**REDESAIN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) TERPUSAT
MENGUNAKAN SISTEM ANAEROBIK AEROBIK BIOFILTER
DI RSUD Dr. SOETOMO SURABAYA**

Christina Irnani¹⁾ dan Sugito²⁾

^{1) dan 2)}Program Studi Teknik Lingkungan; Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
e-mail : itin_christina@yahoo.co.id

Abstrak

Limbah cair rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi, senyawa patogen, bersifat infeksius yang berpotensi menularkan penyakit dan mencemari lingkungan, Seiring bertambahnya fasilitas pelayanan di RSUD Dr. Soetomo Surabaya maka menyebabkan bertambahnya beban olahan limbah cair. Oleh karena itu perlu dilakukan redesain IPAL terpusat. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang bertujuan untuk meredesain IPAL terpusat di RSUD Dr. Soetomo Surabaya dengan sistem Anaerobik Aerobik Biofilter menggunakan sistem Attached Growth Processes dengan tipe Submerged – Fixed Media. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah survey lapangan, dokumentasi, kajian literatur dan analisis laboratorium untuk mengetahui karakteristik fisik dan kimia limbah cair. Hasil perhitungan debit limbah cair untuk sepuluh tahun mendatang adalah 500 m³/hari. Konsentrasi BOD awal sebesar 154 mg/l dan diperkirakan untuk kebutuhan 10 tahun mendatang mengalami peningkatan sebesar 200% menjadi 308 mg/l yang tergolong dalam kategori kualitas medium. Sistem pengolahan limbah cair Anaerobik Aerobik Biofilter menggunakan media bioball dengan diameter ± 2,5 cm. Efisiensi Penurunan BOD ditetapkan sebesar 90% - 95%, hasil redesain adalah dimensi utama bangunan pengolahan limbah cair dengan ukuran lebar 4,5 m; kedalaman efektif 3 m; panjang bak equalisasi 5 m; bak sedimentasi awal 5 m; bak biofilter anaerobik 14,6 m; bak biofilter aerobik 4,5 m; bak sedimentasi akhir 4,8 m dan bak klorinasi 4,2 m. Hasil perhitungan rencana anggaran biaya untuk pembangunan IPAL Anaerobik Aerobik Biofilter sebesar Rp. 2.260.000.000. Prototype model IPAL dalam penelitian ini dibuat dari bahan kaca dengan skala 1:25, diperoleh dimensi panjang keseluruhan 153 cm; lebar 18 cm dan tinggi 12 cm.

Kata Kunci : Redesain IPAL, Limbah Cair Rumah Sakit, Biofilter

Abstract

Hospital wastewater containing organic compounds are quite high, compounds pathogens, potentially transmit infectious diseases and polluting the environment. Concomitant increase in Dr Soetomo Surabaya Hospital will lead to the increasing burden of wastewater processed. Therefore, it is necessary to redesign their centralized WWTP. This research is aimed to redesign the development of centralized WWTP in Dr Soetomo Surabaya hospital with Anaerobic Aerobic biofilter systems using system-attached growth processes with the type Submerge - Fixed Media. Data collection method used is the field survey, documentation, review of the literature and laboratory analysis to determine the physical and chemical characteristics of the effluent. The results of calculation of liquid waste discharge for the next ten years is 500 m³ / day. Initial BOD concentration is 154 mg / l and is expected to need for the next ten years increased by 200% to 308 mg / l which is classified in the category of medium quality. Anaerobic wastewater treatment system Aerobic biofilter using bioball with a diameter of ± 2.5 cm. Decreased efficiency is 90% BOD - 95%, the main dimensions of the building wastewater treatment is width of 4.5 m; effective depth of 3 m; 5 m length equalization basin; initial sedimentation basin 5 m; anaerobic biofilter tub 14.6 m; aerobic biofilter tub 4.5 m; final sedimentation tanks of 4.8 m and 4.2 m chlorination tub. The results of calculation of the budget plan for the construction of WWTP Anaerobic Aerobic Biofilter Rp. 2,260,000,000. Prototype models of WWTP in this study is made of glass with a 1:25 scale, derived dimensions 153 cm overall length; 18 cm wide and 12 cm high.

Keywords : Redesign of the WWTP, Medical wastewater, Biofilter

PENDAHULUAN

Rumah sakit menghasilkan berbagai macam limbah, baik limbah padat, cair dan gas. Limbah cair merupakan salah satu sumber pencemar lingkungan yang sangat potensial. Limbah cair rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi, mengandung senyawa – senyawa patogen yang dapat menyebabkan penyakit terhadap masyarakat sekitarnya. RSUD Dr. Soetomo Surabaya adalah rumah sakit yang menjadi rujukan di Wilayah Indonesia Timur. Limbah cair yang dihasilkan, dialirkan ke dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terpusat dengan kapasitas 800 m³/hari menggunakan sistem lumpur aktif. Seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat akan pemenuhan fasilitas pelayanan kesehatan yang lebih baik dalam perkembangannya maka dibangun pula beberapa gedung pelayanan. Hal ini dapat menyebabkan semakin meningkatnya jumlah limbah cair yang dihasilkan. Dampak dari peningkatan ini dapat menyebabkan kondisi existing IPAL terpusat saat ini mengalami kelebihan kapasitas olahan.

