

PENURUNAN KADAR ZAT ORGANIK DALAM AIR SUNGAI DENGAN BIOFILTER TERCELUP STRUKTUR SARANG TAWON

Oleh :
Arie Herlambang dan Nusa Idaman Said *)

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 numerical value of permanganate 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, group B). Raw water used for this study were taken from Krukut River which is the raw water for Regional Water Company PALYJA, 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 m³/hr, Resident Time Terlama 6 hours up to a minimum (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 efficiency of organic matter and iron, at the beginning of processing before entering into the drinking water treatment unit. need to be added active carbon powder and an oxidizing agent with a sufficient dose.

Keywords: organic substances, biofilter, aerobic, honeycomb plastic media, processing river water

1. PENDAHULUAN

Air adalah merupakan kebutuhan yang sangat pokok bagi manusia, terutama untuk memasak dan minum. Dengan pesatnya perkembangan penduduk maka kebutuhan khususnya air bersih untuk masyarakat juga semakin bertambah besar. Masalahnya adalah dengan semakin buruknya kualitas air baku untuk air minum, maka disamping biaya produksinya membesar, hasilnya juga sering kurang baik. Salah satu problem atau masalah yang sering dijumpai pada air minum di dunia yakni timbulnya senyawa yang dinamakan Trihalomethanes atau disingkat THMs, sebagai akibat samping dari proses disinfeksi dengan gas klor atau senyawa hipoklorit.

Salah satu bahan THMs adalah senyawa humus (*Humic and Fulvic Substances*) yang secara alami terbentuk akibat proses pelapukan daun-daun yang gugur atau sisa tumbuh-tumbuhan yang telah mati oleh aktifitas mikroorganisme. Air limpasan hujan (*Run Off*) membawa senyawa humus dari daerah hutan atau pertanian, kemudian air limpasan tersebut masuk ke

sungai pada bagian hulu, kemudian akan terbawa ke bagian hilir. Di samping itu, air limbah yang berasal dari buangan domestik maupun industri sebagian diolah di pusat pengolahan limbah dan sebagian lagi yang tidak terolah masuk ke badan sungai. Air limbah baik domestik maupun industri mengandung zat organik yang besar.

Adanya senyawa Trihalomethanes 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 klorinasi. Pada tahun 1975 Rook menyatakan bahwa senyawa THMs terbentuk akibat reaksi antara klorine dengan senyawa natural seperti "humic substance" yang ada dalam air baku.

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

*) Peneliti di Pusat Teknologi Lingkungan, TPSA, BPPT.

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 Jeferson Parish, Lousiana, dengan menggunakan air baku di hilir sungai Mississipi, dengan empat macam bahan disinfektan yakni khlorine, khlorine dioksida, ozone dan khloramine. 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 ozone, khlorine dioksida, khloramine dan khlorine.

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.

Berdasarkan hasil penelitian kualitas air baku air minum di beberapa lokasi penyadapan (*intake water*) pada beberapa instalasi PAM di Jakarta, yakni instalasi Cilandak, Pejompongan, Muara Karang, Pulo Gadung dan Taman Kota pada bulan Januari-Februari 1993, diketahui bahwa kandungan Ammonia berkisar antara 0.06 - 1.09 mg/l; COD 12 - 45 mg/l; BOD 8.2 - 35 mg/l; Deterjen ion negatif (MBAS) 0.12 - 0.92 mg/l; Phenol 0 - 0.55 mg/l dan Bakteri Coliform 460.10^2 - 1100.10^4 MPN/100 cc. 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 khlorine, phenol akan dengan mudah bereaksi dengan senyawa khlor membentuk senyawa halogen organik Khlorophenol 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 khlorophenol yang dibolehkan yaitu 0.02 mg/l (total trikhloro phenol dan

pentakhloro 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 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 cara melakukan pengolahan awal (pretreatment) secara proses biologis (*biological process*).

