

EVALUASI DAN PERENCANAAN ULANG SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH RSUD DR HARJONO PONOROGO

Dunung Waskito Aji

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan M.T. Haryono 167, Malang 65145

Email: dunungwaskito@yahoo.com

ABSTRAK

Pencemaran air limbah sebagai salah satu dampak pembangunan di berbagai bidang disamping memberikan manfaat bagi kesejahteraan rakyat. Selain itu peningkatan pencemaran lingkungan juga diakibatkan dari meningkatnya jumlah penduduk beserta aktifitasnya. Limbah yang berbentuk cair yang tidak dikelola dengan baik bisa menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Dalam hal ini, rumah sakit merupakan fasilitas publik yang memiliki peranan penting dalam kehidupan masyarakat. Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Dr Harjono Ponorogo yang pertama memiliki luas lahan 16.659 m². Pada tahun 2008 RSUD Dr Harjono Ponorogo dirasa kurang memenuhi sehingga perlunya dikembangkan, karena wilayah pengembangan di lokasi yang lama tidak memungkinkan maka perlu dilakukannya relokasi dengan luas lahan 63.142,88 m². Peningkatan pelayanan kesehatan RSUD Dr Harjono Ponorogo salah satunya dengan penambahan jumlah tempat tidur pasien inap yang dirawat di RSUD Dr Harjono menjadi 350 TT. Pada tahun 2013 RSUD Dr Harjono kembali menambah dua gedung baru yang mana pada bangsal ini terjadi penambahan jumlah tempat tidur. Dengan adanya penambahan aktifitas RSUD Dr Harjono Ponorogo, tentunya akan menambah jumlah air limbah yang dihasilkan. Oleh karena itu perlu dilakukan studi untuk mengetahui besar air limbah yang dihasilkan setelah penambahan tempat tidur. Selain itu akan direncanakan pipa air limbah dan evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) eksisting apakah cukup atau tidak. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode wawancara dan pengumpulan data-data yang ada itu sendiri. Tahap pertama dilakukan untuk memperoleh data-data administrasi rumah sakit yang meliputi jumlah karyawan, jumlah pasien, jumlah tempat tidur dan dimensi dari IPAL pada kondisi eksisting. Tahap selanjutnya dilakukan analisis hidrolika untuk mengetahui besar debit air bersih, debit air limbah yang dihasilkan, dan merencanakan dimensi pipa dan IPAL yang memenuhi. Setelah dilakukan penelitian maka dapat ditarik kesimpulan bahwa terjadi peningkatan kebutuhan air bersih dari 0,000916972 m³/detik menjadi 0,003266667 m³/detik. Otomatis ini juga meningkatkan debit air limbah dari 0,00110028 m³/detik menjadi 0,00313596 m³/detik. Dalam perencanaan dimensi pipa digunakan pipa berdiameter 0,1 m dan 0,15 m. Dengan bertambahnya debit air limbah maka terjadi perubahan pada IPAL yang meliputi penambahan sewage pit dengan dimensi 1,5m x 2m x 2,5m, desain ulang primary clarifier dengan dimensi 4m x 3m x 3m, penambahan unit tanki biofilter dari 2 unit menjadi 4 unit, serta rencana penambahan sludge drying bed dengan dimensi 2mx7mx1,5m. Sedangkan untuk final clarifier tidak dilakukan perubahan, masih tetap dengan dimensi 5,2m x 2m x 2,3m karena ternyata masih memenuhi setelah dilakukan evaluasi. Pada rencana penambahan sludge drying bed dilakukan karena untuk menampung lumpur hasil pengolahan.

Kata Kunci: IPAL, Air Limbah, Rumah Sakit,

PENDAHULUAN

Pencemaran air limbah sebagai salah satu dampak pembangunan di berbagai bidang disamping memberikan manfaat bagi kesejahteraan rakyat. Selain itu peningkatan pencemaran lingkungan juga diakibatkan dari meningkatnya jumlah penduduk beserta aktifitasnya. Limbah yang berbentuk cair yang tidak dikelola dengan baik bisa menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya.