Untuk mengatasi pertambahan beban pengolahan limbah cair dan buangan limbah cair hasil pengolahan sehingga dapat memenuhi standart baku mutu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013, maka dipandang perlu untuk mendesain ulang kondisi IPAL terpusat. Selain penyesuaian kapasitas IPAL yang ada dengan bertambahnya beban olahan didasarkan pula pada salah satu kriteria penilaian PROPER oleh Kementerian Lingkungan Hidup mengenai kinerja pengolahan limbah cair di suatu perusahaan yang wajib dipenuhi dan berdasarkan Peraturan Lingkungan Hidup No. 32 Tahun 2009. Setiap kegiatan industri termasuk rumah sakit wajib melakukan pengendalian pencemaran lingkungan, pemenuhan baku mutu lingkungan hidup.

Sumber limbah cair rumah sakit berasal dari ruang rawat inap, laboratorium, ruang operasi, ruang hemodialisis, ruang radiologi, dapur gizi dan laundry. Dalam proses pengolahan limbah cair sangat tergantung dari sifat dan karakteristik limbah cair yang akan diolah. Karakteristik limbah cair sangat menentukan sistem dan tahapan proses pengolahan yang dipilih. Limbah cair rumah sakit pada umumnya banyak mengandung polutan zat organik yang tinggi, yang ditandai dengan kandungan BOD, COD, SS, NH₃ sehingga proses pengolahannya dapat dilakukan

dengan teknologi pengolahan biologis. Sedangkan limbah cair yang berasal dari aktivitas laboratorium yang umumnya mengandung senyawa kimia sebelum dilakukan pengolahan biologis harus melalui proses pengolahan awal terlebih dahulu. Pengolahan limbah cair secara biologis adalah proses pengolahan limbah cair yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dengan atau tanpa bantuan oksigen. Pengolahan limbah cair secara biologis dapat dilakukan dengan proses biologis aerobik dan atau biologis an-aerobik (Purwanto, 2010). Salah satu teknologi yang digunakan dalam pengolahan limbah cair rumah sakit adalah Biofilter.

Proses Biofilter menggunakan sistem *attached growth processes* atau proses pengolahan limbah cair sistem pertumbuhan terlekat dengan cara membiakkan bakteri untuk menguraikan zat organik pada permukaan media padat, menempel pada permukaan media dalam bentuk lendir yang disebut dengan *bio film*. Proses pertumbuhan menempel dapat berlangsung secara aerobik atau anaerobik. Konsep pertumbuhan menempel dapat berlangsung dengan tipe *Submerge – Fixed Media*, artinya media tenggelam dan tidak bergerak. Suatu sistem biofilm yang terdiri dari medium penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan limbah cair dan lapisan udara yang terletak di luar. Senyawa polutan yang ada di dalam limbah cair, misalnya senyawa organik (BOD, COD), amonia, fosfor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam limbah cair, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomasa.

Media biofilter adalah merupakan bagian yang terpenting dari biofilter, oleh karena itu pemilihan media harus dilakukan dengan seksama disesuaikan dengan kondisi proses serta jenis limbah cair yang akan diolah. Media untuk tempat tumbuh dan perkembangbiakan mikroorganisme pengurai menggunakan media padat berupa batu kerikil, potongan pipa PVC atau media padat lainnya yang berdiameter 2,5 – 10 cm. Saat ini, media biofilter juga telah banyak dikembangkan dalam beberapa bentuk seperti bentuk sarang tawon, dan bentuk bio ball (Purwanto, 2012). Di dalam prakteknya ada beberapa kriteria media biofilter ideal yang perlu diperhatikan antara lain yakni :

1. Mempunyai luas permukaan spesifik besar

2. Mempunyai fraksi volume rongga tinggi
 3. Diameter celah bebas yang besar (*Large free passage diameter*)
 4. Tahan terhadap penyumbatan
 5. Dibuat dari bahan inert
 6. Fleksibilitas, ringan dan perawatan mudah
- Suplai oksigen pada lapisan biofilm pada sistem biofilter tercelup dengan menggunakan blower udara atau pompa sirkulasi. Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerobik akan terbentuk gas H_2S dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar, maka gas H_2S yang terbentuk tersebut akan diubah menjadi sulfat (SO_4) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilm. Selain itu, pada zona aerobik ammonium akan dirubah menjadi nitrit dan nitrat dan selanjutnya pada zona anaerobik nitrat yang terbentuk mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen. Karena di dalam sistem biofilm terjadi kondisi anaerobik dan aerobik pada saat yang bersamaan, maka dengan sistem tersebut proses penghilangan senyawa nitrogen menjadi lebih mudah (Kemenkes RI, 2011).