Salah satu cara yang perlu dikaji yakni pengolahan pendahuluan dengan proses biologis. Proses ini sebenarnya sangat sederhana tetapi hasilnya cukup baik. Selain menghilangkan zat organik, proses biologis ini juga dapat menghilangkan ammonia, deterjen, zat organik volatile serta dapat menguraikan beberapa senyawa pestisida. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan 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 *zoogeal 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,

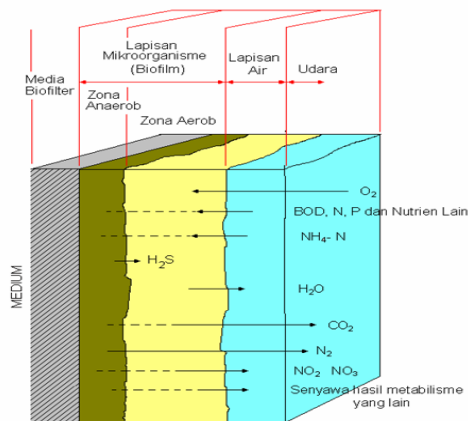
Proses yang terjadi pada pembentukan biofilm pada pengolahan air limbah sama dengan yang terjadi di lingkungan alami. Mikroorganisme yang ada pada biofilm akan mendegradasi senyawa organik yang ada di dalam air. Lapisan biofilm yang semakin tebal akan mengakibatkan berkurangnya difusi oksigen ke lapisan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

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

- o Transportasi dan adsorpsi zat organik dan nutrien dari fasa liquid ke fasa biofilm
- o Transportasi mikroorganisme dari fasa liquid ke fasa biofilm
- o Adsorpsi mikroorganisme yang terjadi ke dalam lapisan biofilm
- o Reaksi metabolisme mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan biofilm, memungkinkan terjadinya mekanisme pertumbuhan, pemeliharaan, kematian dan *lysis sel*.
- o Pelekatan mikroba pada permukaan media pada saat lapisan biofilm mulai terbentuk dan terakumulasi pada lapisan biofilm.
- o 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, penghilangan tetap konstan dengan bertambahnya ketebalan lebih lanjut.



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 polypropylene, dengan spesifikasi :

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

3. MAKSUD DAN TUJUAN

1. Melakukan evaluasi terhadap hasil uji coba pengolahan air Kali Krukut dan Cengkareng Drain dengan menggunakan biofilter struktur sarang tawon terhadap parameter kualitas air seperti, warna, padatan terlarut total. Kekeuhan, organik, amonia, nitrit, nitrat, besi, mangan, dan deterjen.
2. 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.

3. 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 fiberglass dengan ukuran (210 x 59 x 30)cm. 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.

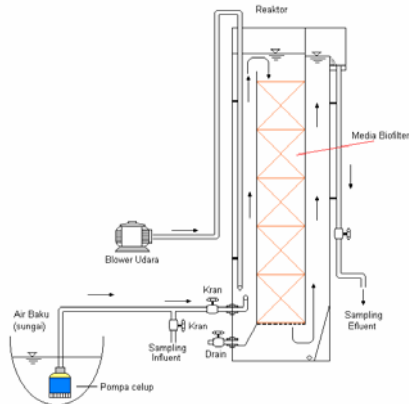
4.2 METODA PENELITIAN

a. Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian meliputi:

1. Persiapan tempat, Peralatan, reaktor dan media biofilter.
2. Pemiakan 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 (KMnO₄), sehingga diperoleh konsentrasi yang relatif stabil.

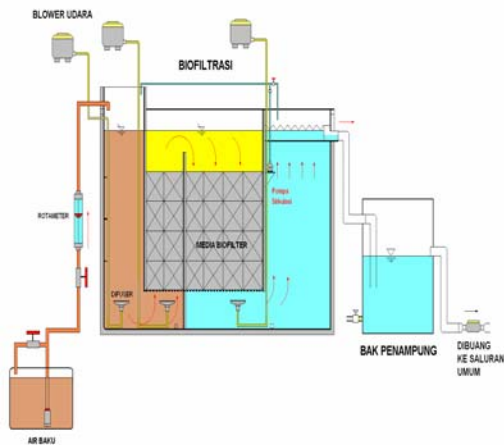
- Variasi debit air baku dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara waktu tinggal hidrolis (WTH) terhadap penurunan konsentrasi zat organik. Waktu tinggal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6 jam, 4 jam, 3 jam, 2 jam dan 1 jam. Selama penelitian dilakukan pengambilan sampel zat organik (KMnO_4), pH, dan temperatur (Kali Krukut), Turbiditas, Total Suspended Solid, Amonia, Nitrat, Nitrit, Besi, dan deterjen (Kali Cengkareng Drain).



