

Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit

Hospital Wastewater Treatment Technology

Prayitno*

Program Doktor Kajian Lingkungan dan Pembangunan Universitas Brawijaya

Abstrak

Air limbah rumah sakit mengandung polutan yang bersifat toksid, infeksius, bahkan radioaktif sehingga berpotensi menimbulkan dampak terhadap pencemaran lingkungan dan kesehatan masyarakat. Disamping itu dengan minimnya jumlah rumah sakit di Indonesia yang memiliki IPAL yaitu sebanyak 36%, dan yang memenuhi persyaratan IPAL sebesar 52% maka potensi dampak yang ditimbulkan akan semakin nyata. Pemilihan teknologi pengelolaan air limbah dengan demikian sangat penting. Makalah ini bertujuan untuk menganalisis aspek – aspek yang perlu dipertimbangkan dalam memilih jenis teknologi pengelolaan air limbah rumah sakit secara deskriptif. Dengan menggunakan pendekatan aspek teknis, aspek ekonomis dan aspek keberlanjutan terhadap beberapa teknologi pengolahan air limbah rumah sakit yang berkembang saat ini, dapat direkomendasi bahwa kombinasi teknologi pengolahan biofilter anaerob – aerob dan ozonasi adalah teknologi yang efektif dalam pengolahan air limbah rumah sakit.

Kata kunci: limbah rumah sakit, polutan, teknologi pengelolaan limbah

Abstract

Hospital wastewater contains pollutant which has been recognized toxic, infectious and radioactive that able to degrade environment and community health. In Indonesia, only 36% of hospital has wastewater treatment instrument (IPAL), and among them only 52% meet the national standard. These situation potentially lead to pollution that threat environments. Promoting hospital water treatments therefore become significant. This reviews aims to analyze general aspect to choose proper technology for hospital water treatments. Using technical and economical aspects as well as sustainability perspective, it is recommended that combination of biofilter anaerob – aerob technology and ozonization is the effective strategy to manage and process hospital wastewater in Indonesia.

Keywords: hospital wastewater, pollutant, wastewater threatment technology

PENDAHULUAN

Air limbah rumah sakit adalah buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan rumah sakit. Berdasarkan kandungan polutan, air limbah rumah sakit dapat digolongkan dalam air limbah klinis dan air limbah non klinis (Arifin, 2008). Air limbah non klinis berasal dari kegiatan domestik umumnya mengandung polutan organik yang cukup tinggi dan dapat diolah dengan proses pengolahan secara biologis, sedangkan air limbah klinis berasal dari kegiatan medis banyak mengandung logam berat, bahan

toksik dan infeksius. Jika tidak diolah dengan baik maka limbah tersebut dapat menimbulkan pencemaran lingkungan perairan maupun air tanah yang selanjutnya berdampak pada kesehatan masyarakat. Beberapa dampak yang ditimbulkan oleh air limbah rumah sakit antara lain adalah gangguan kehidupan akuatik, timbulnya berbagai penyakit antara lain liver, kanker otak, leukimia, disentri, HIV (Kusnopranto, 1993; WHO, 1999)

Departemen Kesehatan (1997) mengungkapkan bahwa jumlah rumah sakit di Indonesia sebanyak 1090 dengan 121.996 tempat tidur. Berdasarkan hasil kajian terhadap 100 rumah sakit yang ada di Jawa dan Bali menyebutkan bahwa produksi limbah padat rumah sakit sebesar 376.089 ton per hari dan produksi air limbah sebesar 48.985,70 ton per hari dengan

* Alamat Korespondensi Penulis

Prayitno

E-mail : prayitno_polmal@yahoo.com

Alamat : Program Pascasarjana, Universitas Brawijaya,

Jl. MT. Haryono 169, Malang

rincian limbah domestik (76,8%) dan limbah infeksius (23,2%). Sedangkan di negara maju, produksi limbah rumah sakit diperkirakan sebanyak 0,5 - 0,6 kg per tempat tidur rumah sakit perhari. Berdasarkan hasil studi di berbagai lokasi rumah sakit di Jakarta tahun 2004 diketahui bahwa rumah sakit menghasilkan limbah domestik (85%), limbah infeksius (9,5%), limbah patogen (1,5%) dan limbah berbahaya (4%).