Di dalam proses biofilter dengan sistem aerasi merata, lapisan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media mudah terlepas, sehingga seringkali proses menjadi tidak stabil. Tetapi di dalam sistem aerasi melalui aliran putar, kemampuan penyerapan oksigen hampir sama dengan sistem aerasi menggunakan difuser, oleh karena itu untuk penambahan jumlah beban yang besar sulit dilakukan. Penggunaan sistem aerasi merata banyak dilakukan karena mempunyai kemampuan penyerapan oksigen yang besar.

Kemampuan penyerapan oksigen yang besar dapat digunakan untuk mengolah limbah cair dengan beban organik (*organic loading*) yang besar pula. Oleh karena itu diperlukan juga media biofilter yang dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar. Biasanya untuk media biofilter dari bahan anaorganik, semakin kecil diameternya luas permukaannya semakin besar, sehingga jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan juga menjadi besar pula. Jika sistem aliran dilakukan dari atas ke bawah (*down flow*) maka sedikit banyak terjadi efek filtrasi sehingga terjadi proses peumpukan lumpur organik pada bagian atas media yang dapat mengakibatkan penyumbatan. Oleh karena itu perlu proses pencucian secukupnya. Jika terjadi

penyumbatan maka dapat terjadi aliran singkat (*short pass*) dan juga terjadi penurunan jumlah aliran sehingga kapasitas pengolahan dapat menurun secara drastis (Kemenkes RI, 2011). Penggunaan media koral pada aplikasi Biofilter Anaerobik-Aerobik untuk mengolah limbah cair domestik Puskesmas dapat mereduksi pencemar BOD dan COD dengan efisiensi sebesar 98%, serta TSS sebesar 93%, (Ifadah dan Sugito, 2012).

Secara teknis kriteria perencanaan sistem an-aerobik aerobik biofilter adalah sebagai berikut :

1. Reaktor an-aerobik aerobik biofilter terdiri satu ruangan atau lebih (*multi baffle reactor*).
2. Media kontak biofilter umumnya dari bahan kerikil, koral, PVC, media plastic sintetik (*bio ball*) dengan ukuran diameter rata – rata 2,5 – 10 cm dengan ratio rongga 0,45 cm.
3. Tinggi lapisan media kontak 0,8 – 1,2 m
4. Beban hydrolis media kontak 2,8 – 3,4 $m^3/m^2 \cdot \text{hari}$
5. Waktu tinggal dalam reaktor 6 – 9 jam sesuai dengan rongga media filter.

Sistem pengolahan biologis an-aerobik biofilter yang saat ini banyak diminati dengan alasan sistem ini memiliki efisiensi mereduksi zat pencemar organik cukup tinggi >90% dan memerlukan daya listrik yang sangat minim bila dibandingkan dengan sistem pengolahan aerobik (Said, 2012).

Teknologi Biofilter saat ini banyak dikembangkan karena memiliki beberapa keunggulan antara lain pengoperasian mudah, lumpur yang dihasilkan sedikit, tahan terhadap fluktuasi debit aliran maupun fluktuasi beban atau konsentrasi, tingkat efisiensi penurunan baban pencemar dalam limbah cair tinggi serta dapat menghilangkan padatan tersuspensi dengan baik (Kemenkes, 2011). Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain ulang IPAL terpusat RSUD Dr. Soetomo Surabaya untuk kebutuhan sepuluh tahun mendatang. Perencanaan ini meliputi perhitungan dimensi utama bangunan IPAL, gambar desain, perhitungan BOQ (*Bill Of Quantity*) dan pembuatan prototype IPAL. Manfaat hasil penelitian ini untuk memberikan sumbangan informasi serta masukan bagi RSUD Dr. Soetomo Surabaya pada umumnya dan Instalasi Sanitasi Lingkungan pada khususnya dalam upaya pengolahan limbah cair rumah sakit dan mendesain ulang IPAL terpusat untuk mereduksi bahkan menghilangkan beban pencemar dalam limbah cair.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan berupa redesain IPAL di RSUD Dr. Soetomo Surabaya. Desain yang digunakan dalam pengembangan IPAL di RSUD Dr. Soetomo Surabaya menggunakan sistem Anaerobik Aerobik Biofilter. Variabel bebas dalam perencanaan IPAL ini adalah karakteristik air limbah rumah sakit yang akan diolah meliputi debit dan kualitas parameter BOD, COD, dan TSS. Metode dokumentasi digunakan untuk menetapkan denah lokasi IPAL. Penetapan debit air limbah didasarkan pada jumlah tempat tidur pasien di rumah sakit dan jumlah air limbah yang selama ini dihasilkan. Kualitas air limbah awal yang akan diolah ditetapkan dengan metode analisis laboratorium berdasarkan standar baku mutu buangan air limbah rumah sakit sesuai Pergub Jatim No. 72 tahun 2013.

