

UTILITAS PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT

Permadi

Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.

ABSTRAK. Limbah cair adalah hasil buangan berupa cairan yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang. Menteri kesehatan RI telah mengatur melalui keputusan menteri kesehatan Republik Indonesia Nomor : 1204/MENKES/SK/X/2004, Tentang : Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit. Sebagian besar Rumah Sakit masih membuang air limbah langsung ke sistem drainase atau saluran air kota. Dalam beberapa kasus air limbah rumah sakit juga langsung dibuang ke sistem irigasi yang biasa digunakan untuk air minum. Padahal air limbah rumah sakit banyak mengandung polutan dari bahan-bahan yang dapat menimbulkan penyakit dan berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Untuk itulah perlu diadakan pengolahan limbah cair rumah sakit dengan menggunakan teknologi pengolahan limbah cair yang efektif dan efisien serta ekonomis.

Kata kunci : Limbah cair rumah sakit, karakteristik air limbah cair, teknologi pengolahan limbah cair.

ABSTRACT. Liquid waste is a liquid waste product that needs to be treated before disposed. The Health Minister of RI has established a decision of the health ministers of the Republic of Indonesia Number: 1204/ MENKES/ SK/ X/ 2004, about: Requirements of Environmental Health Hospital. Most hospitals have not concerned about this issues. They do not have waste management thus all the liquid waste have been disposed through water drainage system or directly into city waterways. In some cases the liquid waste from hospital is directly discharged into the irrigation system which will be used for drinking water. It is too dangerous to consume this drinking water, because it has been regarded that liquid waste from hospital contains pollutants from organic materials. Thus, it is necessary to deliver liquid waste management for hospital by using technology which are effective, efficient and economical.

Keywords : hospital's liquid waste, characteristic of liquid waste, technology of liquid waste treatment

PENDAHULUAN

Pada era globalisasi kemajuan dalam bidang produksi dan industri berkembang pesat. Dalam kegiatan produksi diperlukan berbagai bahan, air dan energi untuk menghasilkan suatu produk. Namun demikian dalam proses produksi tidak ada efisiensi yang sempurna, sehingga masih dihasilkan limbah baik berupa limbah padat, cair maupun gas.

Air limbah adalah sisa hasil proses produksi yang berbentuk cair yang sudah tidak dimanfaatkan lagi dan harus dikelola sebelum dibuang ke sistem drainase lingkungan agar tidak menimbulkan pencemaran dan penurunan kualitas lingkungan. Dengan demikian setiap limbah yang dihasilkan harus dikelola secara baik berdasarkan karakteristiknya agar dapat menurunkan kualitas bahan pencemar yang terkandung di dalamnya dan aman dibuang ke sistem drainase lingkungan.

Kegiatan rumah sakit juga menghasilkan limbah padat, cair dan gas dengan karakteristik yang khas. Secara umum limbah cair rumah sakit mengandung bahan organik yang tinggi, bahan tersuspensi, lemak dan volume dalam jumlah yang banyak. Dengan karakteristik seperti itu, maka pengelolaan limbah cair rumah sakit memerlukan rencana dan rancangan khusus meliputi upaya meminimalisasi limbah dan pengolahan air limbah melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Pengendalian pembuangan air limbah dimaksudkan sebagai upaya pencegahan, penanggulangan pencemaran air dan atau pemulihan kualitas air pada sumber air. Pengendalian pembuangan air limbah ke sumber air bertujuan agar air yang ada pada sumber air dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan untuk memnuhi berbagai kebutuhan manusia serta untuk melindungi kelestarian hidup flora, fauna dan mikroorganisme yang bermanfaat bagi lingkungan dan manusia.

TINJAUAN UMUM IPAL

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah upaya terakhir dalam sistem pengelolaan limbah setelah sebelumnya dilakukan optimasi proses produksi dan pengurangan serta pemanfaatan limbah. Pengolahan air limbah dimaksudkan untuk menurunkan tingkat cemaran yang terdapat dalam air limbah sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan.

