

## PENGHILANGAN POLUTAN ORGANIK DALAM AIR BAKU AIR MINUM (SUNGAI SIAK) DENGAN PROSES BIOFILTER STRUKTUR SARANG TAWON

BUDIJONO DAN M. HASBI

Laboratorium Teknologi Pengelolaan Limbah Fapetrika UNRI

Diterima : 29 Maret 2007

Disetujui : 7 Mei 2007

### ABSTRACT

Recently, raw water pollutions in big cities in Indonesia have become serious problems, especially in Pekanbaru, the capital of Riau Province. According to this reason, it is important to develop appropriate low cost technology to solve this problem such as developing pretreatment using biological process such as submerged biofilter. The present study describes the removal organic matter in the river of Siak water using submerged biofilter with honeycomb tube plastic media. In this method, the removal efficiency of organic matter were affected by hydraulic retention time of the water in the reactor. The shorter hydraulic retention time, the less removal efficiency of organic matter.

*Key Words: raw water pollutions, submerged biofilter, honeycomb tube plastic media*

### PENDAHULUAN

Saat ini Sungai Siak digunakan sebagai air baku air minum bagi masyarakat Kota Pekanbaru. Distribusi air olahannya masih berkualitas rendah dan senyawa THMs serta halogen organik lainnya masih kurang mendapat perhatian serius. Padahal senyawa polutan tersebut bersifat karsinogen. Terbentuknya trihalomethanes (THMs) sebagai akibat samping dari proses desinfeksi dengan senyawa khlor yang umum digunakan pada perusahaan air minum. Senyawa THMs terbentuk akibat reaksi antara khlorine dengan senyawa alami seperti "humic substances" yang ada dalam air baku air minum (Culp, 1984; Wisnuprpto dan Mohajit, 1992).

Adanya senyawa THMs dan halogen lainnya dalam air minum dalam kadar tertentu tidak terlepas dari buruknya kualitas air baku, sementara teknologi pengolahan air minum yang digunakan masih sederhana dan memerlukan biaya produksi yang tinggi. Akibatnya terjadi peningkatan penggunaan senyawa khlor dan saat ini masih menjadi pilihan utama sebagai bahan desinfektan sehingga akan meningkatkan terbentuknya senyawa THMs dan halogen organik lainnya.

Air Sungai Siak telah tercemar baik secara alami ataupun oleh aktivitas manusia seperti air limbah domestik dan industri baik yang diolah ataupun tidak diolah menjadi penyebab terbentuknya senyawa THMs baik secara langsung maupun tidak langsung. Hal ini disebabkan air sungai banyak mengandung precursor THMs, misalnya senyawa humus (*humic and fulvic substances*), senyawa organik (BOD, COD), amoniak, besi, mangan, MBAS, phenol dan bakteri coliform. Sungai Siak juga menerima air limpasan (*run off*) dari daerah hulu yang membawa sejumlah besar polutan organik dan anorganik yang akan memperbesar kandungan senyawa precursor THMs.

Upaya untuk menghindari atau mengurangi terbentuknya THMs dalam air minum, yaitu menghilangkan secara langsung atau tidak langsung senyawa precursor yang menimbulkan terbentuknya THMs. Suatu cara yang perlu dikaji dan sebagai alternatif dalam proses pendahuluan pengolahan air baku untuk air minum adalah proses biofilter media PVC sarang tawon untuk memperoleh efisiensi penghilangan senyawa polutan organik dalam air baku tersebut.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengelolaan Limbah Faperika Unri di bulan Juni - Nopember 2006 dengan metode eksperimen tanpa rancangan percobaan. Sumber air baku yang akan diolah adalah air Sungai Siak. Mikroorganisme alami dalam air baku Sungai Siak ditumbuhkan dengan cara mengalirkan air baku tersebut secara kontinyu ke dalam reaktor biofilter melalui media PVC sarang tawon sampai terbentuknya lapisan biofilm yang melekat pada media. Suplai udara secara terus menerus diberikan untuk pertumbuhan mikroorganisme melalui alat pompa udara (aerator) ke dalam reaktor.