Metode perencanaan dan perancangan dalam penelitian ini meliputi tahapan sebagai berikut : 1). Perhitungan beban hidrolis sisten pengolahan menggunakan Biofilter Anaerobik-Aerobik, 2). Menghitung dimensi reaktor IPAL, 3). Membuat rancangan gambar sesuai dengan desain IPAL, 4). Membuat prototipe IPAL menggunakan bahan dari kaca, dan 5). Melakukan perhitungan biaya pembangunan IPAL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakteristik Limbah Cair RSUD Dr. Soetomo Surabaya

Hasil analisis laboratorium limbah cair di IPAL terpusat RSUD Dr. Soetomo yaitu konsentrasi BOD 154 mg/l, COD 376 mg/l, TSS 109 mg/l dan pH 7,4. Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, maka kualitas limbah cair di IPAL terpusat RSUD Dr. Soetomo Surabaya tidak memenuhi persyaratan baku mutu limbah cair rumah sakit. Hal ini yang mendukung untuk dilakukan pengolahan limbah cair sebelum dibuang ke badan air.

Dalam redesain ini konsentrasi BOD diproyeksikan mengalami peningkatan sebesar 200%. Hal ini didasarkan pada penelitian terdahulu mengenai besarnya konsentrasi BOD di saluran inlet IPAL Rumah Sakit oleh Said (2012) antara 300 – 400 mg/l. Oleh karena itu, besarnya konsentrasi BOD yang akan diolah dalam perencanaan ini $154 \text{ mg/l} + (200 \% \times 154) \text{ mg/l} = 308 \text{ mg/l}$. Berdasarkan kriteria karakteristik limbah cair menurut *Metcalf &*

Eddy (2004) maka kualitas limbah cair ini termasuk dalam kategori kualitas medium.

Penurunan konsentrasi BOD (*BOD Removal*) dalam proses pengolahan limbah cair menggunakan sistem Biofilter Anaerobik Aerobik dengan efisiensi pengolahan sebesar 95%, (Ifadah, 2012). Direncanakan dari konsentrasi BOD awal sebesar 308 mg/l mengalami penurunan konsentrasi BOD menjadi 20 mg/l. Sehingga air olahan yang dihasilkan diharapkan sudah memenuhi baku mutu limbah cair.

Parameter kedua yang terpenting dalam perencanaan ini adalah debit limbah cair yang akan diolah. Debit limbah cair yang akan diolah sangat dipengaruhi oleh jumlah kebutuhan air bersih perhari di RSUD Dr. Soetomo. Kebutuhan air bersih perhari di RSUD Dr. Soetomo Surabaya yang diperoleh dari data sekunder sebesar 3000 m³. Perkiraan kapasitas buangan limbah cair yang mendasarkan jumlah pemakaian air bersih per hari, umumnya diasumsikan bahwa 50% - 80% dibuang sebagai limbah cair (*Metcalf & Eddy, 2003*). Dalam perencanaan ini diasumsikan jumlah limbah cair yang dihasilkan sebesar 80%, oleh karena itu jumlah buangan limbah cair perhari :

$$= \frac{80}{100} \times 3000 \text{ m}^3/\text{hr} = 2400 \text{ m}^3/\text{hr}$$

b. Perhitungan Desain IPAL Biofilter

1. Bak Equalisasi

Kapasitas pengolahan = 500 m³/hr, waktu tinggal limbah cair = 3 jam, maka diperoleh volume bak equalisasi sebesar :

$$= \frac{3}{24} \text{ hr} \times 500 \text{ m}^3/\text{hr} = 62,5 \text{ m}^3$$

Direncanakan dimensi bak equalisasi berbentuk persegi panjang dengan ukuran kedalaman bak = 3 m, lebar = 4,5 m, panjang = 5 m dan tinggi ruang bebas = 0,5 m. Proses dalam bak equalisasi ini berfungsi untuk meratakan beban pencemar dalam limbah cair (mencampur agar lebih homogen), selain itu dilengkapi dengan bar screen untuk menyaring untuk memisahkan material – material kasar yang terkandung dalam limbah cair. Gambar desain bak equalisasi dapat disajikan dalam gambar 1:

Gambar 1: Desain Bak Equalisasi

2. Bak Sedimentasi Awal

Debit limbah cair (Q) = 500 m³/hr
 BOD_{in} = 308 mg/Lt = 308 gr/m³

Efisiensi pengolahan = 25%

BOD_{out} = 231 mg/Lt

Waktu tinggal limbah cair = 3 – 5 jam

Maka diperoleh volume bak pengendap awal sebesar

$$= \frac{3}{24} \text{ hr} \times 500 \text{ m}^3/\text{hr} = 62,5 \text{ m}^3$$