Limbah cair yang dikeluarkan dari setiap kegiatan atau proses produksi memiliki karakteristik yang berbeda. Hal ini disebabkan karena bahan baku, teknologi proses dan

peralatan yang digunakan juga berbeda. Namun untuk produk yang sama ada kemiripan dalam hal karakteristik limbah cair yang dihasilkan. Karakteristik utama limbah cair didasarkan pada jumlah atau volume limbah dan kandungan bahan pencemarnya yang terdiri dari unsur fisik, biologi, kimia dan radioaktif. Karakteristik ini menjadi dasar untuk menentukan proses dan alat yang digunakan untuk mengolah air limbah.

Tahapan Proses

Pengolahan air limbah biasanya menerapkan 3 tahapan proses yaitu pengolahan pendahuluan (*pre-treatment*), pengolahan utama (*primary treatment*) dan pengolahan akhir (*post treatment*). Pengolahan pendahuluan ditujukan untuk mengkondisikan aliran, beban limbah dan karakter lainnya agar sesuai untuk masuk ke pengolahan utama.

Pengolahan utama adalah proses yang dipilih untuk menurunkan pencemar utama dalam air limbah. Selanjutnya pada pengolahan akhir dilakukan proses lanjutan untuk mengolah limbah agar sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.

Jenis Proses dan Alat Pengolahan

Terdapat 3 jenis proses yang dapat dilakukan untuk mengolah air limbah yaitu fisik, biologis dan kimia. Proses fisik, dilakukan dengan cara memberikan perlakuan fisik pada air limbah seperti menyaring, mengendapkan atau mengatur suhu. Proses fisik dilakukan dengan menggunakan alat *screening*, *grit chamber*, *settling tank/ settling pond*, dll.

Proses biologis, dilakukan dengan cara memberikan perlakuan terhadap air limbah seperti penguraian atau penggabungan substansi biologi dengan lumpur aktif (*activated sludge*), *attached growth filtration*, *aerobic process* dan *an-aerobic process*. Proses kimia, dilakukan dengan cara membubuhkan bahan kimia atau larutan kimia pada air limbah agar dihasilkan reaksi tertentu.

Dalam mengolah suatu jenis air limbah tertentu, dapat menggunakan salah satu dari ketiga jenis proses dan alat pengolahan tersebut, atau dapat juga diaplikasikan secara gabungan atau kombinasi dari ketiga proses dan alat pengolahan tersebut.

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

IPAL yang ada pada umumnya merupakan gabungan dari ketiga proses pengolahan air limbah baik secara fisik-mekanik, biologis maupun kimia. Pengolahan secara fisik-mekanik dan kimia pada dasarnya sama dengan pengolahan air limbah untuk mendapatkan air bersih. Pengolahan air limbah secara biologis yang banyak dijumpai adalah proses lumpur aktif. Proses lumpur aktif adalah salah satu bentuk pengolahan air limbah secara biologis. Sekitar tahun 1880, telah dikenal bahwa air limbah yang diaerasi dapat mereduksi bau dan menurunkan kadar polusi serta menghasilkan lumpur (Veenstra S & Polprasert C. 1995).

Lumpur yang dihasilkan dirangsang agar dapat menguraikan air limbah secara biologis. Lumpur inilah yang kemudian dikenal dengan sebutan lumpur aktif. Fenomena lumpur yang dapat menguraikan air limbah menjadi bersih ini, kemudian dikembangkan menjadi metode pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif. Proses lumpur aktif pertama kali dikembangkan di Inggris pada tahun 1914, oleh Ardern dan Lockett (Metcalf & Eddy, 1979). Pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif adalah sistem pengolahan air limbah dengan menggunakan bakteri aerobik yang dibiakkan dalam tangki aerasi. Tujuannya adalah untuk menurunkan karbon atau organik nitrogen. Dalam menurunkan organik karbon, bakteri yang berperan adalah bakteri heterotrophic. Sumber energi berasal dari oksidasi senyawa organik dan sumber karbon adalah organik karbon. Organik karbon biasanya diukur dengan besarnya BOD dan COD. Selanjutnya BOD dan COD ini, dalam lingkup pengolahan biologis disebut sebagai substrat.

Bahan organik dalam air limbah akan diuraikan oleh jasad renik/ mikroorganisme menjadi karbon dioksida, amonia dan sel baru serta hasil lain berupa lumpur (*sludge*). Bakteri juga perlu respirasi dan melakukan sintesa untuk kelangsungan hidupnya. Pada reaksi respirasi terlihat bahwa ultimate BOD untuk sel sebesar 1,42 kali konsentrasi sel. Dengan kata lain 1 unit biomassa yang dioksidasi, membutuhkan 1,42 unit O₂ (Benefield L.D. & Randal CW, 1980).