Upaya pencegahan timbulnya pencemaran lingkungan dan bahaya yang diakibatkannya serta yang akan menyebabkan kerugian sosial ekonomi, kesehatan dan lingkungan, maka harus ada

pengelolaan secara khusus terhadap limbah tersebut agar bisa dihilangkan atau dikurangi sifat bahayanya. Selain itu, perlu diusahakan metode pengelolaan yang ramah lingkungan serta pengawasan yang benar dan cermat oleh berbagai pihak.

Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Dr Harjono Ponorogo yang pertama memiliki luas lahan 16.659 m² merupakan rumah sakit tipe B. RSUD Dr Harjono dilakukan relokasi dengan luas lahan 63.142,88 m². Peningkatan pelayanan kesehatan RSUD Dr Harjono Ponorogo dengan cara meningkatkan standar rumah sakit. Salah satunya dengan penambahan jumlah tempat tidur

pasien inap yang dirawat di RSUD Dr Harjono menjadi 350 TT. Pada tahun 2013 RSUD Dr Harjono kembali menambah dua gedung baru. Oleh karena itu perlu dilakukan studi untuk mengetahui besar air limbah yang dihasilkan setelah penambahan tempat tidur. Selain itu akan direncanakan pipa air limbah dan evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

TINJAUAN PUSTAKA

Air Limbah

Limbah adalah bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Limbah merupakan sisa produksi, baik dari alam maupun hasil dari kegiatan manusia.

Berdasarkan keputusan Memperindag RI No. 231/MPP/Kep/7/1997 Pasal I tentang prosedur impor limbah, menyatakan bahwa limbah adalah bahan/barang sisa atau bekas dari suatu kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah dari aslinya. Namun berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18/1999 Jo.PP85/1999 limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan/atau kegiatan manusia.

Sumber-Sumber Air Limbah

a. Air Limbah Rumah Tangga/Domestik

Pada air limbah rumah tangga ini biasanya berasal dari daerah perumahan, perdagangan, kelembagaan, ataupun daerah rekreasi. Sumber utama air limbah rumah tangga berasal dari perumahan dan daerah perdagangan.

b. Air Limbah Pertanian

Air limbah ini dihasilkan dari berbagai macam pestisida dan pupuk. Sisa pestisida dan pupuk terbawa oleh air hujan dan drainasi sawah atau daerah pertanian menuju saluran pengaliran, sungai dan waduk

c. Air Limbah Industri

Air limbah ini dihasilkan dari air sisa produksi yang umumnya kualitasnya kompleks dan kebanyakan beracun atau berbahaya.

d. Air Limbah Rumah Sakit

Air limbah yang dikeluarkan rumah sakit berasal dari berbagai macam aktivitas, antara lain seperti kegiatan dapur, ruang rawat inap, laundry, ruang operasi dan lainnya. Pengolahan air limbah rumah sakit disesuaikan dengan sumber serta karakteristik limbahnya.

e. Air Limbah Pertambangan

Air limbah pertambangan berasal dari kegiatan pertambangan khususnya pertambangan logam yang melakukan proses pengolahan di tempat (in situ).

Sifat-Sifat Air Limbah

1. Sifat Fisik

a. Kandungan Bahan Padat

Merupakan umlah total endapan terdiri dari benda-benda yang mengendap, terlarut, dan tercampur.

b. Warna

Warna adalah ciri kualitatif yang dapat dipakai untuk mengkaji kondisi umum air limbah.

c. Bau

Bau air limbah yang masih baru biasanya tidak terlalu merangsang, tetapi berbagai senyawa yang berbau dilepaskan pada saat air limbah terurai secara biologis pada kondisi anaerobik.

d. Suhu

Suhu atau temperatur dari air limbah lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa, hal ini disebabkan karena adanya penambahan air yang lebih panas dari pemakaian rumah tangga maupun aktifitas di pabrik ataupun sumber air limbah yang lain.

