

JRL	Vol.10	No.2	Hal. 99 - 113	Jakarta, Desember 2017	p-ISSN : 2085.38616 e-ISSN : 2580-0442
-----	--------	------	---------------	---------------------------	---

DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH SAKIT KAPASITAS 40 M³/HARI

Dinda Rita K. Hartaja, S.T.
Pusat Teknologi Lingkungan
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
E-mail : Dinda.rita@bppt.go.id

Abstrak

Air limbah rumah sakit merupakan salah satu polutan yang paling potensial bagi lingkungan, karena sifatnya yang merupakan campuran beragam material organik dan bahkan bersifat patogen. Dengan demikian limbah harus diolah dengan benar sebelum dibuang ke badan lingkungan. Namun, dana dan lahan yang terbatas biasanya menjadi kendala saat rumah sakit akan membangun fasilitas pengolahan limbah, terutama untuk rumah sakit menengah dan kecil. Mengingat permasalahannya, pengembangan fasilitas pengolahan limbah yang tepat dan murah dalam hal teknologi, harga dan kemudahan pengoperasian sangat penting. Dalam makalah ini dijelaskan desain instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan pengolahan biologis untuk rumah sakit yang sesuai yaitu dengan proses pengolahan air limbah biofilter anaerob aerob dengan kapasitas 40 m³/hari, atau kurang lebih untuk kapasitas jumlah tempat tidur di rumah sakit sebanyak 50 tempat tidur. Dengan menerapkan sistem biofilter anaerob - aerob ini, konsentrasi COD, BOD dan bahan padat tersuspensi dapat dikurangi secara signifikan serta detergen dan amonia.

kata kunci : biofilter anaerob aerob, desain, IPAL, pengolahan biologis

Design Of Hospital Waste Water Treatment Instalation Capacity 40 M³ / Day

Abstract

Hospital wastewater is one of the most potential pollutants for the environment, because it is a mixture of various organic materials and even pathogenic. Thus the waste must be treated properly before disposal to the environmental agency. However, limited funds and land are usually a constraint when hospitals will build sewage treatment facilities, especially for medium and small hospitals. In view of the problem, the development of appropriate and inexpensive waste treatment facilities in terms of technology, pricing and ease of operation is essential. This paper describes the design of a wastewater treatment plant (IPAL) with biological treatment for an appropriate hospital with an aerobic anaerobic biofilter wastewater treatment process with a capacity of 40 m³ / day, or more for a 50-bed capacity in hospital sleep. By applying this Anaerob - aerobic biofilter system, the concentrations of COD, BOD and suspended solids can be significantly reduced as well as detergents and ammonia.

keyword: aerobic anaerobic biofilter, biological treatment, design, wwtp

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut undang-undang nomor 44 tahun 2009 rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan bagi masyarakat dengan karakteristik tersendiri yang dipengaruhi oleh perkembangan ilmu pengetahuan kesehatan, kemajuan teknologi, dan kehidupan sosial ekonomi masyarakat yang harus tetap mampu meningkatkan pelayanan yang lebih bermutu dan terjangkau oleh masyarakat agar terwujud derajat kesehatan yang setinggi-tingginya.

Fasilitas pelayanan kesehatan sebagai institusi yang bersifat sosial ekonomis mempunyai fungsi dan tugas untuk memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat secara paripurna. Kegiatan pada fasilitas pelayanan kesehatan selain memberikan manfaat bagi masyarakat sekitarnya, juga menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran akibat pembuangan limbahnya tanpa melalui proses pengolahan yang sesuai dengan prinsip-prinsip pengelolaan lingkungan secara menyeluruh.

Dengan semakin meningkatnya jumlah fasilitas pelayanan kesehatan maka mengakibatkan semakin meningkatnya potensi pencemaran lingkungan, karena kegiatan pembuangan limbah khususnya air limbah akan memberikan kontribusi terhadap penurunan tingkat kesehatan manusia.

Untuk menciptakan lingkungan yang sehat, nyaman dan berkelanjutan maka harus dilaksanakan upaya-upaya pengendalian pencemaran lingkungan pada fasilitas pelayanan kesehatan. Dengan dasar tersebut, maka fasilitas pelayanan kesehatan diwajibkan menyediakan instalasi pengolahan air limbah atau limbah cair.

Air limbah yang berasal dari rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran air yang sangat potensial. Hal ini disebabkan karena air limbah rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi juga kemungkinan mengandung senyawa-senyawa kimia lain serta mikro-organisme

patogen yang dapat menyebabkan penyakit terhadap masyarakat di sekitarnya. Oleh karena potensi dampak air limbah Puskesmas ataupun rumah sakit terhadap kesehatan masyarakat sangat besar, maka setiap rumah sakit diharuskan mengolah air limbahnya sampai memenuhi persyaratan standar yang berlaku.

Dengan adanya peraturan yang mengharuskan bahwa setiap rumah sakit harus mengolah air limbah sampai standar yang diijinkan, maka diperlukan teknologi pengolahan air limbah khususnya yang kualitas air olahannya baik dan memenuhi baku mutu, pengelolaannya mudah, biaya operasinya rendah, kebutuhan energi rendah, serta perawatannya mudah. Hal ini mengingat bahwa kendala yang paling banyak dijumpai yakni teknologi yang ada saat ini pengelolaannya cukup rumit serta biaya operasional masih cukup mahal, sedangkan di lain pihak kemampuan tenaga operator untuk mengoperasikan unit alat pengolah air limbah tersebut sangat terbatas sekali. Untuk mengatasi hal tersebut, pihak manajemen rumah sakit perlu memilih teknologi pengolahan limbah yang sesuai dengan kondisi maupun jumlah air limbah yang akan diolah, yang layak secara teknis, ekonomis dan memenuhi standar lingkungan.