Model reaktor biologis yang digunakan merujuk pada Said dan Hidayati (2002). Reaktor terbuat dari bahan kaca berdimensi 45 (P) x 24 (L) x 60 (T) berkapasitas ± 65 L. Kelengkapan alat dalam reaktor adalah media penyangga dengan spesifikasi bahan PVC sarang tawon, ukuran lubang 2 x 2 cm<sup>2</sup>, ketebalan media 0,5 mm, ukuran modul 30, luas permukaan spesifik ± 226 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, berat spesifik media 30– 35 kg/m<sup>3</sup> dan porositas 98% dan peralatan lain seperti aerator, paralon PVC 0,5 inci, elbow 0,5 inci, floksok PVC bentuk T, floksok PVC 0.5 inci, kran PVC 0,5 inci, siltif, lem PVC, gergaji besi, meteran, ampelas dan bor mesin. Bahan dan alat dalam analisis COD seperti larutan K<sub>2</sub>CrO<sub>7</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.(SO<sub>4</sub>).6H<sub>2</sub>O, HgSO<sub>4</sub>, asam sulfamat dan potassium hydrogen phthlate, botol COD, erlenmeyer, labu semprot, pipet gondok, labu ukur, beaker glass, pH meter dan termometer.

Respon yang diukur adalah penghilangan atau penurunan polutan organik berdasarkan uji COD baik pada kondisi pertumbuhan (*seeding*) mikroorganisme selama dua minggu maupun variasi waktu hidrolisis setelah kondisi reaktor biologis mencapai atau mendekati stabil. Selain COD, diukur juga pH dan suhu.

Air Sungai Siak diambil dari lokasi *water intake* PDAM Pekanbaru sebanyak 5 m<sup>3</sup>, kemudian ditampung dan dialirkan ke dalam reaktor secara *up flow*. Air dialirkan ke dalam bak pengendapan awal, kemudian masuk ke dalam bak biofilter yang telah berisi media PVC sarang tawon, selanjutnya menuju ke bak pengendapan akhir sebagai air olahan. Kondisi yang divariasikan adalah waktu tinggal hidrolisis setelah reaktor biologis telah mencapai kondisi stabil. Tahapan pelaksanaan penelitian meliputi: a) persiapan alat-alat dan media serta pembuatan reaktor secara lengkap; b) pengambilan air baku; c) pertumbuhan (*seeding*) mikroorganisme pada media hingga terbentuk biofilm dengan memberikan suplai oksigen ke dalam bak pengendapan awal selama lebih kurang dua minggu; dan d) kondisi operasional (stabil) dilihat dari telah tercapainya efisiensi penghilangan senyawa polutan organik (COD) relatif stabil. Pada kondisi ini dilakukan variasi waktu, yaitu 1, 2, 3 dan 4 jam untuk melihat kemampuan bioreaktor dalam menyisihkan zat organik.

Pada kondisi *seeding microorganism*, sampel diambil tiap hari selama 20 hari pada influen dan efluen reaktor untuk mengetahui reaktor telah mencapai kondisi stabil. Pemenuhan kondisi stabil dilakukan dengan mengukur polutan organik (COD) terhadap waktu pada influen dan efluen reaktor termasuk pH dan suhu. Setelah kondisi stabil dianggap tercapai, pengambilan sampel pada reaktor disesuaikan dengan waktu hidrolisis yang telah ditetapkan dengan mengambil cuplikan air sampel sebanyak 3 kali ulangan baik influen dan efluen reaktor.

Evaluasi efisiensi penghilangan polutan organik dari proses yang terjadi dalam biofilter dilakukan dengan membandingkan nilai COD di influen dan efluen reaktor. Untuk mengetahui hubungan waktu tinggal hidrolisis terhadap penghilangan senyawa organik (COD) dianalisa secara regresi linear sederhana, kemudian data COD, pH dan suhu dibahas secara deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Proses Pengolahan dalam Reaktor

Pengaliran air baku yang akan diolah dilakukan secara terus menerus (*continues flow*) dengan arah aliran secara *up flow* ke dalam bioreaktor bertujuan untuk pembiakan mikroorganisme secara alami hingga tumbuh melekat melapisi permukaan media sarang tawon dan membentuk lapisan biofilm. Dalam bioreaktor ini terjadi proses pengolahan biologis secara aerob yang pada hakekatnya memanfaatkan aktivitas mikroorganisme aerob maka untuk mendukung pembiakannya disuplai oksigen melalui pompa udara (aerator) ke dalam ruang pengendapan awal. Menurut Siebel (dalam Herlambang dan Marsidi, 2003), lapisan biofilm (biomassa) merupakan lapisan sel mikroba yang berkaitan dengan penguraian zat organik yang melekat pada suatu permukaan media.