2. Sifat Kimiawi

Beberapa sifat kimiawi yang perlu diperhatikan adalah BOD, COD, ammonia bebas, nitrogen organik, nitrit, nitrat, fosfor organik dan fosfor anorganik (Linsley, 1996).

a. Senyawa Organik

b. Senyawa Anorganik

c. pH

3. Sifat Biologis

Baik tidaknya kualitas air secara biologis ditentukan oleh jumlah mikroorganisme patogen dan nonpatogen.

Pengaruh Buruk Air Limbah

Apabila air limbah tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan ataupun terhadap kehidupan yang ada (Sugiharto, 1987).

Adapun gangguan yang dapat ditimbulkan air limbah misalnya adalah gangguan kesehatan dan gangguan terhadap kehidupan biota perairan

Air Limbah Rumah Sakit

Air limbah Rumah Sakit merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang sangat berbahaya. Oleh karena itu air limbah perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran umum.

Air limbah Rumah sakit adalah seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan Rumah sakit yang meliputi (Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, No. 122 / 2004).

- Limbah padat medis adalah limbah padat yang terdiri dari limbah infeksius, limbah patologi, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitoksis, limbah kimiawi, limbah radioaktif.
- Limbah padat non medis adalah limbah padat yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit di luar medis yang berasal dari dapur, perkantoran, taman dan halaman yang dapat dimanfaatkan kembali.

Sumber-Sumber Air Limbah Rumah Sakit

Sumber air limbah Rumah sakit diantaranya dari ruang inap, ruang operasi, ruang gawat darurat, ruang isotop, ruang hemodialisa, klinik, dapur, laundry, laboratorium dan toilet. Sumber air limbah dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Air Limbah Medis

Limbah dihasilkan selama pelayanan pasien secara rutin, pembedahan dan di unit-unit resiko tinggi. Air limbah medis berasal dari kegiatan ruang rawat inap, ruang operasi, ruang gawat darurat, wastafel, ruang isotop, ruang hemodialisa, klinik, laboratorium dan toilet.

- a. Jumlah tempat tidur
- b. Pemakaian per bulan dari tempat tidur
- c. Jenis kegiatan yang ada
- d. Jumlah pasien rawat inap
- e. Jumlah karyawan, dll.

2. Air Limbah Non Medis

Limbah non medis terdiri dari kegiatan-kegiatan Rumah Sakit yang tidak berhubungan dengan kegiatan medis namun juga perlu diperhatikan karena air limbah yang dihasilkan dapat merusak biota perairan jika tidak diolah dengan baik.

- a. Air Limbah dari Dapur (*Kitchen*)
Air limbah dari dapur (*kitchen*) banyak mengandung lemak dan minyak.
- b. Air Limbah dari Ruang Cuci (*Laundry*)
Air limbah dari ruang cuci (*laundry*) memiliki karakteristik pH > 9. Kisaran pH

optimum untuk proses pengolahan biologis adalah 6,5 – 8,5.

Jenis dan Kuantitas Air Limbah Rumah Sakit

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi jenis dan kuantitas limbah Rumah Sakit.

1. Tingkat Pelayanan Medis

Tingkat pelayanan medis sangat berpengaruh terhadap limbah yang dihasilkan oleh suatu Rumah Sakit.

Dengan semakin tingginya mutu atau tingkat pelayanan maka jumlah pasien yang terlayani akan semakin banyak, sehingga jumlah air limbah yang dihasilkan akan meningkat pula.

2. Jumlah Kunjungan

Meliputi kunjungan poliklinik dan kunjungan keluarga yang menjenguk pasien rawat inap. Terkadang mereka membawa makanan dan minuman dari luar serta menggunakan fasilitas kamar mandi.

3. Jenis Penyakit

Jenis Penyakit akan mempengaruhi jenis limbah yang dihasilkan oleh Rumah Sakit.

Kebutuhan Air Bersih Rumah Sakit

Dalam menentukan besarnya kebutuhan air bersih perlu diketahui jumlah tempat tidur (TT), jumlah pasien, dan jumlah karyawan Rumah Sakit tersebut. Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan mengenai jumlah air bersih yang dibutuhkan setiap orang dalam satu hari.