Gambar 3 : Diagram proses pengolahan 1 (Pengujian di Kali Krukut).

b. Kondisi Operasional

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



Gambar 4 : Diagram proses pengolahan 2 (Pengujian di 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 effluen. 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.

- Penelitian di Kali Krukut, PDAM Palyja Instalasi Cilandak III, Jakarta Selatan dilakukan sekitar April – Juli 2005
- 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

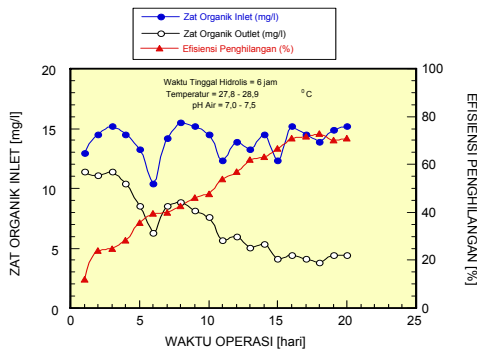
a. Pemiakan Mikroorganisme.

Pemiakan (*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 pemiakan dilakukan dengan waktu tinggal hidrolis 4 (empat) jam. Selama proses pemiakan dilakukan pemberian oksigen secara terus menerus dengan menginjeksikan oksigen 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. 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 5 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 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 5 : konsentrasi senyawa organik senyawa organik selama proses seeding.

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

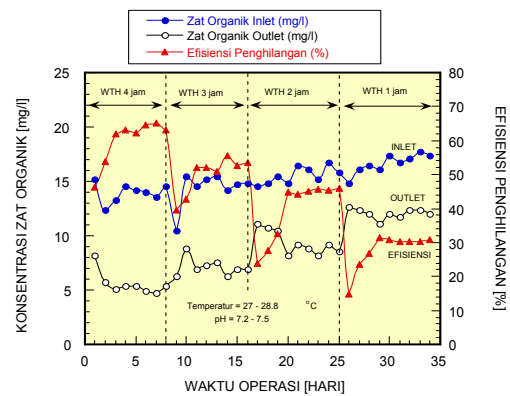
Setelah proses pembiakan mikroba telah stabil, debit air diatur agar WTH di dalam reaktor menjadi 4 (empat) jam, 3 (tiga) jam, 2 (dua) jam dan 1 (satu) jam, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi penghilangan senyawa organik. Pengaturan WTH dilakukan dengan mengatur debit air yang masuk kedalam 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 mikroorganisme memerlukan waktu adaptasi terhadap perubahan beban organik yang masuk ke dalam reaktor.

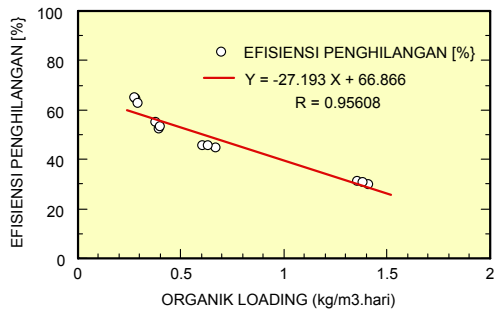
Dari hasil tersebut diketahui bahwa semakin pendek waktu tinggal hidrolis yaitu dari 4 jam menjadi 1 jam, efisiensi penghilangan zat organik (KMnO_4) pada kondisi stabil juga menjadi semakin kecil yakni dari 64,29 % menjadi 30,92 %. Efisiensi rata-rata penghilangan zat organik untuk tiap waktu tinggal hidrolis ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 : Pengaruh WTH terhadap penurunan konsentrasi Zat Organik serta efisiensi penghilangan zat organik.

c. Pengaruh Beban Organik Terhadap Efisiensi Penghilangan Zat Organik

Beban organik adalah jumlah senyawa organik yang masuk kedalam 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/m^3 media/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 7.



Gambar 7 : Grafik Hubungan Antara Beban Organik dengan Efisiensi.