Mikroorganisme alami digunakan karena senyawa organik di alam dapat terurai menjadi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan sejumlah senyawa an-organik yang stabil oleh aktifitas mikroorganisme dalam bentuk konsorsium/campuran dari berbagai spesies tertentu yang telah memiliki adaptasi dan kemampuan metabolisme tinggi di lingkungan air baku, seperti bakteri, eumycetes dan protozoa. Kelompok mikroorganisme ini berukuran sangat kecil tetapi kemampuan metabolismenya sangat tinggi. Identifikasi jenis mikroorganisme pada air baku air Sungai Siak tidak dilakukan, sehingga gambaran mikroorganisme merujuk dari Said dan Hidayati (2002). Didapatkan mikroorganisme yang berperan dalam penguraian substrat selama pengoperasian biofilter tercelup adalah *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Clostridium tetani*, *Proteus vulgaris*, *Nitrobacter* dan *Nitrosomonas* pada air baku Sungai Krukut. Menurut Metcalf dan Edy (dalam Said dan Hidayati, 2002), biofilm

yang terbentuk pada lapisan media dinamakan *zoogleal film* yang terdiri dari bakteri, fungi, alga dan protozoa. Namun sel bakteri yang paling berperan dan banyak dipakai secara luas di dalam proses pengolahan air buangan sehingga struktur sel mikroorganisme lainnya dapat dianggap sama dengan bakteri.

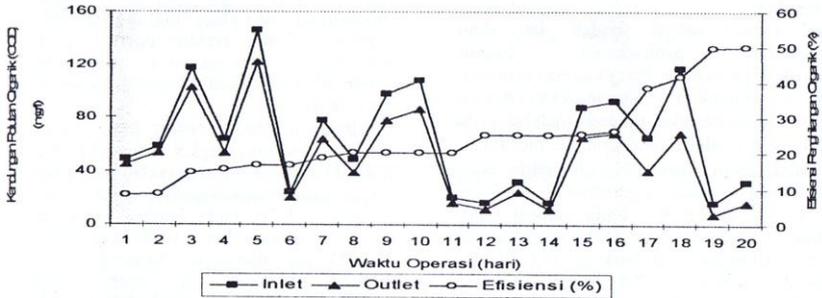
### Pertumbuhan Mikroorganisme

Setelah proses berjalan dua minggu selanjutnya, mikroorganisme sudah mulai tumbuh dan berkembang biak dengan membentuk biofilm pada permukaan media, meskipun biofilm yang terbentuk masih sangat tipis. Mikroorganisme yang membentuk *biofilm* ini akan menguraikan polutan organik yang terdapat pada air baku. Air Sungai Siak yang akan diolah dikontakkan dengan biofilm yang melekat pada permukaan media.

Zat pencemar organik yang ada di dalam air baku akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan media PVC sarang tawon. Menurut Said (2005), pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen terlarut di dalam air baku yang disuplai melalui pompa udara (aerator), senyawa polutan organik tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa. Menurut Grady dan Lin (1980), mekanisme yang terjadi pada reaktor melekat diam dan terendam adalah (1) transportasi dan adsorpsi zat organik dan nutrien dari fasa liquid ke fasa biofilm, (2) transportasi mikroorganisme dari fasa liquid ke fasa biofilm, (3) adsorpsi mikroorganisme yang terjadi ke dalam lapisan biofilm, (4) reaksi metabolisme mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan biofilm memungkinkan terjadinya mekanisme pertumbuhan, pemeliharaan, kematian dan lysis sel, (5) pelekatan mikroba pada permukaan media pada saat lapisan biofilm mulai terbentuk

dan terakumulasi pada lapisan biofilm dan (6) mekanisme pelepasan (*detachment biofilm*) dari produk lainnya (*by product*). Pertumbuhan mikroorganisme diamati berdasarkan penghilangan senyawa polutan organik melalui uji COD di dalam bioreaktor setelah dua minggu proses berjalan. Menurut

Said (2005), proses biofilter dikatakan telah berada dalam kondisi stabil (*steady state*) jika biofilm tumbuh dengan baik dan efisiensi penghilangan relatif konstan. Proses biofilter telah berada dalam kondisi realtif stabil ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Penurunan Senyawa Polutan Organik Dalam Inlet dan Outlet serta Efisiensi Penghilangan Senyawa Polutan Organik Selama Proses *Seeding* Mikroorganismse**

Efisiensi penghilangan senyawa polutan organik pada awal pengoperasian sangat rendah. Hal ini disebabkan pada awal operasi pertumbuhan mikroorganisme belum optimal ataupun biofilm yang terbentuk masih sangat tipis. Sejalan dengan bertambahnya waktu, efisiensi cenderung meningkat dan stabil pada pengoperasian hari ke-12 hingga 16, namun nilai efisiensinya masih rendah.