Debit Air Limbah Rumah Sakit

Dalam menentukan besarnya debit air limbah diperlukan data berupa jumlah kebutuhan air bersih seluruh kegiatan yang berada di rumah sakit. Pada umumnya 60-85% dari penggunaan air bersih tersebut merupakan air buangan atau air limbah

$$Q \text{ air limbah} = 80\% \times Q_{\text{air bersih}}$$

Hidrolika Tertutup

Air yang mengalir sepanjang pipa yang mempunyai luas permukaan A (m²) dan kecepatan v (m/det) selalu memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Hal tersebut dikenal sebagai hukum kontinuitas yang dituliskan:

$$Q_{\text{in}} = Q_{\text{out}} \quad (2-2)$$

$$Q = A \cdot v \quad (2-3)$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad (2-4)$$

Dengan :

$$Q = \text{debit} \quad (\text{m}^3/\text{det})$$

$$v = \text{kecepatan aliran} \quad (\text{m}/\text{det})$$

$$A = \text{luas penampang} \quad (\text{m}^2)$$

Apabila zat cair di dalam pipa tidak penuh maka, perhitungan kecepatan aliran menggunakan rumus Manning sebagai berikut :

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2-5)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (2-6)$$

Dengan :

v = kecepatan aliran air dalam pipa (m/det)

A = luas penampang basah (m²)

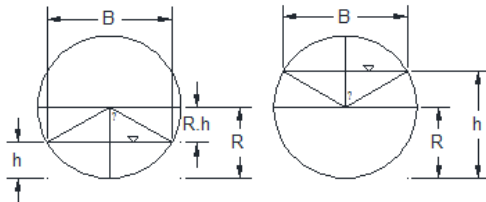
R = jari-jari hidrolis (m)

P = keliling basah (m)

n = koefisien kekasaran Manning

S = kemiringan dasar saluran saat aliran seragam

Untuk menentukan besarnya luas, keliling basah, dan lebar pada dimensi lingkaran dapat digunakan pendekatan seperti di bawah ini:



Gambar 2.5 Dua kondisi muka air pada penampang lingkaran

Kondisi air di bawah garis tengah lingkaran:

$$\theta = \arccos \frac{(R-h)}{R} \quad (2-7)$$

$$A = R^2 \left[\frac{\theta\pi}{180} - \sin \theta \cdot \cos \theta \right] \quad (2-8)$$

$$P = \frac{2\theta R}{180} \quad (2-9)$$

$$B = 2 R \sin \theta \quad (2-10)$$

Kondisi air di atas garis tengah lingkaran :

$$\theta = \arccos \frac{(h-R)}{R} \quad (2-11)$$

$$A = \pi R^2 - R^2 \left[\frac{\theta\pi}{180} - \sin \theta \cdot \cos \theta \right] \quad (2-12)$$

$$P = 2\pi R \left(1 - \frac{2\theta}{360} \right) \quad (2-13)$$

$$B = 2R \sin \theta \quad (2-14)$$

Dalam menghitung diameter pipa perlu diperhatikan control v. maka dapat dihitung kontrol nilai (v) sebagai berikut :

$$Q = v \cdot A \quad (2-15)$$

$$Q = v \cdot \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) \quad (2-16)$$

$$v = \left(\frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D_{rencana}^2} \right) \quad (2-17)$$

Pengolahan Air Limbah

Instalasi pengolahan air limbah terdiri dari inlet maupun outlet, dan dimaksudkan untuk mengelola seluruh buangan air limbah.

Pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun disebutkan pada pasal 29 ayat 2 huruf b

bahwa rancangan bangunan disesuaikan dengan jumlah, karakteristik limbah B3 dan upaya pengendalian pencemaran lingkungan. Karakteristik semua limbah cair yang ada di RSUD Dr Harjono Ponorogo dijadikan satu dan menggunakan bangunan pengolah limbah yang sama. Sehingga semua limbah cair menuju ke bak pengumpul yang sama.