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.

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 CENKARENG DRAIN, PDAM PALLYJA INSTALASI TAMAN KOTA, JAKARTA BARAT.

a. Pembiakan Mikroorganisme.

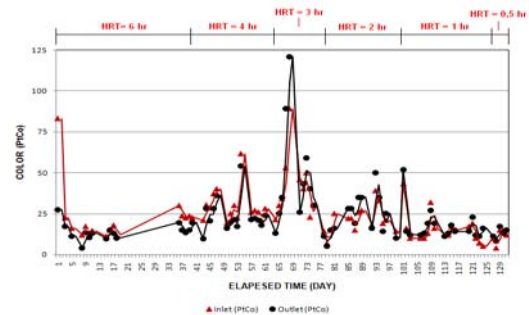
Pembiakan (*seeding*) mikroorganisme dilakukan secara alami yaitu dengan cara mengalirkan air baku dari yang akan diolah secara terus menerus ke dalam bioreaktor yang telah terisi media sarang tawon sampai terbentuknya lapisan biofilm pada media biofilternya, proses pembiakan dilakukan dengan waktu tinggal hidrolis 6 (enam) jam. Selama proses pembiakan dilakukan pemberian oksigen secara terus menerus dengan menginjeksikan oksigen 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 17 hari, dengan pengambilan sampel dilakukan setiap hari, namun karena menunggu persiapan penunjang, pembiakan dilanjutkan sampai hari ke 37 (Tanpa Pengambilan sampel), hanya pengamatan visual terhadap pertumbuhan *biofilm*.

b. Warna

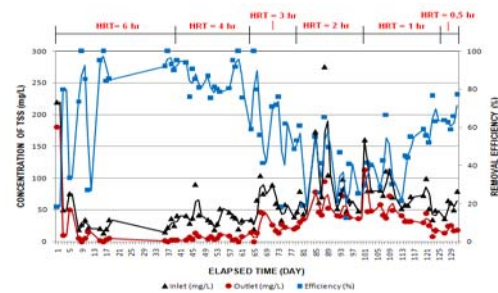
Dalam pengujian pengolahan air sungai dengan biofilter, warna tidak berkurang secara signifikan. Warna pada Kali Cengkareng Drain berkisar 8 sd 82 Pt co, setelah diolah menjadi berkisar 5 – 121 PT co. Namun demikian kadar warna dalam air olahan dengan waktu tinggal satu jam dapat mencapai 15 PT co.



Gambar 8 : Grafik perubahan warna pada air sungai dan air hasil olahan dengan biofilter.

c. Total Padatan Tersuspensi

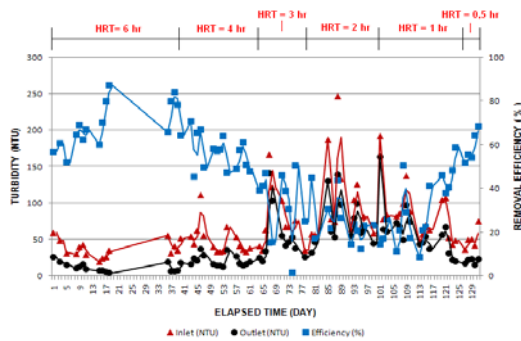
Efisiensi penurunan Total Padatan Tersuspensi berkurang dengan semakin singkatnya waktu tinggal. Namun demikian dalam pengujian ini rata-rata nilai padatan tersuspensi total pada kondisi waktu tinggal 1 (satu) jam masih sekitar 40 mg/l, lebih rendah dari yang ditetapkan oleh baku mutu dalam Peraturan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



Gambar 9 : Grafik Pengaruh WTH pada Efisiensi Penghilangan TSS dengan Biofilter.

d. Turbiditas

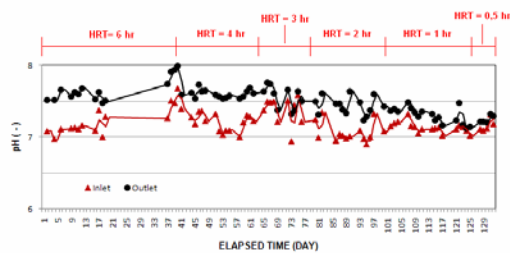
Turbiditas mempunyai peranan penting dalam menentukan proses dalam pengolahan air minum. Efisiensi penurunan turbiditas air hasil olahan air Kali Cengkareng Drain dengan biofilter cenderung turun sejalan dengan bertambah cepatnya waktu tinggal dari 6 jam ke satu jam, namun demikian nilai rata-rata turbiditas untuk waktu tinggal 1 (satu) jam berkisar 60 mg/l, lebih rendah dari yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 100 mg/l.