Bakteri atau jasad renik yang ada dalam lumpur aktif termasuk gram negatif dari berbagai genus (Metcalf & Eddy, 1979) yaitu antara lain: *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Achromobacter*, *Flvobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium* dan dua bakteri nitrifikasi yakni : *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Terdapat pula beberapa organism filamentous antara lain seperti : *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Lecicathrix*, *Geotrichum*, *Lyngbya* dan lain-lain. Pada daerah dekat effluent terdapat beberapa jenis protozoa yang berfungsi sebagai pembersih (*polisher*). Protozoa makan bakteri yang tak menggumpal dan tersebar dalam

air, sedangkan rotifera memakan flok biologis berukuran kecil yang tidak mengendap. Disamping berfungsi sebagai *polisher*/pembersih, protozoa juga dapat berfungsi sebagai indikator/penunjuk dalam proses lumpur aktif.

Dalam bak aerasi terdapat berbagai organisme, salah satu diantaranya adalah protozoa. Menurut K. Mudrack & S. Kunst (1981). Beberapa protozoa yang terdapat dalam bak aerasi yang dapat digunakan sebagai indikator proses lumpur aktif, antara lain adalah: *Zooflagellates*, *Amoebae*, *Ciliates* (antara lain : *Colpidium campylum*, *paramecium caudatum*, *Asidisca costata*, *Euplotes affinis*, *Vorticella spp*, *carchesium polypinum*, *Opeercularia coartata*), dan *Suctorina*. Disamping protozoa, dalam lumpur aktif sering juga terdapat jasad multiseluler antara lain Rotifera, larva serangga, Nematoda dan bangsa udang (*Crustacean*), *Zooflagellates* dari klas *Nasthiophorae*, terutama *Bodo spp*, dan *Trigonomonas*, apabila hadir dalam bak aerasi dalam jumlah yang mendominasi, hal tersebut menunjukkan suatu kondisi an-aerobik. Dengan demikian hal tersebut menunjukkan bahwa sistem aerasi berjalan tidak sesuai dengan kriteria yang diharapkan. Amoeba biasanya hadir pada fase *star up* atau pada kondisi beban yang berat (*over loading*). Sebaliknya spesies *Testate* amoeba selalu hadir pada kondisi beban organik yang sangat kecil/ringan.

Keberadaan *Ciliates* dapat menunjukkan kondisi *sock loading* karena adanya unsur toksik, atau kondisi *over loading* atau defisiensi oksigen. Pada kondisi optimal jumlah *Ciliates* berkisar antara 2.000 – 100.000 sel/ml. Bila kondisi mendadak menurun secara drastis, menunjukkan adanya unsur toksik dalam air limbah. Berbagai spesies *Ciliates* dapat merupakan indikator spesifik terhadap kondisi sistem aerasi pada suatu bak aerasi.

Colpidium campylum jika hadir dalam jumlah yang banyak menunjukkan kondisi suplai oksigen tidak baik atau kondisi *over loading*. *Paramecium caudatum* menunjukkan bahwa pada proses lumpur aktif terjadi kondisi pembebanan di bawah normal. *Asidisca costata* apabila tiba-tiba menghilang, menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut < 2 mg/l. Sebaliknya bila keberadaannya tetap, hal tersebut menunjukkan kondisi aerasi cukup baik. Demikian juga *Euplotes affinis*, kehadirannya menunjukkan suplai oksigen yang bagus.

Keberadaan *Vorticella spp*, khususnya *Vorticella microstoma*, menunjukkan kondisi miskin oksigen atau kondisi pembebanan berat. Sedangkan kehadiran *Vorticella convallaria* dan *Vorticella campanulla*, menunjukkan pembebanan normal dan ini menunjukkan juga bahwa suplai oksigen cukup baik. Keberadaan *Carchesium polypinum* selalu berhubungan dengan *Vorticella*. *Opeercularia coarctata* juga merupakan *Ciliata* yang merupakan

indikator suplai oksigen yang baik bila terdapat dalam bak aerasi. Sedangkan keberadaan *Suctorina* dalam bak aerasi merupakan indikator pembebanan sangat ringan.