Dasar Pengolahan Air Limbah

Metode pengolahan air limbah dibedakan atas dua hal yaitu :

1. Berdasarkan karakteristik pengolahan air limbah dapat diklasifikasikan menurut sifat cara pengolahannya, yaitu:
 - a. Pengolahan secara fisik
 - b. Pengolahan secara kimia
 - c. Pengolahan secara biologis

Yaitu metode pengolahan air limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikro-organisme.
2. Berdasarkan tingkat pengolahan air limbah diolah dalam tiga tingkat, yaitu:
 - a. Pengolahan Primer
 - b. Pengolahan Sekunder
 - c. Pengolahan Tersier

Sistem Pengolahan Air Limbah Secara Biologis Aerobic

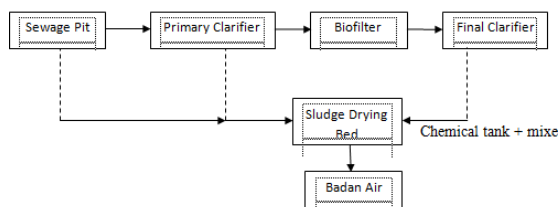
Sistem pengolahan air limbah rumah sakit dengan cara pengolahan biologis salah satunya yaitu dengan menggunakan metode Biofilter aerob anaerob. Biofilter ini merupakan sistem dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang diatas suatu media yang terbuat dari plastik kerikil, yang di dalam operasinya dapat tercelup sebagian atau seluruhnya, atau yang hanya dilewati air saja (tidak tercelup sama sekali), dengan membentuk lapisan lendir untuk melekat di atas permukaan media tersebut sehingga membentuk lapisan biofilm. Sistem biofilter yang mempunyai cara kerja penguraian antara lain:

- Biofilter I dan biofilter II terdiri dari beberapa stage/komponen untuk menyempurnakan proses dan menambah efisiensi penguraian polutan air.
- Di dalam biofilter I & biofilter II, air limbah mengalir dari bawah ke atas dan didistribusikan oleh pipa distributor yang terletak di dasar biofilter.
- Polutan akan diuraikan oleh bakteri yang melekat pada media dan bakteri yang membentuk flok di antara media.

- Di biofilter I akan terjadi proses reduksi BOD, COD, NH₃ dan polutan lain oleh bakteri dan selanjutnya akan disempurnakan di biofilter II.
- Kebutuhan oksigen bakteri disuplai oleh udara dari blower menggunakan sparger yang terletak pada dasar biofilter I dan biofilter II.
- Biofilter dilengkapi defoaming untuk mereduksi busa/foam yang timbul.
- Dari biofilter I dan biofilter II air limbah mengalir ke final clarifier.

Skema Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologis Aerobic

Diagram alir dari proses pengolahan air limbah secara biologis aerobic adalah sebagai berikut:



Gambar 2.6 Proses Pengolahan Air Limbah Menggunakan Sistem RBC

Fungsi dari masing-masing unit pengolahan air limbah yaitu sebagai berikut:

1. Sewage Pit : merupakan bak pengumpul air limbah dari seluruh kegiatan rumah sakit, yang dilengkapi pompa pengangkat untuk mengalirkan air limbah cair ke unit pengolahan selanjutnya.
2. Primary Clarifier : di dalam primary clarifier terjadi pemisahan padatan, pengendapan awal dan flotasi. Sebagian besar padatan akan mengendap ke dasar bak primary clarifier yang kemudian dengan sludge pump di bawa ke sludge drying bed dan ada juga sebagian yang mengapung berupa skim.
3. Biofilter merupakan sistem dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang diatas suatu media yang terbuat dari plastik kerikil, yang di dalam operasinya dapat tercelup sebagian atau seluruhnya, atau yang hanya dilewati air saja (tidak tercelup sama sekali), dengan membentuk lapisan lendir untuk melekat di atas permukaan media tersebut sehingga membentuk lapisan biofilm. Proses pengolahan biofilter secara garis besar dapat dilakukan dalam kondisi aerob, anaerob, atau kombinasi anaerob dan aerob.
4. Final Clarifier : merupakan bak tempat pengendapan terakhir untuk menurunkan partikel padatan yang masih terikat dalam

aliran dan juga sebagai bak penampungan hasil proses pengolahan air limbah di RBC sebelum dibuang ke sungai (badan air).

