- Zat besi yang sedikit melewati baku mutu dapat dibantu prosesnya dengan menambah karbon aktif bubuk atau oksidator sebelum masuk ke dalam proses pengolahan air minum.
- Hasil identifikasi mikroorganism yang terdapat pada biofilter tercelup menunjukkan bahwa bakteri yang berperan dalam menguraikan zat organik antara lain adalah Bacillus subtilus, Escherichia Coli, Clostridium tetani, Proteus vulgaris, Nitrobacter dan Nitrosomonas.
- Kolam pengendapan pada unit pengolahan air minum yang mempunyai WTH berkisar 45 – 60 menit dapat dimodifikasi menjadi reaktor aerobik biofilter struktur sarang tawon, sehingga perubahan pada sistem tidak banyak menambah biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaert, G dan Simestri, Sri S., "Metoda Penelitian Air", Usaha Nasional, Surabaya, 1984.
- Annonim : " Laporan Pemantauan Kualitas Air Baku Air Minum PAM Jaya, Periode Januari-Pebruari 1993 ", PAM JAYA Dan KPPL DKI JAKRTA.
- Bitton G. (1994), "Wastewater Microbiology". Wiley-Liss, New York.
- Ebie Kunio and Ashidate Noriatsu : " Eisei Kougaku Enshu - Jousuidou To Gesuidou", Morikita Publishing, Tokyo, JAPAN (1992).
- Fair, Gordon Maskew et.al., " Eements Of Water Supply And Waste Water Disposal", John Willey And Sons Inc., 1971.
- Flatman, Paul E., " Bioremediation : Field Expeirience, United State of America ", CRC Press, Inc. 1994.
- Gouda T., " Suisitsu Kougaku - Ouyouben", Maruzen kabushiki Kaisha, Tokyo, 1979.
- Grady, C.P.L and Lim, H.C., "Biological Wastewater Treatment", Marcel Dekker Inc. New York, 1980.
- Hikami, Sumiko., "Shinseki Rosohou Ni Yoru Mizu Shouri Gijutsu (Water Treatment With Submerged Filter)", Kougyou Yousui No.411, 12,1992.
- JICA:" Water Supply Engineering VOL.I ", Edited By Japan Water works Association.
- Keputusan Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 582 Tahun 1995 Tentang Penetapan Peruntukan Dan Baku Mutu Air Sungai/Badan Air Serta Baku Limbah Cair Di Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
- Lykins,B.W., Moser, R., DeMacro, J. " Treatment Technology In The United States, Disinfection And Controls Of Disinfection by Product", The second Japan - US Governmental Conference On drinking water Quality Management, July 24-26, 1990, Tokyo, japan.
- Metclaf And Eddy , " Waste Water Engineering", Mc Graw Hill 1978.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 20 Tahun 1990 Tentang Pengendalian Pencemaran Air, Bappedal, 1991.
- Reynold, Tom D., "Unit Operations and Processes in Environmental Engineering", B/C Engineering, United State Of America, 1982.
- Studi Perbaikan Kualitas Air Baku Intake Pam Taman Kota Dengan Proses Biofilter Tercelup, 2010, PT. PALYJA Bekerjasama Dengan PTL - BPPT dan PT. EKM.
- Sueishi T., Sumitomo H., Yamada K., and Wada Y., " Eisei Kougaku " (Sanitary Engineering), Kajima Shuppan Kai, Tokyo, 1987.
- Tambo, N and Okasawara, K. " Jousui No Gijutsu (Drinking Water Technology)", HOUDOU, Tokyo, Japan (1992).
- Viessman W, JR., Hamer M.J., " Water Supply And Polution Control ", Harper & Row, New York,1985.
- Water Treatment Hand Book, Sixth Edition, 1991. Degremont, Lavoisier Publishing, Paris.
- Winkler, M.A., "Biological Teratment of Wastewater", John Willey and Sons. New York, 1981.