Hasil *Rapid Assessment* tahun 2002 yang dilakukan oleh Ditjen P2MPL Direktorat Penyediaan Air dan Sanitasi yang melibatkan Dinas Kesehatan Kabupaten dan Kota, menyebutkan bahwa sebanyak 648 rumah sakit dari 1.476 rumah sakit yang ada, hanya 36% yang memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Dari jumlah tersebut kualitas limbah cair yang telah melalui proses pengolahan yang memenuhi baku mutu hanya sebanyak 52%.

Berdasarkan data tentang kandungan polutan yang ada dalam air limbah rumah sakit, dampak dan volume limbah yang dihasilkan serta rendahnya efisiensi IPAL rumah sakit di Indonesia, maka air limbah rumah sakit perlu diolah dengan teknologi pengolahan yang tepat. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan analisis aspek teknis, aspek ekonomis, dan aspek keberlanjutan terhadap teknologi pengolahan air limbah rumah sakit yang berkembang saat ini.

Aspek Teknis Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit

Teknologi pengolahan air limbah dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis yaitu pengolahan secara fisik, pengolahan secara kimia dan pengolahan secara biologi. Tetapi dalam implementasinya ketiga jenis pengolahan tersebut tidak dapat dilakukan secara parsial tetapi dilakukan secara kombinasi dan terintegrasi, dalam bentuk pengolahan secara fisik-kimia-biologi, pengolahan secara fisik-biologi maupun pengolahan secara kimia-biologi. Secara biologis terdapat 3 jenis pengolahan yaitu pengolahan secara aerobik (dengan udara), anaerobik (udara terbatas), atau fakultatif. Pengolahan secara biologis aerobik diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) (Tchobanoglous, 2003).

Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air. Pada proses ini mikroorganisme yang digunakan dibiakkan

secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan sistem biakan tersuspensi antara lain proses lumpur aktif standar/konvensional (*standard activated sludge*), *step aeration*, *contact stabilization*, dan *extended aeration*, *oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit).

Teknologi proses pengolahan air limbah rumah sakit yang sering digunakan antara lain adalah proses aerasi kontak (*Contact Aeration Process*), reaktor putar biologis (*Rotating Biological Contactor, RBC*), proses lumpur aktif (*Activated Sludge Process*), proses biofilter "*Up Flow*", proses "biofilter anaerob-aerob" serta proses ozonasi. Teknologi pengolahan lainnya merupakan pengembangan dari kelima teknologi tersebut, misalnya: *Integrated Anaerobic-Aerobic Fixed Film Bioreactor*, *Kombinasi Activated Sludge - Biological Contactor*, *Bee Nest Media*.

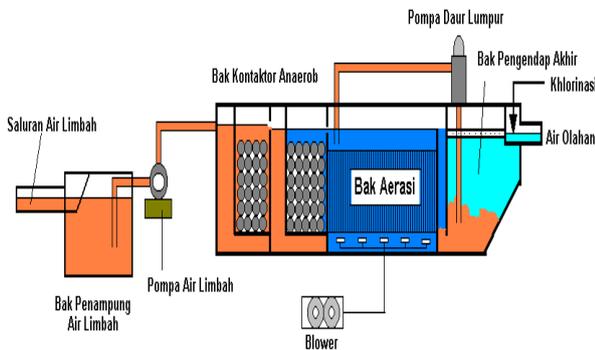
Penilaian aspek teknis dalam teknologi pengolahan air limbah rumah sakit diartikan sebagai penilaian terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi secara teknis kinerja IPAL, yaitu pada saat desain IPAL atau saat operasi IPAL. Metcalf (1991) menyebutkan bahwa dalam desain dan pemilihan teknologi pengolahan air limbah terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan, antara lain pengalaman desainer, kebijakan instansi, biaya operasional, biaya perawatan, ketersediaan lahan, ketersediaan alat, dan perkembangan teknologi.