5. Chlorination system: Desinfektan dengan kaporit diperlukan sebelum air effluent dibuang ke sungai/drainase. Fungsi desinfeksi adalah membunuh mikroorganisme patogen yang berada dalam air effluent sehingga tidak mengganggu atau membahayakan pemakai air effluent selanjutnya.
6. Sludge Drying Bed: bak ini berfungsi untuk memisahkan air dari padatan yang berasal dari lumpur yang terbentuk dari proses pengendapan suspended solid pada primary clarifier dan final clarifier.

Waktu Tinggal

Untuk mengetahui seberapa efektif bangunan IPAL diperlukan waktu tinggal yang cukup sesuai dengan syarat yang ada.

$$t = \frac{V}{Q} \quad (2-23)$$

Dimana :

V = Volume saluran (m³)

t = waktu tinggal (detik)

Q = debit (m³/detik)

Berikut ini dapat dilihat kriteria waktu tinggal yang disyaratkan menurut HWWTPP (Hospital Waster Water Treatment Plan Project)

Tabel Kriteria Waktu Tinggal Menurut HWWTPP

No.	Nama Bangunan	Waktu Tinggal
1	Sewage Pit	½ jam
2	Primary Clarifier	2 – 4 jam
3	Biofilter	2 – 4 jam
4	Final Clarifier	2 – 4 jam

Sumber : HWWTPP, 2001

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Studi

Obyek studi yang dilakukan kali ini adalah RSUD Dr Harjono Ponorogo yang terletak pada Jl. Ponorogo Pacitan, Kelurahan/Desa Pakunden, Kabupaten Ponorogo Propinsi Jawa Timur.

Data yang Dibutuhkan

1. Data Administrasi
Yang termasuk dalam data administrasi RSUD Dr Harjono Ponorogo ialah sebagai berikut:
 - a. Jumlah tempat tidur rumah sakit
 - b. Jumlah pasien
 - c. Jumlah karyawan
2. Data Layout Rumah Sakit

3. Data Instalasi Pengolahan Air Limbah Eksisting

Langkah-Langkah Penyelesaian

Langkah-langkah pengerjaan yang dilakukan dalam menyelesaikan studi ini adalah sebagai berikut:

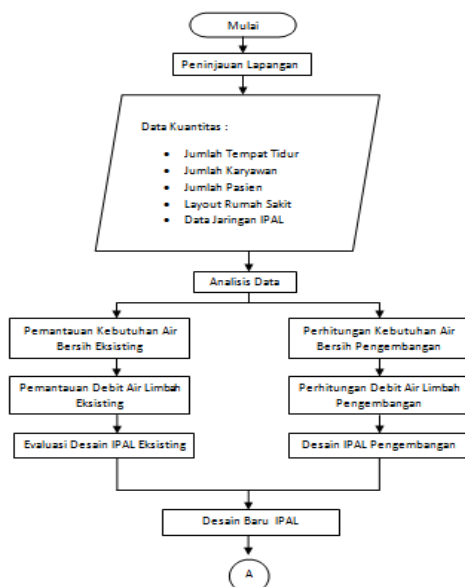
1. Pengumpulan Data

Data-Data yang dikumpulkan adalah:

1. Kuantitas atau debit air bersih didapat dari total kebutuhan air bersih tiap orang/hari.
2. Jumlah tempat tidur, jumlah pasien, dan jumlah karyawan didapat dari data administrasi rumah sakit.
3. Data topografi dan lay out rumah sakit.
4. Data kapasitas instalasi pengolahan air limbah eksisting dan masterplan.