Dari uraian di atas dapat dikemukakan perbedaan berdasarkan keberadaan *protozoa* dalam proses lumpur aktif sebagai berikut pembebanan berat biasanya terdapat Flagelata atau Amoeba, pembebanan normal biasanya terdapat spesies *Ciliata* antara lain: *Vorticella convallaria*, *Opercularia coarctata*, *Euplotes affinis* dan *Apisdisca costata*. Sedangkan pembebanan ringan biasanya terdapat *Rotifera* dan sedikit *Protozoa*.

Proses lumpur aktif intinya terdiri dari dua tangki, yakni bak aerasi dan bak pengendap (*clarifier*). Pada bak aerasi terjadi penguraian zat organik secara biokimia oleh jasad renik aerob dengan suplai oksigen yang cukup. Bak pengendap berfungsi untuk memisahkan lumpur aktif (biomassa) yang berasal dari bak aerasi. Lumpur aktif yang mengendap sebagian dikembalikan lagi ke bak aerasi dan sebagian lain di buang. Modifikasi pada proses lumpur aktif, terutama dilakukan dengan merubah konfigurasi sistem inlet, merubah konfigurasi sistem aerator, merubah parameter F/M unsur lumpur, merubah suplai udara dengan oksigen murni. Proses lumpur aktif yang sudah dimodifikasi antara lain : *Step aerasi*, *Tapered Aeration*, *Contact stabilisasi*, *Pure oxygen*, *Oxydation ditch*, *Hight rate aeration*, dan *extended aeration*.

Pada prakteknya proses lumpur aktif adalah merupakan suatu pengolahan air limbah, dimana air limbah bersama lumpur aktif masuk ke bak aerasi, kemudian di aerasi terus menerus. Air limbah (zat organik) akan dioksidasi oleh jasad renik menjadi gas karbon dioksida dan sel baru. Banyaknya gas dan sel baru yang terbentuk mengikuti persamaan reaksi oksidasi dan sintesis sel sebagaimana telah diterangkan sebelumnya. Jumlah sel baru dalam tangki aerasi akan terus bertambah. Disisi lain sel-sel tua akan mati, namun demikian jumlah sel baru yang terbentuk harus jauh lebih banyak dari sel yang mati. Hal ini untuk memungkinkan terjadinya *positivenet growth* (sel terus bertambah).

Prinsip pengolahan biologis adalah memanfaatkan aktivitas mikroorganisme pada fase pertumbuhan sebagaimana dimaksud di atas. Nutrien yang berupa bahan-bahan organik dapat tereduksi dengan cepat untuk keperluan pertumbuhan sel yang bersifat eksponensial. Akibatnya nutrien (bahan organik) akan cepat habis, dan selanjutnya sel akan mengalami kematian. Agar dapat berlangsung dengan sukses pada fase pertumbuhan (dalam pengolahan air limbah), perlu optimalisasi fase lag. Optimalisasi fase lag adalah dengan menciptakan kondisi luar yang mendukung kehidupan mikroorganisme, misalnya: dengan cara pengendalian pH, temperatur dan suplai oksigen yang mencukupi.

Oleh karena itu pemantauan pH, temperatur dan DO pada tangki aerasi sangat penting untuk dilakukan (Muslimin, L.W, 1995).

TINJAUAN KHUSUS UTILITAS IPAL RUMAH SAKIT.