Teknologi pengolahan yang efisien dengan luas lahan terbatas yang sesuai dengan kemampuan biaya pemrakarsa merupakan pilihan teknologi yang diharapkan. Pada sisi lain, untuk membangun suatu IPAL agar dapat beroperasi secara optimum harus dilakukan beberapa tahapan pekerjaan. Tahapan tersebut meliputi studi karakteristik air limbah, peninjauan lokasi dan pembuatan profil hidraulik. Berdasarkan perbedaan karakteristik air limbah, luas lahan serta kemampuan pembiayaan dari masing - masing rumah sakit maka setiap rumah sakit memiliki jenis teknologi IPAL yang tidak sama. Beberapa aspek teknis dari suatu IPAL dilihat dari kelebihan dan kelemahan dari masing-masing teknologi IPAL dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Aerasi Kontak (*Contact Aeration Process*)

Proses pengolahan dengan aerasi kontak terdiri atas dua bagian pengolahan yaitu pengolahan primer dan pengolahan sekunder. Pengolahan primer dilakukan dengan saringan

dan bak pengendap untuk mengambil partikel atau padatan tersuspensi. Pengolahan sekunder dilakukan dengan bak kontak anaerob yang berisi media plastik atau kerikil atau batu sebagai media pertumbuhan mikroorganisme dan bak aerob yang berisi media bahan plastik atau batu apung sebagai media pertumbuhan mikroorganisme yang dihembuskan udara. Dalam bak aerob, bahan organik yang terdapat dalam air limbah didegradasi oleh mikroorganisme (biodegradasi) menjadi senyawa sederhana yang tidak bersifat polutan. Air yang keluar dari bak aerob selanjutnya dimasukkan ke dalam bak pengendap akhir kemudian dilakukan klorinasi untuk menghilangkan bahan polutan patogen (Eckenfelder, 2003).



Gambar 1. Diagram proses pengolahan air limbah dengan proses aerasi kontak (Eckenfelder, 2003)

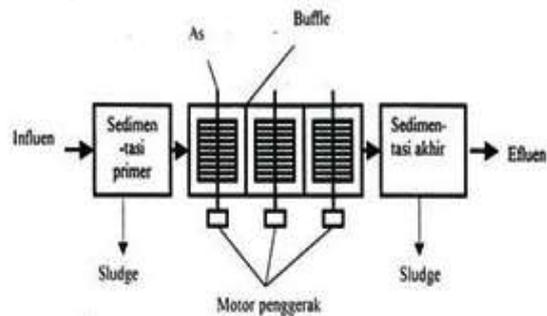
Keunggulan teknis proses aerasi kontak, antara lain adalah pengoperasiannya mudah, dapat diaplikasikan untuk volume air limbah yang besar, mampu menghilangkan nitrogen dan fosfor, dapat digunakan untuk beban BOD air limbah yang cukup besar, dan efisiensi pengolahan tinggi. Sedangkan kekurangan teknis proses aerasi kontak adalah lumpur yang dihasilkan relatif banyak sehingga perlu teknik dan manajemen pengolahan lumpur, luas lahan yang dibutuhkan besar, dan suplai udara untuk aerasi relatif besar.

2. Pengolahan air limbah dengan reaktor putar biologis (Rotating Biological Contactor, RBC)

Pengolahan dengan proses RBC merupakan salah satu jenis pengolahan biologi menggunakan mikroorganisme dengan pertumbuhan terikat. Prinsip kerja pengolahan air limbah dengan RBC yakni air limbah yang mengandung polutan organik dikontakkan dengan lapisan mikroorganisme (*microbial film*) yang melekat pada permukaan media yang berupa disk terbuat

dari bahan polimer yang berputar di dalam suatu reaktor. Melalui kontak ini maka mikroorganisme akan menguraikan atau mengambil senyawa organik yang ada dalam air limbah serta mengambil oksigen yang larut dalam air limbah dan atau dari udara untuk proses metabolismenya, sehingga kandungan senyawa organik dalam air limbah menjadi berkurang. Senyawa hasil metabolisme mikroorganisme tersebut akan keluar dari biofilm dan terbawa oleh aliran air atau yang berupa gas akan tersebar ke udara melalui rongga-rongga yang ada pada mediumnya, sedangkan padatan tersuspensi (SS) akan tertahan pada permukaan lapisan biologis (biofilm) dan akan terurai menjadi bentuk lain yang larut dalam air (Droste, 1997)