Baku mutu air limbah domestik di Indonesia secara nasional mengacu kepada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor P.68 / Menlhk / Setjen / Kum.1 /8/2016. Dalam Keputusan ini yang dimaksud dengan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Beberapa kegiatan domestik tersebut antara lain rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, rumah makan, balai pertemuan, permukiman, industri, IPAL Kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan.

1.2. Tujuan dan Sasaran

Tujuan dari kegiatan ini adalah mengatasi pencemaran air atau pencemaran

lingkungan oleh karena pembuangan air limbah rumah sakit.

Sasaran kegiatan ini adalah untuk membuat perencanaan dan pembuatan spesifikasi teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit kapasitas 40 m³/hari.

1.3. Metodologi

- a. Studi literatur tentang kualitas air limbah rumah sakit.
- b. Melakukan perencanaan desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Kapasitas 40 m³/hari dengan menggunakan teknologi biofilter anaerob aerob.

II. PENGOLAHAN AIR LIMBAH FASILITAS PELAYANAN KESEHATAN

2.1. Jenis dan Sumber Air Limbah yang Harus Diolah

Air limbah adalah seluruh air buangan yang berasal dari hasil proses kegiatan sarana pelayanan kesehatan yang meliputi : air limbah domestik (air buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian), air limbah klinis (air limbah yang berasal dari kegiatan klinis rumah sakit, misalnya air bekas cucian luka, cucian darah dll), air limbah laboratorium dan lainnya.

Prosentase terbesar dari air limbah adalah limbah domestik sedangkan sisanya adalah limbah yang terkontaminasi oleh infectious agents kultur mikroorganisme, darah, buangan pasien pengidap penyakit infeksi, dan lain-lain. Air limbah yang berasal dari buangan domestik maupun buangan limbah cair klinis umumnya mengandung senyawa pencemar organik yang cukup tinggi dan dapat diolah dengan proses pengolahan secara biologis. Air limbah yang berasal dari laboratorium biasanya banyak mengandung logam berat yang apabila dialirkan ke dalam proses pengolahan secara biologis dapat mengganggu proses pengolahannya, sehingga perlu dilakukan pengolahan awal secara kimia-fisika, selanjutnya air olahannya dialirkan ke instalasi pengolahan air limbah.

Jenis air limbah yang ada di fasilitas pelayanan kesehatan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Air limbah domestik
- b. Air limbah klinis
- c. Air limbah laboratorium klinik dan kimia
- d. Air limbah radioaktif (tidak boleh masuk ke IPAL, harus mengikuti petunjuk dari BATAN).

Adapun sumber – sumber yang menghasilkan air limbah, antara lain:

- a. Unit Pelayanan Medis:
Rawat Inap, Rawat Jalan, Rawat Darurat, Rawat Intensif, Hemodialisa, Bedah Sentral, Rawat Isolasi.
- b. Unit Penunjang Pelayanan Medis:
Laboratorium, Radiologi, Farmasi, Sterilisasi, Kamar Jenazah.
- c. Unit Penunjang Pelayanan Non Medis:
Logistik, Cuci (Laundry), Rekam Medis, Fasilitas Umum, Dapur Gizi, Kesekretariatan / administrasi.

2.2. Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair rumah sakit adalah segala macam limbah cair yang berasal dari kegiatan rumah sakit. Limbah cair rumah sakit dibedakan menjadi 2, yaitu limbah cair klinis dan limbah cair non klinis. Sumber limbah cair klinis berasal dari kegiatan klinis rumah sakit, misalnya hemodialisa, air bekas cucian luka, dll. Sedangkan sumber limbah cair non klinis berasal dari limbah cair domestik, dapur, dan limbah laboratorium.

Karena sifatnya yang merupakan campuran beragam material organik, maka limbah rumah sakit memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. TSS cukup tinggi > 100 ppm.
- b. COD tinggi, berkisar 40 – 1200 ppm
- c. BOD tinggi, berkisar 30 – 700 ppm
- d. pH terkadang Asam, < 7
- e. Mengandung bakteri patogen

Secara lengkap karakteristik air limbah rumah sakit dapat dilihat pada Lampiran 1. Dari tabel tersebut terlihat bahwa air limbah rumah sakit jika tidak diolah sangat berpotensi untuk mencemari lingkungan.

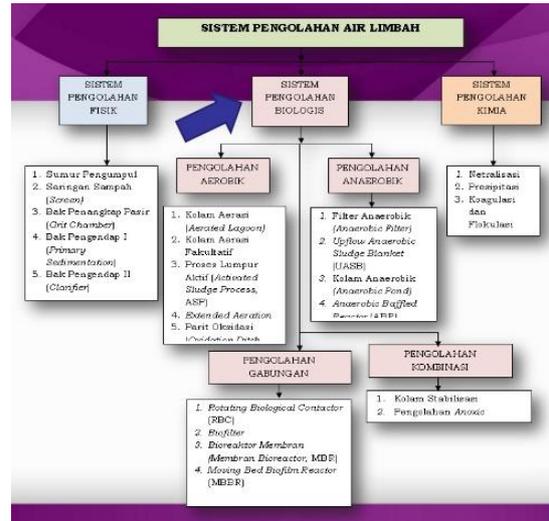
Selain pencemaran secara kimiawi, air limbah rumah sakit juga berpotensi untuk mencemari lingkungan secara bakteriologis, karena mengandung bakteri patogen.

Berdasarkan karakteristik limbah rumah sakit seperti diuraikan diatas, maka dapat diketahui bahwa air limbah tersebut mengandung senyawa organik yang tinggi. Untuk mengolah air limbah dengan kandungan organik yang tinggi, umumnya digunakan pengolahan biologi.