Gambar 10 : 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 konstant 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 sd 7,5. Nilai pH air olahan masih masuk dalam baku mutu yang ditetapkan.

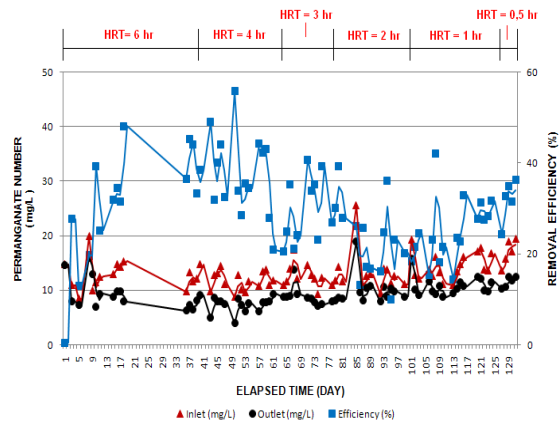


Gambar 11 : Pengaruh WTH pada Efisiensi Penurunan pH Air Olahan Sungai Cengkareng Drain.

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

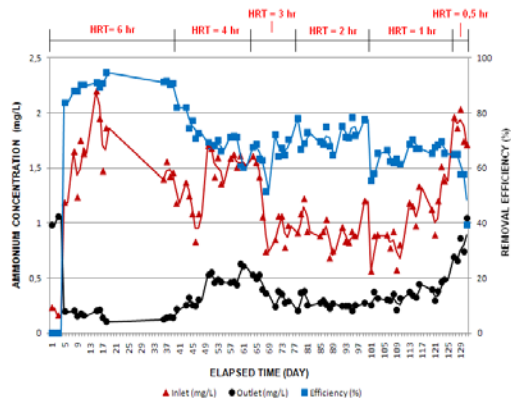
tinggal 0,5 jam terjadi peningkatan karena terjadi perubahan pada kualitas air baku (hujan terjadi perubahan pada kualitas air baku (hujan dihulu ?). Nilai Rata-Rata Permanganant dengan waktu tinggal 1 (satu) jam berkisar 11 mg/l, lebih rendah dari baku mutu yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 15 mg/l.



Gambar 12 : 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 dibawah batas yang ditetapkan oleh Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 1,0 mg/l.

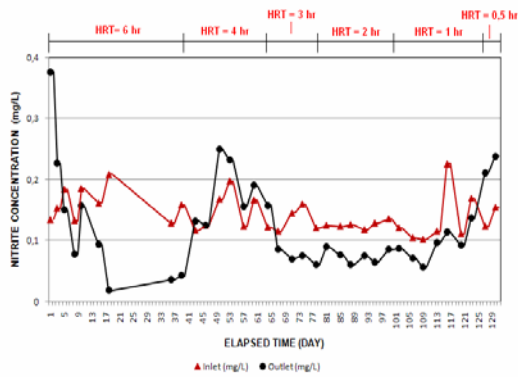


Gambar 13 : Grafik Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Senyawa Amonia.

h. Nitrit

Efisiensi penurunan nitrit sangat fluktuatif, tidak dipengaruhi oleh waktu tinggal hidrolis. Kadar Nitrogen dalam air baku berkisar 0,8 –

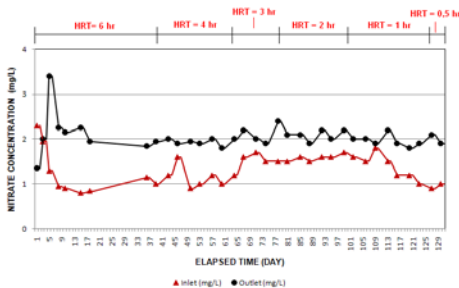
2,3 mg/l, dalam air olahan tidak berubah namun masih berkisar 1,35 – 2,3 mg/l. Nilai rata-rata nitrit dalam air olahan dengan waktu tinggal 1 jam adalah 0,15 mg/l, masih dibawah baku mutu yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 1,0 mg/l.