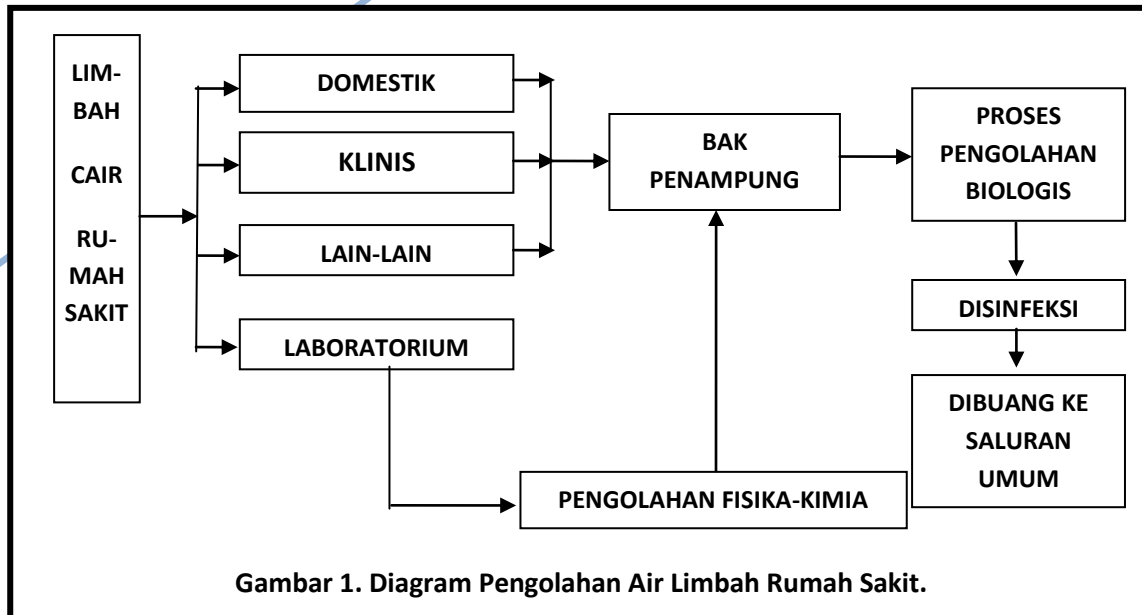
Rumah sakit adalah fasilitas umum dan sosial yang tidak mungkin terpisah dari masyarakat. Keberadaannya sangat diharapkan agar kesehatan masyarakat dapat terjaga. Bangunan rumah sakit kebanyakan berada jauh dari pemukiman warga dan biasanya terletak dekat sungai dengan pertimbangan agar pengolahan limbah baik padat maupun cair tidak berdampak buruk bagi kesehatan warga dan untuk menjaga kelestarian lingkungan.

Limbah cair yang dihasilkan oleh sebuah rumah sakit umumnya banyak mengandung bakteri, virus, senyawa kimia dan obat-obatan yang dapat membahayakan bagi kesehatan masyarakat sekitar rumah sakit tersebut. Dari sekian banyak sumber limbah cair di rumah sakit, limbah dari laboratorium paling perlu diwaspadai. Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses uji laboratorium tidak bisa diurai hanya dengan aerasi atau *activated sludge*. Bahan-bahan tersebut mengandung logam berat dan ineksikus, sehingga harus disterilisasi atau dinormalkan sebelum menjadi limbah tak berbahaya. Untuk foto rontgen misalnya, ada cairan tertentu yang mengandung radioaktif yang cukup berbahaya. Setelah bahan itu digunakan limbahnya dibuang. Banyak pihak yang menyadari tentang bahaya limbah cair rumah sakit. Namun lemahnya peraturan pemerintah tentang pengelolaan limbah rumah sakit mengakibatkan hingga saat ini hanya beberapa rumah sakit yang sudah memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk mengolah limbah cairnya. Kebanyakan yang mereka miliki untuk mengolah limbah rumah sakit hanyalah septictank dan insinerator. Keduanya sekarang terbukti memiliki nilai negatif besar. Tangki septik banyak dipersalkan karena rembesan air limbah dari tangki dapat mencemari air tanah. Beberapa kasus rumah sakit membuang limbah dari septictank langsung ke sungai, sehingga dapat dipastikan sungai tersebut tercemar limbah rumah sakit. Sedangkan insinerator yang menerapkan teknik pembakaran pada sampah medis juga memiliki dampak negatif bagi kesehatan lingkungan.