2. Analisis Data

1. Menghitung debit air bersih RSUD Dr Harjono Ponorogo dengan kapasitas jumlah pasien, jumlah tempat tidur, dan jumlah karyawan rumah sakit maksimum terakhir.
2. Menghitung debit air limbah RSUD Dr Harjono Ponorogo dengan kapasitas jumlah pasien, jumlah tempat tidur, dan jumlah karyawan rumah sakit maksimum terakhir.
3. Melakukan perencanaan pipa air limbah masterplan yang menuju unit pengolahan.
4. Menghitung kapasitas IPAL, dengan debit air limbah yang dihasilkan IPAL tersebut masih memenuhi atau tidak.
5. Merencanakan ulang IPAL jika kapasitas tidak memenuhi.
6. Membuat kesimpulan dan saran.



Gambar 3.1 Skema Tahapan Pelaksanaan Studi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Pembangunan

Globalisasi telah menciptakan lingkungan dunia yang menuntut adanya peninjauan kembali terhadap sistem pembangunan suatu negara di segala bidang, tidak terkecuali di bidang kesehatan yang pada intinya adalah peningkatan sistem pelayanan kesehatan yang menyeluruh, terpadu dan mampu bersaing dalam memenuhi kebutuhan akan jasa layanan kesehatan yang memuaskan.

RSUD Dr Harjono Ponorogo yang terletak di Jl. Ponorogo Pacitan, Kelurahan/Desa Pakunden, Kabupaten Ponorogo Propinsi Jawa Timur merupakan rumah sakit milik pemerintah daerah Kabupaten Ponorogo dengan total luas lahan 63.142,88 m². Dalam pembangunannya RSUD Dr Harjono Ponorogo saat ini telah mencapai tahap akhir yang artinya telah rampung dalam pembangunannya.

Akan tetapi terjadi kesalahan perencanaan dan pembangunan instalasi pengolahan air limbah pada awal pembangunan. Pada saat itu debit air limbah hanya direncanakan untuk 100 TT (tempat tidur) pada jumlah pasien rawat inap. Sedangkan jumlah TT pada kondisi saat ini mencapai 380 TT. Dari data-data tersebut dapat dihitung berapa jumlah air bersih yang dibutuhkan setiap orang dalam satu hari.

Adapun kebutuhan air bersih yaitu meliputi kebutuhan pasien rawat inap, pasien rawat jalan, karyawan yang terdiri dari tenaga medis, tenaga paramedis perawatan, tenaga paramedis non perawatan, dan tenaga non medis, serta keluarga pasien. Dari data ini dapat diketahui besarnya debit air limbah rata-rata yang dihasilkan setiap harinya, yaitu 60%-85% dari penggunaan air bersih tersebut merupakan air buangan atau air limbah.

Tabel Jumlah Tempat Tidur Kondisi Eksisting
(belum diperhitungkan)

No.	NAMA RUANG	JUMLAH TEMPAT TIDUR
1	Eria	15
2	Peri	39
3	Melati	34
4	Dahlia	25
5	Flamboyan	44
6	Mawar	48
7	Aster	29
8	Tulip	26
9	ICCU	11
10	ICU	11
11	HCU Bedah	14
12	IMC	16
13	Delima	30
14	PICU	8
15	Asoka	30
Jumlah		380

Sumber : Laporan RSUD Dr Harjono, 2013

Dari data di atas pembangunan RSUD Dr Harjono Ponorogo telah mencapai tahap akhir. Akan tetapi data di atas belum digunakan dalam perhitungan jumlah debit air bersih yang dibutuhkan dan debit air limbah yang dihasilkan.

Kebutuhan Air Bersih

Dari data jumlah tempat tidur terakhir pada kondisi sekarang ini yang mencapai 380 TT, dapat dihitung jumlah besar kebutuhan air bersihnya. Sebelum menghitung jumlah debit air limbah yang dihasilkan, maka terlebih dahulu harus diketahui kebutuhan air bersih yang dibutuhkan setiap harinya.