Peningkatan efisiensi mendekati 50% tercapai pada hari ke-19 (49,79%) dan 20 (50,06%) sehingga dapat dianggap proses biofilter berada dalam kondisi stabil. Hal ini juga menggambarkan bahwa mikroorganisme pada reaktor telah berkembang baik (tumbuh) dan membentuk biofilm yang lebih tebal dari hari sebelumnya yang akan menguraikan senyawa polutan organik. Dibandingkan dengan hasil penelitian Said dan Hidayati

(2002), efisiensi penghilangan senyawa organik lebih tinggi mencapai 70%. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya perbedaan kandungan senyawa organik, jumlah dan jenis mikroorganisme, pH dan suhu serta adanya bahan beracun dalam air baku Sungai Siak dengan Sungai Krukut sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme yang membentuk lapisan biofilm pada media. Menurut Garno (*dalam* Said dan Hidayati, 2002), pembentukan biofilm dan aktivitas mikroorganisme erat kaitannya dengan faktor ketersediaan makanan (bahan organik), pH dan suhu serta adanya bahan beracun seperti phenol, khlor bebas, cyanida, formaldehide dan sebagainya.

Secara keseluruhan, efisiensi penghilangan senyawa organik (COD) dari hari ke-1 sampai ke-20 mengalami peningkatan hingga cenderung stabil. Hal ini menunjukkan pada

awal pertumbuhan mikroorganisme dan pembentukan lapisan biofilm pada media membutuhkan waktu beberapa minggu, dan sesuai pendapat Ritmann *et al.* (dalam Herlambang dan Marsidi, 2003) menyatakan bahwa proses tersebut dikenal dengan proses pematangan mikroorganisme. Efisiensi penghilangan senyawa polutan organik pada awal proses sangat rendah dan akan mengalami peningkatan dengan terbentuknya biofilm. Penghilangan senyawa polutan organik ini menunjukkan bahwa mikroorganisme telah tumbuh melekat pada permukaan media dan membentuk biofilm.

Kondisi suhu dan pH air pada saat pembiakan mikroorganisme berkisar 25–31,5°C dan 6–8,5. Pada kondisi yang sama, Said dan Hidayati (2002) mendapatkan suhu air berkisar 27,8–28,9°C dan pH berkisar 7–7,5. Suhu air yang didapatkan tidak dikondisikan dan dipengaruhi oleh suhu udara, cahaya matahari yang menembus unit alat biofilter dari bahan kaca dan kondisi cuaca seperti cuaca cerah dan adanya hujan pada saat penelitian dilakukan, karena penempatan dan operasional unit alat biofilter di luar laboratorium. Secara keseluruhan mikroorganisme membutuhkan kisaran pH 6,5 – 9 (Reynold, 1982) dan mikroorganisme seperti bakteri akan tumbuh dengan baik pada kondisi sedikit basa dengan kisaran 7–8.

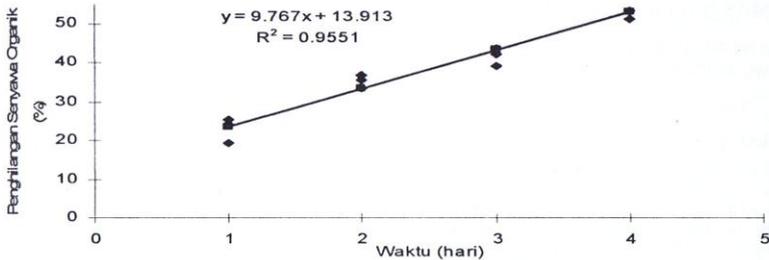
#### **Hubungan Waktu Tinggal (WT) dengan Efisiensi Penghilangan Senyawa Organik**