Khusus untuk limbah laboratorium, karena mengandung logam berat, maka sebelum diolah dalam pengolahan biologis, diperlukan pengolahan pendahuluan baik secara fisika maupun kimia. Hal ini dikarenakan kandungan logam berat pada limbah laboratorium dapat mengganggu proses pengolahan biologis. Diagram proses pengelolaan limbah cair pada fasilitas pelayanan kesehatan secara umum dapat dilihat seperti pada Lampiran 2, sedangkan sumber, karakteristik dan pengaruhnya terhadap air limbah dapat dilihat pada Lampiran 3. Di dalam pengelolaan limbah cair pada fasilitas pelayanan kesehatan, sebaiknya saluran air hujan dan saluran limbah dipisahkan agar proses pengolahan air limbah dapat berjalan secara efektif.

III. PEMILIHAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Pada umumnya sistem pengolahan air limbah dibagi menjadi 3, yaitu : sistem pengolahan fisik, sistem pengolahan biologis, dan sistem pengolahan kimia. Berdasarkan karakteristik limbah cair rumah sakit yang memiliki kandungan organik cukup tinggi seperti tersebut di atas, maka sistem pengolahan yang umumnya digunakan adalah sistem pengolahan biologis.



Gambar 1. Sistem Pengolahan Air Limbah
Sumber :

www.slideshare.net/metrosanita/sistem-pengolahan-air-limbah-secara-biologis, 2017

Pengolahan air limbah secara biologis adalah pengolahan air limbah dengan menggunakan mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah menjadi bahan yang kurang menimbulkan potensi bahaya (misalnya keracunan, kematian biotik akibat penurunan DO, maupun kerusakan ekosistem). Tujuan pengolahan air limbah secara biologis adalah untuk menghilangkan dan menstabilkan zat – zat pencemar organik terlarut dengan menggunakan mikroorganisme, seperti bakteri, kapang, algae, protozoa, dll. Prinsip kerjanya biasanya menggunakan media penunjang sebagai tempat hidup mikroorganisme, baik secara melekat maupun tersuspensi sehingga dapat hidup secara optimal dan menguraikan organik pada air limbah tersebut.

Proses biologis tersebut dapat dilakukan pada 3 kondisi, yaitu kondisi anaerobik (tanpa udara), kondisi aerobik (dengan udara) dan kondisi anoxic (dengan menggunakan oksigen terikat). Proses anaerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tinggi. Sedangkan proses aerobik digunakan untuk air limbah dengan beban

BOD yang tidak terlalu besar.

Dengan adanya baku mutu air limbah yang lebih ketat, maka perlu dilakukan pemilihan teknologi yang dapat memenuhi standar kualitas air limbah serta sesuai dengan kebutuhan dan kondisi yang ada di rumah sakit. Pemilihan teknologi pengolahan air limbah rumah sakit yang akan digunakan didasarkan atas beberapa kriteria antara lain :

- a. Sistem IPAL harus dapat mengolah seluruh air limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit
- b. Efisiensi pengolahan dapat mencapai standar baku mutu lingkungan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor P.68 / Menlhk /Setjen/Kum.1/8/2016.
- c. Pengelolaannya harus mudah.
- d. Lahan yang diperlukan untuk IPAL tidak terlalu besar.
- e. Konsumsi energi rendah.
- f. Biaya operasinya rendah.
- g. Perawatannya mudah dan sederhana.
- h. Lumpur yang dihasilkan sedapat mungkin kecil.
- i. Dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar.
- j. Harus tahan terhadap fluktuasi debit dan konsentrasi polutan di dalam air limbah.
- k. Dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik.
- l. Teknologi yang digunakan merupakan teknologi yang menggunakan komponen lokal.
- m. Biaya konstruksi / investasi murah.
- n. Ketersediaan dan kemudahan penggantian suku cadang.

Berdasarkan pertimbangan di atas, untuk proses pengolahan air limbah rumah sakit tipe kecil hingga sedang, proses pengolahan yang paling sesuai adalah dengan menggunakan sistem kombinasi biofilter anaerob dan aerob. Beberapa keunggulan proses pengolahan air limbah dengan biofilter anaerob aerob antara lain adalah (Wahyu Widayat dan Nusa Idaman Said, 2005):

- a. Pengelolaannya sangat mudah.
- b. Tidak perlu lahan yang luas.
- c. Biaya operasinya rendah.
- d. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, Lumpur yang dihasilkan lebih sedikit.
- e. Dapat menghilangkan nitrogen dan fosfor yang dapat menyebabkan eutropikasi.
- f. Dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar.
- g. Dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik.

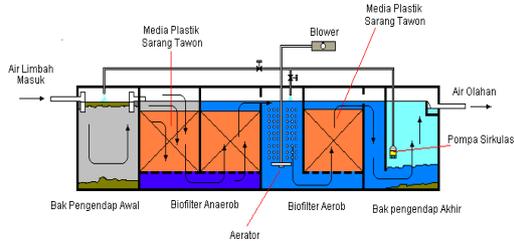
3.1. Proses Biofilter Anaerob – Aerob

Pengolahan air limbah dengan proses Biofilter Anaerob - Aerob adalah proses pengolahan air limbah dengan cara menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter aerob. Dengan menggunakan proses biofilter anaerob, polutan organik yang ada di dalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metana tanpa menggunakan energi (blower udara), tetapi amoniak dan gas hidrogen sulfida (H_2S) tidak hilang. Oleh karena itu jika hanya menggunakan proses biofilter anaerob saja hanya dapat menurunkan polutan organik (BOD, COD) dan padatan tersuspensi (TSS). Agar supaya hasil air olahan dapat memenuhi baku mutu maka air olahan dari proses biofilter anaerob selanjutnya diproses menggunakan biofilter aerob. Dengan proses biofilter aerob polutan organik yang masih tersisa akan terurai menjadi gas karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O), amoniak akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya akan menjadi nitrat, sedangkan gas H_2S akan diubah menjadi sulfat.