Beban permukaan (*surface loading*) rata-rata

$$= \frac{500 \text{ m}^3/\text{hr}}{45 \text{ m} \times 5 \text{ m}} = 22,2 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$$

(Standar beban permukaan = 20 – 50 m³ / m² · hr (JWWA)

Direncanakan dimensi bak equalisasi berbentuk persegi panjang dengan ukuran kedalaman bak = 3 m, lebar = 4,5 m, panjang = 5 m dan tinggi ruang bebas = 0,5 m. Gambar desain bak sedimentasi awal dapat disajikan dalam gambar 2 berikut :

Gambar 2: Desain Bak Pengendap Awal

Proses sedimentasi awal dilakukan bertujuan untuk memisahkan padatan yang terkandung dalam air limbah yang berlangsung secara gravitasi, proses sedimentasi awal dirancang untuk mereduksi zat padat tersuspensi yang ada dalam air limbah sampai dengan 50 – 70% dari konsentrasi influent.

3. Bak Biofilter Anaerob

BOD_{in} = 231 mg/Lt = 231 gr/m³

Efisiensi pengolahan = 80%

BOD_{out} = 46,2 mg/Lt

Debit limbah cair (Q) = 500 m³/hr

Dalam perencanaan ini ditetapkan beban BOD yang digunakan untuk Rumah Sakit adalah 1 kg BOD/m³ · hr. Beban BOD didalam air limbah = 500 m³/hr x 231 gr/m³

$$= 115.500 \text{ gr/hr} = 115,5 \text{ kg/hr}$$

Volume media yang diperlukan

$$= \frac{1155 \text{ kg/hr}}{1 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hr}} = 115,5 \text{ m}^3$$

Ditetapkan volume media 60% dari total volume reaktor. Maka diperoleh volume reaktor biofilter anaerob sebesar

$$= \frac{10}{6} \times 115,5 \text{ m}^3 = 192,5 \text{ m}^3$$

Diperoleh waktu tinggal pada reaktor biofilter anaerob sebesar

$$= \frac{1925 \text{ m}^3}{500 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 24 \text{ jam/hr} = 9,24 \text{ jam}$$

Sehingga direncanakan ukuran reaktor biofilter anaerob yaitu kedalaman bak = 3 m, lebar = 4,5 m, panjang = 14,5 m, tinggi ruang bebas = 0,5 m, Jumlah ruang biofilter dibagi menjadi 2 zona, tiap zona terdiri dari ruang biofilter dengan ukuran 7,3 m x 4,5 m x 3 m, tinggi ruang lumpur = 1 m, tinggi bed media pembiakan mikroba = 1,5 m, tinggi air diatas bed media = 0,5 m, volume total media biofilter anaerob = 4,5 m x 14,6 m x 1,5 m = 98,55 m³. BOD loading per volume media

$$= \frac{1155 \text{ kg/hr}}{9855 \text{ m}^3} = 1,18 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \text{hr}$$

(Standar beban BOD pervolume media 0,5 – 4 kg BOD/m³ · hr (Said , 2012). Jika media yang dipakai memiliki luas spesifik ± 150 m²/m³ maka BOD loading per luas permukaan media

$$= \frac{(118 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hr} \times 1000)}{150 \text{ m}^2/\text{m}^3} = 7,87 \text{ gr}$$

BOD/m² · hr .

Standar beban BOD perluas permukaan media 5 – 30 g BOD /m² · hari. (EBIE Kunio., “ Eisei Kougaku Enshu “, Morikita shuppan kabushiki Kaisha, 1992).

Dalam bak anaerobic diharapkan beban pencemar yang terkandung didalam limbah cair mengalami penurunan sebesar 80%. Limbah cair dalam bak anaerobic dialirkan melalui tumpukan media padat (*bio ball*) secara kontinyu. Hal ini mengakibatkan dengan adanya aliran limbah cair yang berlangsung terus menerus melewati permukaan media kontak sehingga terbentuk lapisan lendir atau lapisan biofilm. Lapisan biofilm tersebut selanjutnya akan berfungsi sebagai lapisan mikroskopis dan disebut lapisan biofilter.