Untuk mengetahui hubungan waktu tinggal hidrolisis terhadap efisiensi penghilangan senyawa organik, maka dilakukan variasi waktu tinggal di dalam reaktor menjadi 1, 2, 3 dan 4 jam setelah proses pembiakan mikroba mendekati stabil. Dengan variasi WT tersebut diperoleh kisaran efisiensi secara berurutan, yaitu 19,38 – 25,45; 33,41 – 36,65; 39,06 – 43,78; dan 51,04 – 53,35%. Setelah waktu tinggal diubah menjadi 4 jam,

efisiensi penghilangan senyawa organik tertinggi sekitar 53% dan terendah menjadi sekitar 51%. Fenomena fluktuasi efisiensi penghilangan senyawa organik juga terjadi setelah waktu tinggal diubah menjadi 3, 2 dan 1 jam. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya perbedaan jumlah senyawa organik dan faktor penghambat aktivitas mikroorganisme yang masuk ke influen reaktor selama waktu operasi reaktor sehingga mikroorganisme memerlukan waktu adaptasi dalam menguraikan senyawa organik tersebut.

Berdasarkan hasil tersebut juga diketahui bahwa semakin singkat (pendek) waktu tinggal hidrolisis, yaitu dari satu jam menjadi empat jam, efisiensi penghilangan senyawa organik (COD) pada kondisi stabil juga menjadi semakin kecil yaitu dari rata-rata 23,01% dan meningkat menjadi rata-rata 53,40%. Kondisi ini serupa dengan penelitian Said dan Hidayati (2002) dari satu menjadi empat jam WTH, efisiensinya 30,92% meningkat menjadi 64,27%. Hal ini disebabkan semakin sedikitnya peluang mikroorganisme untuk dapat memanfaatkan senyawa organik untuk proses metabolisme tubuhnya sebagai akibat semakin singkatnya waktu kontak antara bahan organik dengan mikroorganisme pada lapisan biofilm. Penghilangan substrat (senyawa organik) oleh lapisan mikroba akan bertambah secara linier dengan bertambahnya ketebalan film sampai dengan ketebalan maksimum, penghilangan tetap konstan dengan bertambahnya ketebalan lebih lanjut (La Moyya *dalam* Winkler, 1981).

Untuk melihat sejauh mana hubungan antara waktu tinggal hidrolisis pada saat kondisi operasi stabil dengan efisiensi penghilangan senyawa organik ditunjukkan pada Gambar 2. Dilihat dari  $R^2$  menunjukkan bahwa waktu tinggal hidrolisis dapat meningkatkan efisiensi penghilangan senyawa organik sebesar 95,51% dan sisanya ditentukan oleh faktor lain.



**Gambar 2. Hubungan Antara Waktu Tinggal Hidrolisis dengan Efisiensi Penghilangan Senyawa Organik**

### KESIMPULAN

Efisiensi penghilangan senyawa organik tercapai 50% pada kondisi *seeding* mikroorganisme. Semakin kecil waktu tinggal (WT), efisiensi penghilangan zat organik semakin kecil dengan rata-rata efisiensi 23,01% (WT 1 jam), 35,22% (WT 2 jam), 41,70% (WT 3 jam) dan 53,40% (WT 4 jam).

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pengelola Penelitian Proyek DIK Suplemen (DPP/SPP) Tahun Anggaran 2005/2006 (Lembaga Penelitian UNRI) selaku penyandang dana, Kepala Laboratorium TPL Faperika Unri serta berbagai pihak yang telah turut membantu dan memberikan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Culp, G. 1984. Trihalomethane Reduction in Drinking Water. Technologies, Cost, Effectiveness, Monitoring, Compliance. Noyes Publication, New Jersey. 251pp.
- Grady, C.P.I. and H.C. Lin, 1980. Biological Wastewater Treatment. Marcel Dekker Inc., New York. 324 pp.

- Herlambang, A. dan R. Marsidi. 2003. Proses Denitrifikasi dengan Sistem Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Nitrat. *Jur. Tek. Lingkungan*. 4 (1): 46-55.
- Reynold, T. D. 1982. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. B/C Engineering, United State of America.
- Said, N. I dan S.M. Hidayati. 2002. Pengaruh Biofilter Tercelup terhadap Penghilangan Polutan Organik dalam Air Baku Air Minum. *Jur. Tek. Lingkungan*. 2 (1): 12-25.
- \_\_\_\_\_. 2005. Aplikasi Bio-Ball Untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean. *Jur.Tek. Lingkungan*. 1 (1): 1-11.
- Winkler, M.A. 1981. Biological Treatment of Wastewater. John Wiley and Sons, New York. 210 pp.
- Wisnuprpto dan Mohajit. 1992. Dasar Pengendalian Pencemaran Air. PAU. Bioteknologi ITB, Bandung. 146 hal.