Keunggulan teknis sistem RBC yaitu proses operasi maupun konstruksi sederhana, kebutuhan energi relatif kecil, tidak memerlukan suplai udara, lumpur yang terjadi relatif kecil dibandingkan dengan proses lumpur aktif, serta relatif tidak menimbulkan buih. Sedangkan kekurangan teknis sistem RBC antara lain pengontrolan jumlah mikroorganisme sulit dilakukan, sensitif terhadap perubahan temperatur, efisiensi penurunan BOD rendah, dapat menimbulkan pertumbuhan cacing rambut, serta kadang-kadang timbul bau yang kurang sedap



Gambar 2. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC (Droste, 1997)

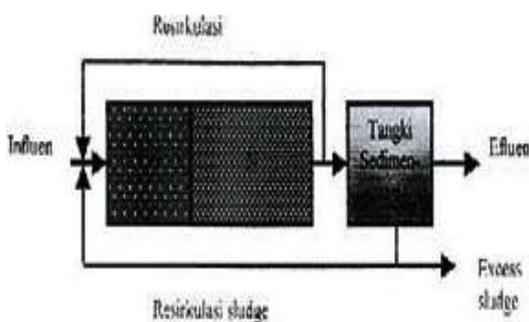
Abie Wiwoho (2009) memperkenalkan teknologi pengolahan air limbah rumah sakit dengan sistem *Bee Nest Media*. Teknologi ini merupakan pengembangan dari teknologi biofilter anaerob-aerob. Sistem pengolahan limbah *Bee Nest Media* mempergunakan bak II, III dan IV yang terbuat dari plastik dengan bentuk menyerupai sarang lebah (*Bee Nest*). Bak ini diisi media untuk pertumbuhan bakteri pengurai. Teknologi memiliki beberapa keunggulan, antara lain adalah mudah dibuat, hemat energi, adaptif

terhadap beban limbah, lumpur yang dihasilkan relative sedikit, efisien, dan sederhana bentuknya.

3. Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)

Salah satu contoh dari penggunaan proses lumpur aktif adalah IPAL di Pavilyun Kartika RSPAD Gatot Subroto Jakarta. Pada proses ini terdiri dari bak pengendap awal, bak aerasi, bak pengendap akhir, serta bak khlorinasi untuk membunuh bakteri patogen. Proses pengolahan dengan proses lumpur aktif dimulai dengan air limbah dari rumah sakit ditampung ke dalam bak penampung kemudian dialirkan ke bak pengendap awal dan dilanjutkan ke bak aerasi. Di dalam bak aerasi dimasukkan udara sehingga mikroorganisme mengalami pertumbuhan dan akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah. Selanjutnya air dialirkan ke bak pengendap akhir, dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme diendapkan dan dipompa kembali ke bagian *inlet* bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur sedangkan air limpasan (*over flow*) dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak khlorinasi kemudian dibuang ke badan air penerima (sungai) (Tchobanoglous, 2003)

Keunggulan teknis proses lumpur aktif adalah dapat mengolah air limbah dengan beban BOD dan volume yang besar, efisiensi pengolahan tinggi. Sedangkan beberapa kelemahan teknis antara lain kemungkinan terjadi *bulking* pada lumpur aktif, terjadi buih, jumlah lumpur yang dihasilkan besar, dan membutuhkan lahan yang luas.