4. Bak Biofilter Aerob

BOD in = 46,2 mg/l = 46,2 gr/m³
 Efisiensi pengolahan = 60%
 BOD out = 18,48 mg/l
 Debit limbah cair (Q) = 500 m³/hr
 Beban BOD didalam air limbah
 = 500 m³/hr x 46,2 gr/m³
 = 23.000 gr/hr = 23,1 kg/hr
 BOD removal = 60 % x 23,1 kg/hr = 13,86 kg/hr

Dalam perencanaan ini ditetapkan beban BOD per volume media yang digunakan untuk Rumah Sakit adalah 1 kg BOD/m³.hr

Volume media yang diperlukan

$$= \frac{231 \text{ kg/hr}}{1 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hr}} = 23,1 \text{ m}^3$$

Ditetapkan volume media = 40 % dari volume reaktor. Maka diperoleh volume reaktor biofilter aerob :

$$= \frac{10}{4} \times 23,1 \text{ m}^3 = 57,75 \text{ m}^3$$

Biofilter aerob terdiri dari 2 ruangan yaitu ruang aerasi dan ruang bed media. Sehingga direncanakan ukuran reaktor biofilter aerob.

- Dimensi ruang aerasi, kedalaman bak = 3 m, lebar = 4,5 m, panjang = 1,5 m, tinggi ruang bebas = 0,5 m
- Ruang bed media, kedalaman bak = 3 m, lebar = 4,5 m, panjang = 3 m, tinggi ruang bebas = 0,5 m

Total volume efektif biofilter aerob

$$= 3 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} = 60,75 \text{ m}^3$$

Waktu tinggal didalam reaktor biofilter aerob

$$= \frac{6075 \text{ m}^3}{500 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 24 \text{ jam/hr} = 3 \text{ jam}$$

Direncanakan tinggi ruang lumpur = 1 m, tinggi bed media pembiakan mikroba = 1,5 m, tinggi air diatas bed media = 0,5 m, volume total media pada biofilter aerob :

$$= 4,5 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} = 30,375 \text{ m}^3$$

BOD loading per volume media :

$$= \frac{231 \text{ kg/hr}}{30375 \text{ m}^3} = 0,762 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hr}$$

(Standar beban BOD per volume media 0,5 – 4 kg BOD/m³.hr (Said, 2012). Jika media yang dipakai memiliki luas spesifik ± 150 m²/m³ maka

$$= \frac{(0762 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hr} \times 1000)}{150 \text{ m}^2/\text{m}^3} = 5,08 \text{ gr BOD/m}^2 \cdot \text{hr}$$

Limbah cair yang melalui bak aerobik diharapkan mengalami penurunan beban pencemar sebesar 60%. Dalam perencanaan sistem aerobik biofilter ini dibagi menjadi 2 ruang dimana terdapat blower udara untuk mensuplai kebutuhan oksigen bakteri dan ruang bed media yang berfungsi sebagai tempat

tumbuhnya bakteri yang biasa disebut lapisan *bio film*.

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan IPAL maka gambar desain bak biofilter anaerobik dan aerobik dapat disajikan dalam gambar 3 :

Gambar 3 : Desain Bak Biofilter Anaerobik Aerobik

Kebutuhan Oksigen

Kebutuhan oksigen didalam reaktor biofilter aerobik sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan.

Maka : Kebutuhan teoritis = Jumlah BOD yang dihilangkan = 13,86 kg/hr. Faktor keamanan ditetapkan ± 1,5. Kebutuhan oksigen teoritis :

$$= 1,5 \times 13,86 \text{ kg/hr} = 20,79 \text{ kg/hr}$$

Temperatur udara rata – rata = 28°C

Berat udara pada suhu 28°C = 1,1725 kg/m³

Diasumsikan jumlah oksigen didalam udara 23,2%

Jumlah kebutuhan oksigen teoritis

$$= \frac{2079 \text{ kg/hr}}{1172,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,232} = 76,42 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Efisiensi diffuser = 2,5% (gelembung kasar)

Kebutuhan udara aktual

$$= \frac{7642 \text{ m}^3/\text{hr}}{0,025} = 3.056,8 \text{ m}^3/\text{hr} = 127,37 \text{ m}^3/\text{jam} = 2130 \text{ lt/mnt}$$

Blower udara yang diperlukan, kebutuhan udara = 2,13 m³/mnt, kapasitas blower = 0,7 m³/mnt, head = 2500 mm – aqua. Jumlah = 4 buah (operasi bersamaan).

Kecepatan Diffuser : Total transfer udara = 0,7 m³/mnt x 4 buah = 2,8 m³/mnt. Diffuser udara menggunakan diffuser tipe “fine bubble diffuser” dengan spesifikasi :

Size = 250 mm, connection diameter = ¾ “ – 1”, flow rate = 60 – 80 lt/mnt (tipikal = 70 lt/mnt). Material = plastic single membrane, jumlah diffuser yang diperlukan

$$= \frac{2800 \text{ lt/mnt}}{70 \frac{\text{lt}}{\text{mnt}} \text{ per bucu}} = 40 \text{ buah}$$