Untuk pengolahan air limbah rumah sakit dengan kapasitas besar umumnya menggunakan teknologi pengolahan air limbah lumpur aktif atau *Active Sludge Procces*. Untuk kapasitas kecil cara tersebut kurang ekonomis karena biaya operasional cukup mahal. Air limbah rumah sakit yang berasal dari limbah domestik maupun buangan limbah cair klinis umumnya mengandung senyawa polutan organik yang cukup tinggi dan dapat diolah

dengan proses pengolahan secara biologis. Sedangkan untuk air limbah rumah sakit yang berasal dari laboratorium biasanya banyak mengandung logam berat. Kalau limbah ini dialirkan ke dalam proses pengolahan air limbah secara biologis, logam berat tersebut dapat mengganggu proses pengolahannya. Oleh karena itu, limbah dari laboratorium dipisahkan dan ditampung, kemudian diolah secara khusus dengan cara kimia-fisika selanjutnya air hasil olahannya dialirkan bersama-sama dengan air limbah lainnya kemudian diolah secara biologis.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram pengolahan air limbah rumah sakit berikut ini.



PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH SAKIT

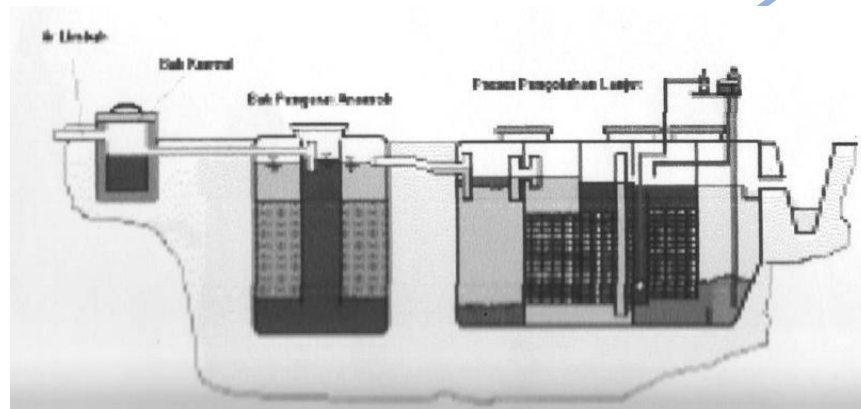
Seluruh air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit yakni yang berasal dari limbah domestik maupun kegiatan klinis rumah sakit dikumpulkan melalui saluran pipa pengumpul, selanjutnya dialirkan ke bak kontrol. Fungsi dari bak kontrol adalah mencegah limbah padat misalnya ; plastik, kaleng, kayu dsb. agar tidak masuk ke dalam unit pengolahan limbah. Dari bak kontrol, air limbah dialirkan ke bak pengurai anaerob yang dibagi menjadi tiga buah ruangan yaitu ; bak pengendapan, bak pengurai awal biofilter anaerob, serta bak stabilisasi.

Selanjutnya dari bak stabilisasi, air limbah dialirkan ke unit pengolahan lanjut.

Unit pengolahan lanjut ini terdiri dari beberapa ruangan yang berisi media untuk pembiakan mikroorganisme yang akan menguraikan senyawa polutan yang ada di dalam air limbah. Setelah melalui unit pengolahan lanjut, air hasil olahan dialirkan ke bak khlorinasi, di dalam bak ini air limbah dikontakkan dengan khlor tablet agar seluruh mikroorganisme patogen dapat dimatikan. Dari bak tersebut air limbah sudah dapat dibuang ke sungai atau saluran lingkungan.

Secara garis besar alat pengolahan air limbah ini terdiri dari bak pengurai anaerob dan unit pengolahan dengan sistem biofilter anaerob-aerob. Bak pengurai anaerob dibuat dari bahan beton cor atau dari bahan fiber glass (FRB), disesuaikan dengan kondisi yang ada. Ukuran bak ini yaitu: Panjang = 160 cm, Lebar = 160 cm dan kedalaman efektif sekitar 200 cm. Dengan waktu tinggal sekitar 8 jam.

Unit pengolah lanjut dibuat dari bahan fiber glass (FRP) dan dibuat dalam bentuk yang kompak dan langsung dapat dipasang dengan ukuran " Panjang = 310 cm, Lebar = 100 cm, dan tinggi 190 cm. Ruangan di dalam alat ini terbagi menjadi beberapa zone yaitu : ruang pengendapan awal, zone biofilter anaerob, zone biofilter aerob dan ruangan pengendapan akhir. Untuk lebih jelasnya dapat diligat pada Gambar Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit berikut ini.



Gambar 2 : Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit.