Dengan menggunakan proses biofilter anaerob-aerob maka akan dapat dihasilkan air olahan dengan kualitas yang baik dengan menggunakan konsumsi energi yang lebih rendah.

Adapun proses pengolahan air limbah adalah seluruh air limbah dialirkan masuk ke bak pengumpul atau bak ekualisasi, selanjutnya dari bak ekualisasi air limbah dipompa ke bak pengendap awal, untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan

kotoran organik tersuspensi. Selain sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur (*sludge digestion*) dan penampung lumpur. Desain proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter anaerob-aerob dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob

Sumber: Wahyu Widayat dan Nusa Idaman Said, 2005

Air dari bak pengendap awal, kemudian masuk ke dalam reaktor biofilter anaerob. Kemudian air limbah dialirkan ke reaktor biofilter aerob, yang telah diisi dengan media dari bahan plastik tipe sarang tawon yang berfungsi untuk media pembiakan mikroba. Di dalam reaktor aerob, air limbah dikontakkan dengan udara melalui *fine bubble diffuser*, tujuannya agar mikroorganisme yang ada dapat menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan amonia menjadi lebih besar. Proses ini sering di namakan Aerasi Kontak (*Contact Aeration*).

Dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak pengendap akhir sebagian air limbah dipompa kembali ke bagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Sedangkan air limpasan (*over flow*) dialirkan ke bak biokontrol dan selanjutnya dialirkan ke bak kontaklor untuk proses disinfeksi. Air olahan/efluen,

yakni air yang keluar setelah proses klorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum.

IV. PERENCANAAN TEKNIS IPAL RUMAH SAKIT KAPASITAS 40 M³/HARI

4.1. Kapasitas Desain

Unit alat ini dirancang untuk dapat mengolah air limbah sebesar 40 m³/hari, kurang lebih untuk kapasitas jumlah tempat tidur di rumah sakit sebanyak 50 bed. Kapasitas desain yang diharapkan adalah sebagai berikut:

- | | |
|-------------------------|------------|
| a. Kapasitas IPAL | : ± 40 |
| m ³ /hari | |
| b. COD inlet maks | : 500 mg/l |
| c. BOD inlet maks | : 300 mg/l |
| d. Konsentrasi SS | : 300 mg/l |
| e. Efisiensi Pengolahan | : 90% |
| f. BOD Outlet | : 30 mg/l |
| g. SS Outlet | : 30 mg/l |

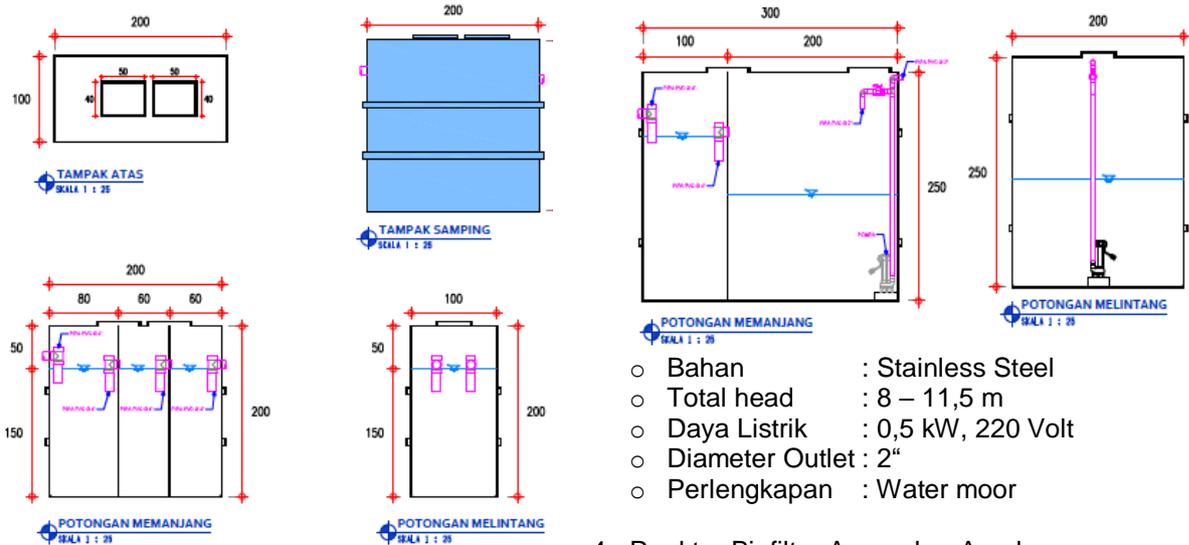
4.2. Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah

1. Pemisah Lemak / Minyak

Bak pemisah lemak yang direncanakan adalah tipe gravitasi sederhana. Bak terdiri dari beberapa ruangan.

Kriteria perencanaan :

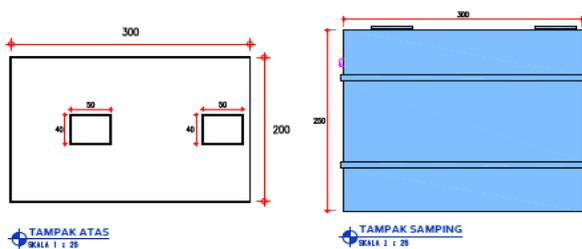
- Waktu Tinggal = 2 jam = 120 menit.
- Volume Reaktor yang Diperlukan .
= (2/24) hari x 40
m³/hari
= 3,33 m³
- Maka dimensi bak pemisah lemak / minyak adalah:
 - Lebar = 1,0 m
 - Panjang = 2,0 m
 - Kedalaman Efektif = 1,5 m
 - Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
 - Volume Aktual = 3,0 m³
 - Cek Waktu Tinggal =
= 3 m³/ (40 m³/hari) = 0,075 hari
= 1,8 jam