Gambar 3. Diagram proses pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif (Tchobanoglous, 2003)

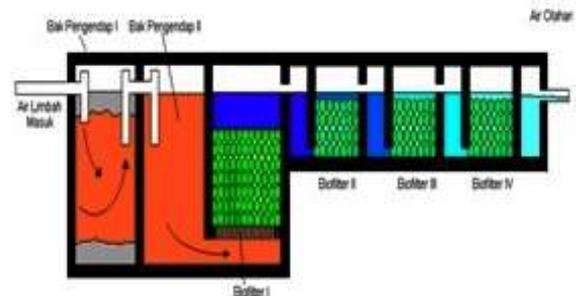
Efisiensi proses pengolahan tergantung pada volume, karakteristik air limbah serta kriteria desain masing-masing teknologi. Sebagai contoh dalam desain teknologi pengolahan secara *activated sludge* dengan tipe *extended aerasi*

dapat digunakan secara efektif untuk air limbah yang mengandung beban BOD sebesar 20-30 tiap kg MLVSS, umur lumpur 0,16 - 0,4 hari, dan waktu retensi 18 - 24 jam. Sedangkan untuk desain *activated sludge* tipe stabilisasi kontak dipersyaratkan beban BOD sebesar 4 - 5 per kg MLVSS, umur lumpur 0,5 - 1 hari, waktu tinggal 3 - 5 jam (Tchobanoglous, 2003).

Perusahaan Greentech.co.ltd (2003) telah mengembangkan teknologi pengolahan air limbah rumah sakit menggunakan teknologi kombinasi *Activated Sludge - Biological Contactor* (ASBC). Teknologi ini mampu mengambil polutan lebih tinggi, yaitu COD (87,8%), total N (71,2%), total P (83,6%), dan Coliform (99,98%).

4. Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilter "Up Flow"

Proses pengolahan air limbah dengan biofilter "*Up Flow*" ini terdiri dari bak pengendap, ditambah dengan beberapa bak biofilter yang diisi dengan media kerikil atau batu pecah, plastik atau media lain. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Bak pengendap terdiri atas 2 ruangan, bak pertama berfungsi sebagai bak pengendap pertama, *sludge digestion* (pengurai lumpur) dan penampung lumpur sedangkan bak kedua berfungsi sebagai pengendap kedua dan penampung lumpur yang tidak terendapkan di bak pertama. Air luapan dari bak pengendap kedua dialirkan ke bak biofilter dengan arah aliran dari bawah ke atas. Air luapan dari bak biofilter kemudian dibubuhi dengan khlorin atau kaporit untuk membunuh mikroorganisme patogen, kemudian dibuang langsung ke sungai atau saluran umum (Eckenfelder, 2003).



Gambar 4. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sisten biofilter "*Up Flow*" (Said, 2003)

Kelebihan teknis proses biofilter '*Up Flow*' antara lain dapat menurunkan kandungan BOD, *suspended solids* (SS), total nitrogen dan fosfor dengan efisiensi tinggi, sistem pengoperasian mudah dan tanpa membutuhkan energi.

Kekurangan sistem ini antara lain kurang efektif untuk volume limbah yang besar.

5. Proses Pengolahan dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob

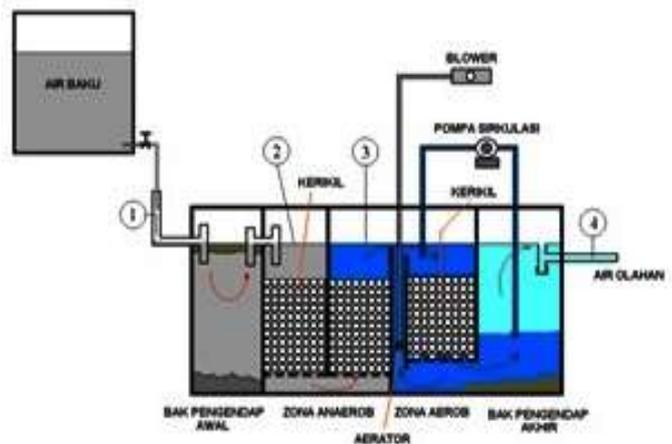
Pengolahan dengan biofilter anaerob-aerob ini merupakan pengembangan dari proses biofilter anaerob dengan proses aerasi kontak. Pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerob-aerob terdiri dari beberapa bagian yaitu bak pengendap awal, biofilter anaerob (*anoxic*), biofilter aerob, bak pengendap akhir, dan jika perlu dilengkapi dengan bak kontaklor.