KESIMPULAN

Limbah cair yang dikeluarkan dari setiap kegiatan atau proses produksi memiliki karakteristik yang berbeda. Hal ini disebabkan karena bahan baku, teknologi proses dan peralatan yang digunakan juga berbeda. Karakteristik utama limbah cair didasarkan pada jumlah atau volume limbah dan kandungan bahan pencemarnya yang terdiri dari unsur fisik, biologi, kimia dan radioaktif. Karakteristik ini menjadi dasar untuk menentukan proses dan alat yang digunakan untuk mengolah air limbah.

Limbah cair yang dihasilkan oleh sebuah rumah sakit umumnya banyak mengandung bakteri, virus, senyawa kimia dan obat-obatan yang dapat membahayakan bagi kesehatan masyarakat sekitar rumah sakit tersebut. Dari sekian banyak sumber limbah cair di rumah sakit, limbah dari laboratorium paling perlu diwaspadai. Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses uji laboratorium tidak bisa diurai hanya dengan aerasi atau activated sludge. Bahan-bahan tersebut mengandung logam berat dan ineksikus, sehingga harus disterilisasi atau dinormalkan sebelum menjadi limbah tak berbahaya. Untuk foto rontgen misalnya, ada cairan tertentu yang mengandung radioaktif yang cukup berbahaya bagi kesehatan manusia maupun lingkungan.

Dengan adanya kemajuan teknologi telah dapat diciptakan sistem pembuangan limbah cair rumah sakit yang baik dan aman. Dengan melalui beberapa proses tertentu, limbah yang dihasilkan dalam kegiatan operasional rumah sakit dapat diolah sehingga tidak berbahaya dan aman bagi manusia dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA.

- Abdullah,S. (2000). **Problem & Solusi IPAL**. Yayasan Sanitarian Indonesia.
- Agustiani, Elly, Slamet, Agus, Winarni, Dyah. (1998). **Penambahan PAC pada Proses Lumpur Aktif Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit**. Laporan Penelitian : Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 1998.
- Arthono, Andri. (2000). **Perencanaan Pengolahan Limbah Cair untuk Rumah Sakit dengan Metode Lumpur Aktif**. Media ISTA : 3 (2) 2000 : 15-18.
- Christiani. (2002). **Pemanfaatan Substrat Padat untuk Imobilisasi Sel Lumpur Aktif pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit**. Buletin Keslingmas.
- Gyatmi. (2003). **Efektifitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Dokter Sardjito Yogyakarta Terhadap Pencemaran Radioaktif**. Yogyakarta, Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.
- Handoko, T.Hani.(2003). **IPAL**. Cetakan kedelapanbelas, Yogyakarta : BPFE-Yogyakarta.
- Kusnoputranto, Haryoto. (1997). **Air Limbah dan Ekskreta Manusia**. Jakarta : Dirjen Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Sugiharto. (1987). **Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah**. Penerbit, Universitas Indonesia (UI Press), Jakarta.
- Siregar, Sakti A. (2005). **Instalasi Pengolahan Air Limbah : Menuntaskan pengenalan Alat-Alat dan Sistem Pengolahan Air Limbah**. Kanisius, Yogyakarta.
- Said, Nusa Idaman. (1999). **Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob**. Seminar Teknologi Pengolahan Air Limbah II : Prosiding, Jakarta, 16-17 Februari 1999.
- Tjokrokusumo, KRT. (1995). **Pengantar Teknologi Bersih Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air**. STTL-YLH, Yogyakarta.
- Menteri KLH Nomor : 58/MenKLH/12/1985 Tentang **Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit**.
- Menteri Kesehatan RI Nomor : 1204/menkes/SK/X/2004 Tentang **Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit**

[http://www.depkes.go.id.html/2000/penanganan limbah medis tajam harus segera dibenahi](http://www.depkes.go.id.html/2000/penanganan_limbah_medis_tajam_harus_segera_dibenahi)

<http://www.enviro.bppt.go.id.-Kel-1/>

[http://centralkalah.blogspot.com./2009/02/instalasi pengolahan air limbah.html](http://centralkalah.blogspot.com./2009/02/instalasi_pengolahan_air_limbah.html)

<http://aditiaa.blogspot.com/2009/03/ipal-dan-rumahsakit.html>

<http://1ka01.wordpress.com/2009/10/11/evaluasi-pengolahan-air-limbah/>

copyright