Gambar 3. Reaktor Pemisah Minyak / Lemak

2. Reaktor Ekualisasi

- Waktu Tinggal = 7 Jam
- Vol. reaktor yang diperlukan
 $= (7/24)\text{hari} \times 40 \text{ m}^3/\text{hari} = 11,67 \text{ m}^3$
- Maka ditetapkan dimensi bak ekualisasi adalah sebagai berikut :
 - Lebar = 2,0 m
 - Panjang = 3,0 m
 - Kedalaman air = 2,0 m
 - Ruang Bebas = 0,5 m
 - Volume Efektif = 12 m³



Gambar 4. Desain Bak Ekualisasi

3. Pompa Umpan Air Limbah

- Debit Air Limbah = 40 m³/hari
 $= 27,78 \text{ liter}/\text{menit}$
- Tipe pompa = Pompa Celup
- Spesifikasi Pompa =
 - Kapasitas : 0,1 – 0,22 m³/menit

- Bahan : Stainless Steel
- Total head : 8 – 11,5 m
- Daya Listrik : 0,5 kW, 220 Volt
- Diameter Outlet : 2"
- Perlengkapan : Water moor

4. Reaktor Biofilter Anaerob – Aerob

a. Bak Pengendap Awal

- Debit Air Limbah = 40 m³/hari
 $= 27,78 \text{ liter}/\text{menit}$
- BODmasuk = 300 mg/l
- Efisiensi = 25 %
- BODkeluar = 225 mg/l
- Waktu Tinggal = 5 jam
- Maka Vol. yang diperlukan
 $= (5/24)\text{hari} \times 40 \text{ m}^3/\text{hari} = 8,33 \text{ m}^3$
- Ditetapkan dimensi Pengendap Awal adalah sebagai berikut :
 - Lebar = 2,0 m
 - Panjang = 2,0 m
 - Kedalaman Efektif = 2,0 m
 - Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
 - Volume Aktual = 8 m³
 - Cek Waktu Tinggal =

$$= (8\text{m}^3 / (40\text{m}^3/\text{hari})) \times 24 \text{ jam}$$

$$= 4,8 \text{ jam}$$
 - Surface Loading =

$$= (40 \text{ m}^3/\text{hari}) / (2\text{m} \times 2\text{m})$$

$$= 10 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

b. Biofilter Anaerob

- Debit Air Limbah = 40 m³/hari
 $= 27,78 \text{ liter}/\text{menit}$
- BODmasuk = 225 mg/l
- BODkeluar = 75 mg/l

- Kriteria Perencanaan:
 - Untuk pengolahan air dengan proses biofilter standar Beban BOD per volume media 0,4 – 4,7 kg BOD /m³.hari.
 - Untuk Air Limbah Rumah Sakit (Domestik), ditetapkan beban BOD yang digunakan = 2,5 kg BOD /m³.hari
- Beban BOD di dalam air limbah = 40 m³/hari x 225 g/m³ = 9000 g/hari = 9,0 kg/hari
- Volume media yang diperlukan = (9,0 kg/hari) / (2,5 kg/m³.hari) = 3,6 m³
- Volume media = 40% dari total volume reaktor
- Volume reaktor = (100/40) x 3,6 m³ = 9,0 m³
- Ditetapkan dimensi Biofilter Anaerob adalah sebagai berikut:
 - Lebar = 2,0 m
 - Panjang = 2,0 m
 - Kedalaman Efektif = 2,2 m
 - Tinggi Ruang Bebas = 0,3 m
 - Volume Aktual = 8,8 m³
- Cek Waktu Tinggal di dalam reaktor anaerob:

$$= \frac{2m \times 2m \times 2,2m}{40 m^3/hari} \times 24 jam/hari = 5,28 jam$$
 - Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
 - Tinggi bed media mikroba = 1,2 m
 - Tinggi air diatas bed media = 0,5m
 - Vol. total media = 3,6m³
 - Jika media yang dipakai mempunyai luas spesifik + 200 m²/m³, maka:
 - BOD Loading per Volume Media = (9,0 kg/hari) / 3,6m³ = 2,5 kg BOD/m³ per hari
 - BOD Loading / luas permukaan media = (9000g/hari) / (3,6m³ x 200m²/m³) = 12,5 g BOD/m² per hari
- c. Biofilter Aerob
 - Debit Air Limbah = 40 m³/hari = 27,78 liter/menit
 - BODmasuk = 75 mg/l
 - BODkeluar = 30 mg/l
 - Beban BOD = 40m³/hari x 75g/m³ = 3000 g/hari = 3,0 kg/hari
 - Beban BOD per volume media yang digunakan = 0,3 kg/m³.hari (berdasarkan hasil percobaan BPPT).
 - Volume Media yg diperlukan = (3,0kg/hari) / (0,3kg/m³.hari) = 10 m³
 - Volume media = 50% volume reaktor
 - Volume reaktor = 2 x Volume Media = 2 x 10m³ = 20 m³
 - Ditetapkan dimensi Biofilter Aerob adalah sebagai berikut:
 - Lebar = 2,0 m
 - Panjang = 5,0 m
 - Kedalaman Efektif = 2,1 m
 - Tinggi Ruang Bebas = 0,4 m
 - Volume Aktual = 21 m³
 - Cek Waktu Tinggal di dalam Reaktor Aerob:

$$= \frac{21 m^3}{40 m^3/hari} \times 24 jam/hari = 12,6 jam$$
 - Tinggi ruang lumpur = 0,5m
 - Tinggi bed media mikroba = 1,2m
 - Tinggi air diatas bed media = 0,4m
 - Vol. total media = 10,56m³
 - Jika media yang dipakai mempunyai luas spesifik 200 m²/m³, maka:
 - BOD Loading per Volume Media = (3,0 kg/hari) / 10,56m³ = 0,28 kg BOD/m³ per hari
 - BOD Loading / luas permukaan media = (3000g/hari)/(10,56m³x200m²/m³) = 1,42 g BOD/m² per hari
 - Perhitungan Kebutuhan Udara Kebutuhan oksigen di dalam reaktor biofilter aerob sebanding dengan jumlah Zat Organik (BOD) yang dihilangkan.
 - Kebutuhan oksigen teoritis = Jumlah BOD yang dihilangkan = 0,6 x 3,0 kg/hari = 1,8 kg/hari
 - Faktor keamanan = ± 1,4
 - Kebutuhan Oksigen teoritis = 1,4 x 1,8 kg/ hari = 2,52 kg/hari