Air limbah yang mengandung padatan berukuran besar dilakukan penyaringan, kemudian dialirkan ke dalam bak pengendap awal. Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke bak biofilter anaerob dengan arah aliran dari atas-bawah-atas. Bak anaerob berisi media kontak berupa bahan plastik atau kerikil atau batu sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerob atau fakultatif aerob. Air limpasan dari bak anaerob dialirkan ke bak aerob yang berisi media berupa kerikil, plastik (*polyethylene*), batu apung atau bahan serat. Pada saat itu juga dilakukan aerasi atau dihisap dengan udara sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Air dari bak aerob kemudian dialirkan ke bak pengendap akhir, dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme diendapkan dan dipompa kembali ke bagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Air limpasan dialirkan ke bak klorinasi yang selanjutnya dikontakkan dengan senyawa klor untuk membunuh mikroorganisme patogen (Eckenfelder, 2003)

Proses dengan Biofilter "Anaerob-Aerob" mempunyai beberapa keuntungan antara lain mampu mengurangi konsentrasi BOD, COD, *suspended solids* (SS), deterjen (MBAS), ammonium dan phosphor, dan bakteri *Escherichia coli*. Selain itu, teknik ini mempunyai efisiensi pengolahan tinggi, sangat sederhana, sistem pengoperasian mudah dan tanpa membutuhkan energi. Sedangkan kekurangan proses biofilter 'anaerob-aerob' antara lain kurang cocok untuk kapasitas limbah yang besar.

Berdasarkan uji coba yang dilakukan oleh Said (2004) mengungkapkan bahwa kapasitas air limbah 10 - 15 m³ per hari menunjukkan hasil bahwa efisiensi penghilangan BOD 96%, COD

92,8%, total zat padat tersuspensi (SS) 98,8%, Ammonia 76,2% dan deterjen (MBAS) 78%.



Gambar 5. Diagram proses pengolahan dengan proses biofilter anaerob-aerob (Said, 2004)

Rezaee (2005) dalam penelitian pengolahan air limbah rumah sakit dengan menggunakan "Integrated Anaerobic- Aerobic Fixed Film Bioreactor" menyebutkan bahwa efisiensi pengambilan COD sebesar 95,1%, dan bakteri patogen turun secara signifikan. Teknologi ini memberikan keuntungan secara teknis terdapat pada operasi dan perawatan sederhana, pengambilan COD dan bakteri efisien, serta konsumsi energi rendah.

6. Teknologi Pengolahan Dengan Sistem Ozonasi

Teknologi ozonasi merupakan teknologi yang banyak dikembangkan untuk mengambil bahan polutan yang bersifat infeksius dan patogen. Proses ozonasi dilakukan dengan kontak antara air limbah rumah sakit dengan gas ozon pada suatu tangki kontaklor atau gas ozon dikontakkan dalam suatu bak yang berisi air limbah melalui media pipa tercelup. Polutan yang bersifat infeksius maupun patogen dapat dihilangkan dengan mengatur laju aliran dan konsentrasi ozon ke dalam air limbah.

US EPA (1999) telah merekomendasikan penggunaan teknologi ozonasi untuk mengolah air limbah klinis. Melalui proses oksidasi, ozon mampu membunuh berbagai mikroorganisme antara lain *Escherichia coli*, *Salmonella enteridis* serta berbagai mikroorganisme patogen lain. Teknologi oksidasi dapat menguraikan dan menghilangkan senyawa kimia beracun yang berada di dalam air sehingga limbah padat (*sludge*) hasil olahan dapat diminimalisasi hingga mendekati 100%. Melalui pemanfaatan sistem

ozonasi pihak rumah sakit tidak hanya mengolah limbah menjadi tidak berbahaya tetapi juga dapat menggunakan kembali air limbah yang telah diproses (*reuse*).