5. Bak Pengendap Akhir

BOD in = 18,45 mg/l

Efisiensi pengolahan = 5 %

BOD out = 17,52 mg/l

Debit limbah cair (Q) = 500 m³/hr

Waktu tinggal di dalam bak = 3 jam

Maka diperoleh volume bak pengendap akhir sebesar

$$= \frac{3 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hr}} \times 500 \text{ m}^3/\text{hr} = 62,5 \text{ m}^3$$

Sehingga direncanakan dimensi bak pengendap akhir dengan ukuran kedalaman bak = 3 m, lebar = 4,5 m, panjang = 4,8 m, tinggi ruang bebas = 0,5 m

Volume actual bak pengendap akhir

$$= 3 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} \times 4,8 \text{ m} = 64,8 \text{ m}^3$$

Beban permukaan (*surface loading*) rata – rata

$$= \frac{500 \text{ m}^3/\text{hr}}{48 \text{ m} \times 45 \text{ m}} = 23,14 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$$

Proses sedimentasi akhir dilakukan bertujuan untuk memisahkan padatan tersuspensi yang masih terkandung dalam limbah cair secara gravitasi sebesar 5% dari konsentrasi influent. Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan IPAL maka gambar desain bak sedimentasi akhir dapat disajikan dalam gambar 4:

Gambar 4 : Desain Bak Pengendap Akhir

6. Bak Klorinasi

Klorinasi dengan bahan kaporit yang diinjeksi menggunakan *dosing pump/infuse chlorinator*. Kebutuhan kaporit perhari :

$$= \frac{100}{60} \times 10 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} \times 5,79 \frac{\text{lt}}{\text{dt}} = 96,5 \text{ mg/dt} = 8.337.600 \text{ mg/hr} = 8,4 \text{ kg/hr}$$

Gambar desain bak klorinasi dapat disajikan dalam gambar 5:

Gambar 5 : Desain Bak Klorinasi

Dalam proses pengolahan limbah cair rumah sakit ini dilengkapi bak klorinasi yang berfungsi untuk mengontakkan kaporit bubuk dengan air hasil olahan atau air limpasan dari bak sedimentasi akhir yang masih mengandung bakteri coli, bakteri patogen atau virus yang sangat berpotensi menginfeksi manusia sehingga aman bila dibuang ke badan air.

c. Perhitungan BOQ (*Bill Of Quantity*)

Hasil perhitungan analisa biaya konstruksi perencanaan bangunan IPAL anaerobik aerobik biofilter di RSUD Dr. Soetomo Surabaya adalah sebesar Rp. 2.260.000.000,- (*Dua milyar dua ratus enam puluh juta rupiah*) sudah termasuk PPN 10%.

d. Rekap Dimensi Reaktor Pada Masing – Masing Kompartemen

Berdasarkan hasil perhitungan dimensi reaktor dalam perencanaan IPAL anaerobik aerobik biofilter di RSUD Dr. Soetomo Surabaya dengan kapasitas 500 m³/hari disajikan dalam tabel 1 :

Tabel 1. Hasil Perhitungan Dimensi IPAL Anaerobik Aerobik Biofilter RSUD Dr. Soetomo Surabaya Dengan Debit 500 m³/hr

No.	Unit Pengolahan	Dimensi (m)				Td (Jam)
		P	L	H	tb	
1.	Bak Equalisasi	5	4,5	3	0,5	3,24
2.	Bak Sedimentasi Awal	5	4,5	3	0,5	3,24
3.	Bak Biofilter Anaerobik	14,6	4,5	3	0,5	9,24
4.	Bak Biofilter Aerobik	4,5	4,5	3	0,5	3
5.	Bak Sedimentasi Akhir	4,8	4,5	3	0,5	3,1
6.	Bak Klorinasi	4,2	0,82	1	0,5	0,16

Keterangan :

P = Panjang

L = Lebar

H = Kedalaman

tb : Tinggi Ruang Bebas

td : Waktu Tinggal

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan IPAL maka gambar rangkaian desain sistem pengolahan limbah cair anaerobik aerobik biofilter di RSUD Dr. Soetomo Surabaya dapat disajikan pada gambar 6 :

Gambar 6 : Desain IPAL Anaerobik Aerobik Biofilter RSUD Dr. Sutomo Surabaya (skala 1 : 100)

Keterangan :

1. Bak Equalisasi
2. Bak Sedimentasi Awal
3. Bak Biofilter Anaerob
4. Bak Biofilter Aerob
5. Bak Sedimentasi Sedimentasi Akhir
6. Bak Desinfeksi

e. Pembuatan Prototype IPAL Anaerobik Aerobik Biofilter

Model IPAL hasil perencanaan dalam penelitian ini terbuat dari bahan kaca dengan skala 1 : 25, diperoleh dimensi utama panjang total 153 cm, lebar 18 cm, tinggi 12 cm dan ruang bebas 2 cm. Bak biofilter anaerobic memiliki panjang 58,5 cm dimana dibagi menjadi dua bagian yang terisi media filter bioball dengan dimensi bed media pembiakan mikroba 6 cm; tinggi ruang lumpur 4 cm; tinggi air diatas permukaan media 2 cm. Bak biofilter aerobik memiliki panjang 18 cm yang dibagi menjadi dua ruang terdiri dari ruang aerasi dengan panjang 6 cm dan ruang bed media pembiakan mikroba 12 cm yang berisi media filter bioball dengan dimensi bed media pembiakan mikroba 6 cm; tinggi ruang lumpur 4 cm; tinggi air diatas permukaan media 2 cm.