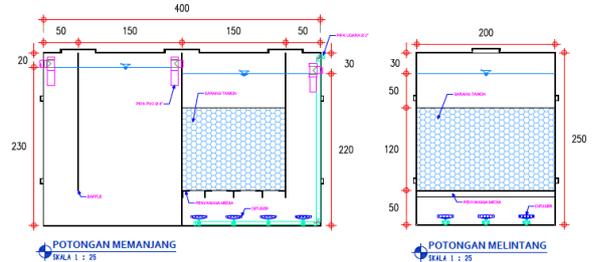
- o Berat Udara = 1,1725 kg/m³
- o Di asumsikan jumlah oksigen didalam udara 23,2 % dan Efisiensi difuser = 2,5%
- o Kebutuhan Udara Aktual:

$$= \frac{2,52 \text{ kg/hari}}{1,1725 \text{ kg/m}^3 \times 0,232 \text{ gO}_2/\text{g Udara} \times 0,025}$$

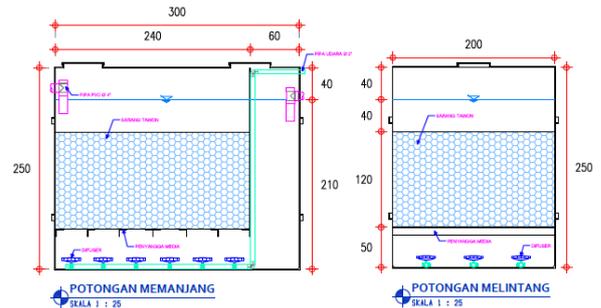
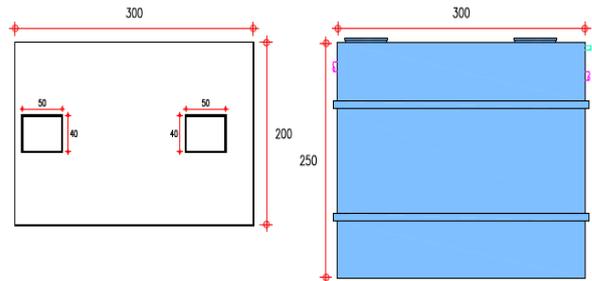
$$= 370,56 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,26 \text{ m}^3/\text{menit}$$

d. Bak Pengendap Akhir

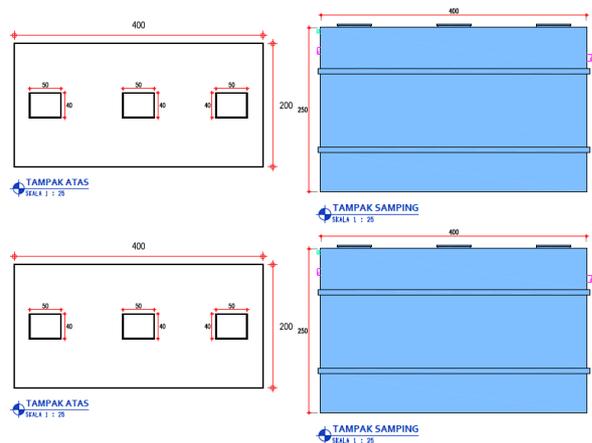
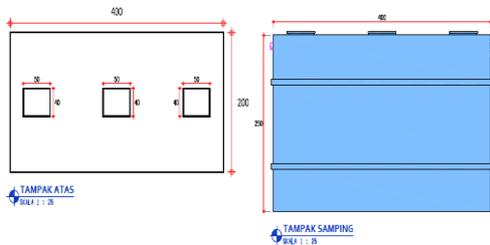
- Debit Air Limbah = 40m³/hari = 27,78 liter/menit
- BODkeluar = 30 mg/l
- Waktu tinggal = 5 jam
- Volume bak = (5/24)hari x 40m³/hari = 8,33 m³
- Ditetapkan dimensi reaktor pengendap akhir adalah sebagai berikut:
 - o Lebar = 2,0m
 - o Kedalaman air efektif = 2,0m
 - o Panjang = 2,0m
 - o Tinggi ruang bebas = 0,5m
 - o Volume Aktual = 8,0m
- Cek Waktu Tinggal rata = (8,0m / (40m³/hari)) x 24 jam = 4,8 jam
- Surface Loading = (40m³/hari) / (2,0m x 2,0m) = 10 m³/m².hari



Gambar 5: Reaktor I (Pengendap Awal & Biofilter Anaerob)



Gambar 6: Reaktor II (Biofilter Aerob)



Gambar 7: Reaktor III (Biofilter Aerob & Pengendap Akhir)

V. KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi dan perhitungan desain perencanaan IPAL Rumah Sakit, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Karakteristik air limbah rumah sakit mengandung banyak organik, sehingga perencanaan desain yang cocok untuk mengolah air limbah tersebut adalah dengan menggunakan proses biologis.
- b. Limbah laboratorium, sebelum masuk di pengolahan IPAL biologis, perlu diolah secara fisika dan kimia agar tidak mempengaruhi kinerja bakteri yang berada di proses biologis.
- c. Perencanaan desain IPAL dirancang untuk dapat mengolah air limbah sebesar 40 m³/hari, kurang lebih untuk kapasitas jumlah tempat tidur di rumah sakit sebanyak 50 tempat tidur.