Beberapa keuntungan penggunaan teknologi ozonasi antara lain adalah operasional dan perawatan sederhana, efisiensi pengambilan COD dan bakteri, serta konsumsi energi rendah. Sedangkan kelemahan teknis teknologi ozonasi adalah kebutuhan bahan kimia mahal dan tidak cocok untuk air limbah dengan volume besar.

Berdasarkan kelebihan dan kelemahan masing – masing teknologi pengolahan air limbah rumah sakit, maka secara teknis dapat dipertimbangkan bahwa untuk air limbah dengan volume kecil maka dipergunakan kombinasi teknologi biofilter anaerob-aerob dan ozonasi, sedangkan untuk air limbah rumah sakit dengan volume besar maka dipergunakan teknologi *activated sludge*.

Aspek Ekonomis Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit

Penilaian aspek ekonomis pada teknologi pengolahan air limbah rumah sakit diartikan sebagai kemampuan teknologi pengolahan dalam mengolah air limbah sebanyak – banyaknya dengan biaya seminimal mungkin serta memberikan *benefit* yang semaksimal mungkin. Tinjauan aspek ekonomis dalam pemilihan teknologi dapat dilihat dari besarnya biaya operasional dan perawatan, biaya investasi, nilai manfaat biaya (*cost benefit*) dan pengakuan atau jaminan produk oleh konsumen. Sebagai contoh ditinjau dari biaya investasi, air limbah rumah sakit dengan kapasitas yang besar akan lebih ekonomis menggunakan teknologi *Activated Sludge Process* dibanding teknologi RBC, biofilter “*Up Flow*” atau teknologi biofilter “anaerob – aerob”. Jika lahan yang tersedia kurang dengan volume air limbah yang kecil, maka teknologi RBC, biofilter anaerob-aerob akan lebih ekonomis dibanding teknologi *Activated Sludge* (Kumar, 2003).

Ditinjau dari sisi *cost benefit*, suatu teknologi IPAL dikatakan memberikan *cost benefit* yang besar jika IPAL tersebut dapat memberikan mafaat yang besar bagi perusahaan. Sebagai contoh, IPAL rumah sakit yang dibangun dengan biaya investasi rendah tetapi dengan keberadaan IPAL tersebut rumah sakit dapat memberikan kepercayaan pada pelanggan atau *stakeholder* akan arti dari pengelolaan lingkungan sehingga pelanggan atau *stakeholder* akan semakin percaya dan merasa puas yang selanjutnya berdampak pada pemberian bantuan dana

maupun pasien yang datang semakin banyak. Sedangkan suatu IPAL yang dibangun dengan biaya investasi besar belum tentu memberikan *cost benefit* yang besar apabila tidak dapat memberikan manfaat dan kepercayaan yang besar pada pelanggan atau *stakeholder*.

Berdasarkan hal tersebut maka dalam memilih teknologi IPAL tidak dapat dilihat dari besarnya investasi dan biaya operasional yang dibutuhkan tetapi harus dilihat dari seluruh aspek yang mempengaruhi nilai ekonomi suatu IPAL dan arti nilai ekonomi suatu IPAL bagi pemilik sehingga memberikan manfaat secara ekonomis yang sebesar-besarnya.

Aspek Keberlanjutan Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit

Aspek keberlanjutan dalam pemilihan teknologi pengolahan air limbah rumah sakit diartikan sebagai masa pemakaian IPAL untuk dioperasikan. Umur teknologi IPAL dipengaruhi oleh perkembangan teknologi, fluktuasi beban air limbah yang diolah, perawatan, perbaikan, serta dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan sekitar. Teknologi IPAL memiliki masa pemakaian lama jika teknologi yang dimiliki IPAL lebih adaptif, kurang berpotensi menimbulkan dampak, fleksibel terhadap beban air limbah yang diolah, serta didukung oleh dana yang cukup.