Gambar 14 : 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 sd 2,3 mg/l, sedangkan dalam air olahan meningkat menjadi 1,35 sd 2,3 mg/l. Nilai rata-rata nitrat dalam air olahan dengan WTH 1 jam masih berkisar 2 mg/l, masih jauh dibawah dari yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995, yaitu 10 mg/l.

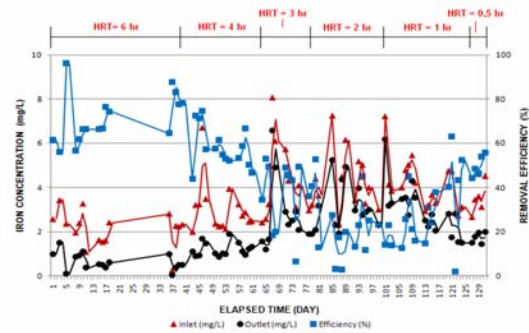


Gambar 15 : Grafik Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Senyawa Nitrat.

j. Zat Besi

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

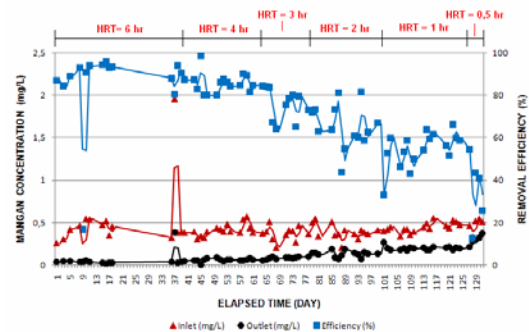
waktu tinggal 1 jam, biofilte hanya mampu menurunkan sampai 2,5 mg/l, sedikit melebihi dari baku mutu yang ditetapkan dalam Pergu7b 582 Tahun 1995, yaitu 2 mg/l.



Gambar 16 : 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, Kn timbul bercak-bercak coklat dan sulit dihilangkan.

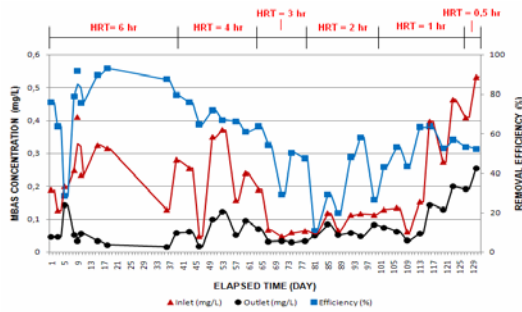


Gambar 17 : Grafik Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Zat Mangan.

l. Detergen

Efisiensi penghilangan deterjen menurun dengan semakin singkatnya WTH, mulai dari 6 jam sd 2 jam, dan secara bertahap meingkat 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.

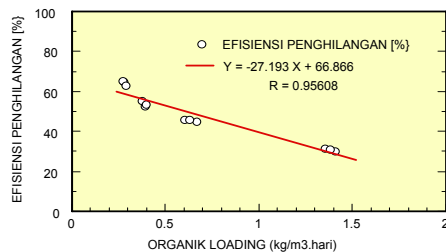
Dalam proses pengolahan air deterjen sangat mengganggu karena menimbulkan busa.



Gambar 18 : Grafik Pengaruh WTH dan Efisiensi Penghilangan Deterjen.

k. Beban dan Efisiensi Penghilangan Bahan Organik.

Setiap Sungai mempunyai karakter air masing-masing, Jika biofilter ingin digunakan dalam Sungai Cengkareng Drain, dengan efisiensi penurunan zat organik 50%, maka beban organiknya tidak boleh melebihi 0,5 kg/m³ media biofilter setia harinya. Namun demikian jika efisiensi proses ingin ditingkatkan, maka volume media biofilternya dapat diperbanyak, sehingga bebannya semakin menurun. Penambahan media biofilter artinya menambah tempat melekatnya bakteri, dengan harapan bakteri yang menempel juga semakin banyak, dengan prosesnya akan menjadi semakin efektif, karena kerja bakteri tidak terlalu berat.