DAFTAR PUSTAKA

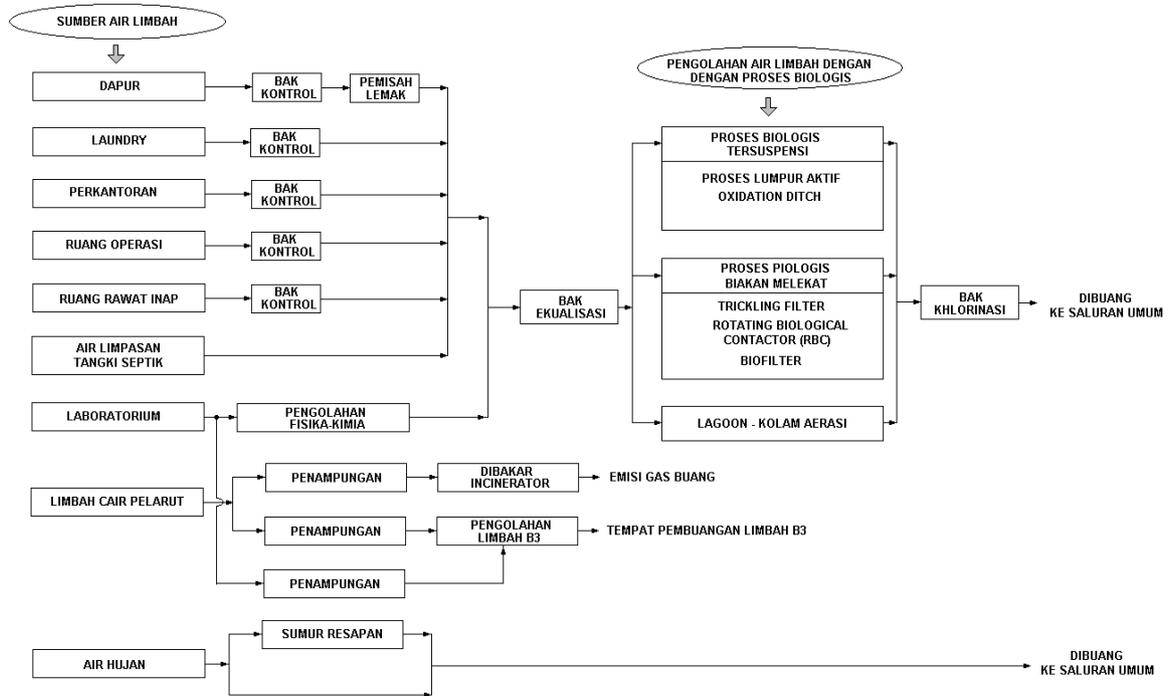
- , 1995. "Pekerjaan Penentuan Standard Kualitas Air Limbah yang Boleh Masuk ke Dalam Sistem Sewerage PD PAL JAYA", Dwikarasa Envacotama-PD PAL JAYA.
- Brock, TD, 1970. *Biology of Microorganisms*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Casey, T.J., 1997. "*Unit Treatment Process In Water and Wastewater Engineering*". University College Dublin, Ireland : John Wiley and Sons Ltd.
- Chudoba, J, Grau. P and Ottova, V. 1989. Control of activated sludge filamentous bulking II: Selection of micro-organisms by means of a selector. *Water Res.* 7 1389 pp.
- Irman, Joy. "Sistem Pengolahan Air Limbah Secara Biologis". 1 Desember 2017. <https://www.slideshare.net/metrosanita/sistem-pengolahan-air-limbah-secara-biologis>
- Jelena Radjenovic, Marin Matosic , Ivan Mijatovic, Mira Petrovic, Damià Barceló., *Membrane Bioreactor (MBR) as an Advanced Wastewater Treatment Technology*. *Hdb Env Chem Vol. 5, Part S/2* (2008): 37–101 DOI 10.1007/698_5_093 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Published online: 6 November 2007
- Li, Norman N.; Fane, Anthony G.; Ho, W.S. Winston; Matsuura, T. 2008. *Advanced Membrane Technology and Applications*. (Chapter 5 & 9). John Wiley & Sons.
- Lin , Shun Dar. 2007. *Water and Wastewater Calculation Manual*. second edition. Mc Graw-Hill Companies, New York.
- Malia, H. dan Till, S. 2001. *Membrane Bioreactors: Wastewater Treatment Applications To Achieve High Quality Effluent*.
- Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment Disposal, Reuse*, 3rd ed., G. Tchobano-glous and F.L. Burton, eds., McGraw-Hill, Toronto.
- Said, Nusa Idaman. 2002. Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Lumpur Aktif Yang Diisi Dengan Media Bioball, *Jurnal Air Indonesia Edisi Vol. BPPT. Jakarta.*
- Widayat, Wahyu, dan Nusa Idaman Said. 2005. Rancang Bangun Paket IPAL Rumah Sakit dengan Proses Biofilter Anaerob – Aerob Kapasitas 20-30 m³ Per Hari. *Jakarta : Jurnal Air Indonesia. Vol.1, No.1:52-64*

Lampiran 1 : Contoh Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit.