Tabel 1. Perbandingan aspek keberlanjutan pada beberapa teknologi IPAL

Parameter Aspek Keberlanjutan	Teknologi IPAL					
	1	2	3	4	5	6
Adaptasi terhadap perkembangan Teknologi	-	-	-	+	++	+
Fleksibilitas penggunaan	-	+	-	++	++	+
Biaya operasional dan perawatan	++	+	++	+	+	-
Potensi dampak terhadap lingkungan	++	+	+	++	++	-

Sumber : Hasil kajian dari berbagai referensi

Keterangan :

- 1). *Contact Aeration Process* (CAP)
- 2). RBC
- 3). *Activated Sludge*
- 4). Biofilter “*Up Flow*”
- 5). Biofilter anaerob-aerob
- 6). Ozonas

Tabel 1. menunjukkan bahwa dari aspek keberlanjutan teknologi biofilter *Up Flow* dan teknologi Biofilter anaerob-aerob memiliki keunggulan dibanding teknologi IPAL lainnya. Hal ini disebabkan kedua teknologi tersebut lebih adaptif, fleksibel, biaya operasional rendah serta memiliki potensi dampak terhadap lingkungan yang rendah. Berdasarkan hal tersebut maka pengolahan air limbah rumah sakit yang berkapasitas kecil direkomendasikan untuk menggunakan teknologi biofilter *Up Flow* atau teknologi biofilter anaerob-aerob.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kajian tersebut menunjukkan bahwa teknologi pengolahan air limbah rumah sakit yang berkembang di Indonesia telah mampu mengolah air limbah rumah sakit dengan efisiensi pengolahan relatif tinggi terutama untuk parameter polutan non klinis. Sedangkan untuk memilih teknologi pengolahan yang tepat perlu dilakukan analisis dari aspek teknis, aspek ekonomis dan aspek keberlanjutan.

Ditinjau secara teknis, ekonomis dan keberlanjutannya terhadap enam teknologi pengolahan air limbah rumah sakit dapat direkomendasikan bahwa teknologi biofilter anaerob-aerob adalah pilihan yang tepat untuk digunakan. Hal ini disebabkan teknologi biofilter anaerob-aerob memiliki efisiensi pengolahan tinggi, lebih ekonomis, memiliki potensi dampak kecil dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, M. 2008. Pengaruh Limbah Rumah Sakit Terhadap Kesehatan. FKUI

BAPEDAL. 1999. Peraturan tentang Pengendalian Dampak Lingkungan.

Departement Kesehatan RI. 1997. Profil Kesehatan Indonesia.

Droste, R. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Jhon Wiley Inc. New York.

Eckenfelder, W., Wesley, Jr. 2003. Industrial Water Treatment. Gulf Publishing Company Book Division. Texas

Kusnoputranto, H. 1993. Kualitas Limbah Rumah Sakit dan Dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan dalam Seminar Rumah Sakit. Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan. Universitas Indonesia Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Kusnoputranto, H. 1995. Bahan Toksik di Air dalam Toksikologi Lingkungan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

Kumar, B.M., Chaudhari, S. 2003. Evaluation of sequencing batch reactor (SBR) and sequencing batch biofilm reactor (SBBR) for biological nutrient removal from simulated wastewater containing glucose as carbon source. *Water Science and Technology*. 48:73-9.

Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse*. Mc Graw Hill. New Dehli

Prayitno. 2006. Penurunan warna dan lignin limbah cair industri kertas dengan penyerap Lumpur aktif. *Jurnal Bistek*. Politeknik Negeri Malang. Volume 2 Nomor 2

Prayitno. 2006. Desain Reaktor BioFilter Anaerobic (BIOFAN) Untuk Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula. Politeknik Negeri Malang. Malang

Rezaee A. Ansari M.A. 2005. Hospital Wastewater Treatment Using an Integrated Anaerobic. *American Journal of Environmental Sciences* 1 (4): 259-263

Said, N.I. 2004. Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob. BPPT. Jakarta

Said, N.I. 2003. Makalah Lokakarya Pengelolaan Limbah Cair Rumah Sakit. Jakarta.

Sarwanto, S. 2009. Limbah Rumah Sakit Belum Dikelolah Dengan Baik. Jakarta : UI.

Tchobanoglous, G., Burton, L. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse* 4th edition. Mc Graw-Hill Book. New York.

Diterima : 30 September 2010

Disetujui : 17 Desember 2010