Gambar 19. Grafik Hubungan Antara Beban Organik dengan Efisiensi

6. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

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

1. Proses pembiakan mikroorganisme (*seeding*) secara alami dengan mengalirkan air sungai ke dalam biofilter

secara kontinyu berjalan dengan baik setelah proses berjalan 2-3 minggu.

2. 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 yang ditetapkan dalam Pergub 582 Tahun 1995.
3. Reaktor aerobik biofilter struktur sarang tawon selain efektif dalam menurunkan zat organik, dapat pula digunakan untuk menurunkan kekeruhan, padatan terlarut total, amonia, nitrat, dan deterjen,
4. Zat besi yang sedikit melewati baku mutu dapat dibantu prosesnya dengan menambah karbon aktif bubuk atau oksidator sebelum masuk kedalam proses pengolahan air minum.
5. Hasil identifikasi mikroorganisme 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*.
6. Kolam pengendapan pada unit pengolahan air minum yang mempunyai WTH berkisar 45 – 60 menit dapat dimodifikasi menjadi reaktor aerobik biofilter struktur sarang tawon, dengan demikian perubahan pada sistem tidak banyak menambah biaya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alaert, G dan Sumestri, Sri S., "Metoda Penelitian Air", Usaha Nasional, Surabaya, 1984.
2. Annonim : " Laporan Pemantauan Kualitas Air Baku Air Minum PAM Jaya, Periode Januari-Februari 1993 ", PAM JAYA Dan KPPL DKI JAKRTA.
3. Bitton G. (1994), "Wastewater Microbiology". Wiley-Liss, New York.
4. Ebie Kunio and Ashidate Noriatsu : " Eisei Kougaku Enshu - Jousuidou To Gesuidou", Morikita Publishing, Tokyo, JAPAN (1992).
5. Fair, Gordon Maskew et.al., " Eements Of Water Supply And Waste Water Disposal", John Willey And Sons Inc., 1971.

6. Flatman, Paul E., "Bioremediation : Field Experience, United State of America ", CRC Press, Inc. 1994.
7. Gouda T., " Suisitsu Kougaku - Ouyouben", Maruzen kabushiki Kaisha, Tokyo, 1979.
8. Grady, C.P.L and Lim, H.C., "Biological Wastewater Treatment", Marcel Dekker Inc. New York, 1980.
9. Hikami, Sumiko., "Shinseki Rosohou Ni Yoru Mizu Shouri Gijutsu (Water Treatment With Submerged Filter)", Kougyou Yousui No.411, 12,1992.
10. JICA:" Water Supply Engineering VOL.I ", Edited By Japan Water works Association.
11. 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.
12. 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.
13. Metclaf And Eddy , " Waste Water Engineering", Mc Graw Hill 1978.
14. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 20 Tahun 1990 Tentang Pengendalian Pencemaran Air, Bappedal, 1991.
15. Reynold, Tom D., "Unit Operations and Processes in Environmental Engineering", B/C Engineering, United State Of America, 1982.
16. Studi Perbaikan Kualitas Air Baku Intake Pam Taman Kota Dengan Proses Biofilter Tercelup, 2010, PT. PALYJA Bekerjasama Dengan PTL - BPPT dan PT. EKM.
17. Sueishi T., Sumitomo H., Yamada K., and Wada Y., " Eisei Kougaku " (Sanitary Engineering), Kajima Shuppan Kai, Tokyo, 1987.
18. Tambo, N and Okasawara, K. " Jousui No Gijutsu (Drinking Water Technology)", HOUDOU, Tokyo, Japan (1992).
19. Viessman W, JR., Hamer M.J., " Water Supply And Polution Control ", Harper & Row, New York,1985.
20. Water Treatment Hand Book, Sixth Edition, 1991. Degremont, Lavoisier Publishing, Paris.
21. Winkler, M.A., "Biological Teratment of Wastewater", John Willey and Sons. New York, 1981.