No	PARAMETER	MINIMUM	MAKSIMUM	RATA-RATA
1	BOD - mg/l	31,52	675,33	353,43
2	COD - mg/l	46,62	1183,4	615,01
3	Angka Permanganat (KMnO ₄) - mg/l	69,84	739,56	404,7
4	Ammoniak (NH ₃) - mg/l	10,79	158,73	84,76
5	Nitrit (NO ₂) - mg/l	0,013	0,274	0,1435
6	Nitrat (NO ₃) - mg/l	2,25	8,91	5,58
7	Klorida (Cl ⁻) - mg/l	29,74	103,73	66,735
8	Sulfat (SO ₄) - mg/l	81,3	120,6	100,96
9	pH	4,92	8,99	6,96
10	Zat padat tersuspensi(SS) - mg/l	27,5	211	119,25
11	Deterjen (MBAS) - mg/l	1,66	9,79	5,725
12	Minyal/lemak - mg/l	1	125	63
13	Cadmium (Cd) - mg/l	ttd	0,016	0,008
14	Timbal (Pb)	0,002	0,04	0,021
15	Tembaga (Cu) - mg/l	ttd	0,49	0,245
16	Besi (Fe) - mg/l	0,19	70	35,1
17	Warna - (Skala Pt-Co)	31	150	76
18	Phenol - mg/l	0,04	0,63	0,335

Sumber : PD PAL JAYA 1995

Lampiran 2 : Diagram Proses Pengelolaan Air Limbah Rumah Sakit.
 Sumber : Nusa Idaman Said, BPPT, 2006



Keterangan :

1. Pengolahan air limbah laboratorium dilakukan dengan cara dipisahkan dan ditampung, kemudian diolah secara kimia-fisika, selanjutnya air olahannya dialirkan bersama-sama dengan air limbah yang lain.
2. Air limbah yang berupa pelarut yang bersifat B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) antara lain chloroform, antiseptic, asam dll, obat/bahan kimia kadaluarsa dll dilakukan dengan cara pembakaran pada suhu tinggi dengan insinerator atau dapat dilakukan dengan cara dikirim ke tempat pengolahan limbah B3.
3. Khusus dari laundry sebaiknya diberikan pre treatment basin untuk mereduksi detergen dengan cara pembuatan bak *pretreatment* atau dengan *mixing* langsung dalam mesin cuci.
4. Air limbah dari ruang isolasi sebaiknya didesinfeksi terlebih dahulu dengan proses khlorinasi

Lampiran 3 : Sumber, Karakteristik Dan Pengaruh Air Limbah.

Sumber air limbah	Material-material utama	Pengaruh pada konsentrasi tinggi pada penanganan biologis
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rawat Inap ▪ Rawat Jalan ▪ Rawat Darurat ▪ Rawat Intensif ▪ Haemodialisa ▪ Bedah Sentral ▪ Rawat Isolasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Material-material organik • Ammonia • Bakteri patogen • Antiseptik • Antibiotik 	<ul style="list-style-type: none"> • Antiseptik : beracun untuk mikroorganisme • Antibiotik : beracun untuk mikroorganisme
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Laboratorium klinik dan kimia 	<ul style="list-style-type: none"> • Material solvent organik • Fosfor • Logam berat • pH fleksibel 	<ul style="list-style-type: none"> • Logam berat : beracun untuk mikroorganisme • pH fleksibel : beracun untuk mikroorganisme
Ruang dapur	<ul style="list-style-type: none"> • Material-material organik • Minyak / lemak • Fosfor • Pembersih ABS 	<ul style="list-style-type: none"> • Minyak / lemak : mengurangi perpindahan oksigen ke air • Pembersih ABS : terbentuk gelembung-gelembung dalam bioreaktor
Ruang cuci (laundry)	<ul style="list-style-type: none"> • Fosfor • pH 8 ~ 10 • ABS, N-heksana 	<ul style="list-style-type: none"> • pH 8 ~ 10 : beracun untuk mikroorganisme • ABS : terbentuk gelembung-gelembung dalam bioreaktor
Ruang Pemrosesan sinar X	Ag, logam berat lain	Ag : beracun untuk mikroorganisme
Ruang radio-isotop	Senyawa-senyawa radioaktif	Senyawa-senyawa radioaktif : beracun

Lampiran 4. Kriteria Perencanaan Biofilter Anaerob-Aerob.

BIOFILTER ANAEROB-AEROB	
Flow Diagram Proses	
Parameter Perencanaan:	
Bak Pengendapan Awal	Waktu Tinggal (<i>Retention Time</i>) rata-rata = 3-5 Jam Beban permukaan = 20 – 50 m ³ /m ² .hari. (JWWA)
<i>Biofilter Anaerob :</i>	Beban BOD per satuan permukaan media (L_A) = 5 – 30 g BOD/m ² . hari. (EBIE Kunio., “Eisei Kougaku Enshu“, Morikita shuppan kabushiki Kaisha, 1992) Beban BOD 0,5 - 4 kg BOD per m ³ media. (menurut Nusa Idaman Said, BPPT, 2002) Waktu tinggal total rata-rata = 6-8 jam Tinggi ruang lumpur = 0,5 m Tinggi bed media pembiakan mikroba = 0,9 -1,5 m Tinggi air di atas bed media = 20 cm
<i>Biofilter Aerob :</i>	Beban BOD per satuan permukaan media (L_A) = 5 – 30 g BOD /m ² . hari. (menurut Nusa Idaman Said, BPPT, 2002). Waktu tinggal total rata-rata = 6 - 8 jam Tinggi ruang lumpur = 0,5 m Tinggi bed media pembiakan mikroba = 1,2 m Tinggi air di atas bed media = 20 cm
Bak Pengendap Akhir	Waktu Tinggal (<i>Retention Time</i>) rata-rata = 2 - 5 Jam <i>surface loading</i> rata-rata = 10 m ³ /m ² .hari Beban permukaan = 20 – 50 m ³ /m ² .hari (JWWA) Ratio Sirkulasi (<i>Recycle Ratio</i>) = 25 – 50 %
Media Pembiakan Mikroba :	
Tipe	: Sarang Tawon (crss flow).
Material	: PVC sheet
Ketebalan	: 0,15 – 0,23 mm
Luas Kontak	: 150 – 226 m ² /m ³
Spesifik	
Diameter lubang	: 2 cm x 2 cm
Berat Spesifik	: 30 -35 kg/m ³
Porositas Rongga	: 0,98