Berdasarkan hasil perencanaan dimensi prototype IPAL di RSUD Dr. Soetomo Surabaya dengan kapasitas 500 m³/hari disajikan dalam tabel 2:

Tabel 2. Dimensi Prototype Skala 1 : 25 IPAL Anaerobik Aerobik Biofilter RSUD Dr. Soetomo Dengan Debit 500 m³/hr

No.	Unit Pengolahan	Dimensi (cm)			
		P	L	H	Tb
1.	Bak Equalisasi	20	18	12	2
2.	Bak Sedimentasi Awal	20	18	12	2
3.	Bak Biofilter	58,4	18	12	2

Anaerobik					
4.	Bak Biofilter Aerobik	18	18	12	2
5.	Bak Sedimentasi Akhir	19,2	18	12	2
6.	Bak Klorinasi	16,8	3,28	4	2

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil redesain IPAL Anaerobik Aerobik Biofilter di RSUD Dr. Soetomo Surabaya untuk kebutuhan sepuluh tahun mendatang diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Debit limbah cair yang diolah dalam redesain IPAL Anaerobik Aerobik Biofilter di RSUD Dr. Soetomo Surabaya adalah 500 m³/hari.
2. Parameter pencemar yang digunakan dalam perhitungan perencanaan IPAL Anaerobik Aerobik Biofilter adalah konsentrasi BOD dengan konsentrasi awal 154 mg/lit dan diperkirakan untuk kebutuhan sepuluh tahun mendatang mengalami peningkatan sebesar 200% menjadi 308 mg/lit.
3. Perhitungan BOQ (Bill Of Quantity) pembangunan IPAL Anaerobik Aerobik Biofilter di RSUD Dr. Soetomo Surabaya sebesar Rp. 2.260.000.000 sudah termasuk PPN 10%.
4. Prototype yang dibuat dalam perencanaan ini menggunakan skala laboratorium dengan perbandingan 1 : 25.

Dalam penelitian ini diperlukan penelitian lebih lanjut menggunakan skala laboratorium tentang redesain IPAL terpusat menggunakan sistem Anaerobik Aerobik Biofilter di RSUD Dr. Soetomo Surabaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Direktur RSUD Dr. Sutomo Surabaya

yang telah memberikan kesempatan dan ijinnya untuk melakukan redesain IPAL rumah sakit yang diprediksikan untuk mengolah limbah sampai sepuluh tahun yang akan datang. Kepada seluruh petugas laboratorium lingkungan dan instalasi sarana-prasarana, terimakasih atas kontribusinya dalam memberikan data sekunder terkait kualitas limbah cair.

DAFTAR PUSTAKA

- Ifadah, S.M. dan Sugito. 2012. *Kinerja Biofilter Aerobik untuk Pengolahan Limbah Cair Puskesmas Janti Kota Malang*, Prosiding Semnas TEKNOIN, UII Yogyakarta
- Kementerian Kesehatan RI. 2011. *Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*.
- Komariyah, Siti dan Sugito. 2011. *Perencanaan IPAL Biofilter di UPTD Kesehatan Puskesmas Gondang Wetan Kabupaten Pasuruan*. Surabaya, Universitas PGRI Adibuana
- Maharani, Lidya. 2005. *Evaluasi dan Pengembangan Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Dr. Soetomo Surabaya*. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Metcalf & Eddy. 2004. *Wastewater Engineering Treatment Disposal, Reuse and Recovery*. McGRAW-HILL Book Company.
- Peraturan. Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 *Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur*.
- Purwanto, Didik Sugeng. 2010. *Pengolahan Air limbah*. Surabaya, Jurusan Kesehatan Lingkungan Surabaya.
- Purwanto, Didik Sugeng. 2011. *Pengolahan Air limbah Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Surabaya, Jurusan Kesehatan Lingkungan.
- Purwanto, Didik Sugeng. 2012. *Teknik Pengolahan Air limbah Rumah Sakit*. Surabaya, Jurusan Kesehatan Lingkungan.
- Said, Nusa Idaman. 2012. *Materi Pelatihan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob*. Jakarta, BPPT.
- Slamet, Agus. dkk. 2000. *Satuan Proses*. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sugito, 2008. *Buku Ajar PBPAB*. Surabaya, FTSP Universitas PGRI Adi Buana.