Tabel Standar Kebutuhan Air Bersih

Jenis Kebutuhan	Jumlah kebutuhan air bersih (liter/org/hari)
Kebutuhan pasien rawat jalan	8
Kebutuhan pasien rawat inap dengan fasilitas laundry	220
kebutuhan pasien rawat inap untuk makan dan minum	30
kebutuhan pasien rawat inap untuk kamar mandi	8
kebutuhan pasien hemodialisa	8
kebutuhan keluarga pasien	160
kebutuhan kamar jenazah	20
kebutuhan mushola	3
kebutuhan tenaga medis	120
kebutuhan tenaga paramedis	120
kebutuhan tenaga non medis	120

Sumber: Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing 1993

Kebutuhan Air Bersih Kondisi Awal

Secara rinci kebutuhan air bersih pada kondisi awal ini meliputi kebutuhan pasien rawat jalan, pasien rawat inap, keluarga pasien, serta para karyawan rumah sakit (medis, paramedis, dan non medis).

Tabel Jumlah Pengguna Air Bersih Kondisi Awal

PENGGUNA AIR BERSIH	JUMLAH (ORANG)
Pasien Rawat Jalan	286
Pasien Rawat Inap	100
pasien hemodialisa	15
keluarga pasien	200
kamar jenazah	3
mushola	175
karyawan medis	27
karyawan paramedis	220
karyawannon medis	72
Jumlah	1098

Sumber : Ketenagaan RSUD Dr Harjono, 2008

Contoh perhitungan

Diketahui :

- Kebutuhan air bersih pasien rawat jalan 8 ltr/org/hari
 - Jumlah pasien rawat jalan 286 orang
- Maka total kebutuhan air bersih untuk pasien rawat inap = 8 ltr/org/hr x 286 orang = 2288 ltr/hari

Tabel Kebutuhan Air Bersih Kondisi Awal

Jenis Kebutuhan	Jumlah	Jumlah	Total
	Orang	Kebutuhan Air bersih (ltr/org/hr)	kebutuhan air bersih (ltr/hr)
Kebutuhan pasien rawat jalan	286	8	2288
Kebutuhan pasien rawat inap dengan fasilitas laundry	100	220	22000
kebutuhan pasien rawat inap untuk makan dan minum	100	30	3000
kebutuhan pasien rawat inap untuk kamar mandi	100	8	800
kebutuhan pasien hemo dialisa	15	8	120
kebutuhan keluarga pasien	200	160	32000
kebutuhan kamar jenazah	3	20	60
kebutuhan mushola	175	3	525
kebutuhan tenaga medis	27	120	3240
kebutuhan tenaga paramedis	220	120	26400
kebutuhan tenaga non medis	72	120	8640
Kebutuhan air total			99073

Sumber : Hasil perhitungan, 2014

Kebutuhan Air Bersih Pengembangan

Secara rinci kebutuhan air bersih pada pengembangan atau kondisi yang telah mencapai tahap akhir ini meliputi kebutuhan pasien rawat jalan, pasien rawat inap, keluarga pasien, serta para karyawan rumah sakit (medis, paramedis, dan non medis).

Tabel Jumlah Pengguna Air Bersih Pengembangan

PENGGUNA AIR BERSIH	JUMLAH (ORANG)
Pasien Rawat Jalan	64
Pasien Rawat Inap	280
pasien hemodialisa	5
keluarga pasien	500
kamar jenazah	2
mushola	125
karyawan medis	13
karyawan paramedis	162
karyawannon medis	75
Jumlah	1226

Sumber : Ketenagaan RSUD Dr Harjono. 2013

Contoh perhitungan

Diketahui :

- Kebutuhan air bersih pasien rawat jalan 8 ltr/org/hari
 - Jumlah pasien rawat jalan 286 orang
- Maka total kebutuhan air bersih untuk pasien rawat inap = 8 ltr/org/hr x 64 orang = 512 ltr/hari

Tabel Kebutuhan Air Bersih Pengembangan

Jenis Kebutuhan	Jumlah Orang	Jumlah Kebutuhan Air bersih (ltr/org/hr)	Total kebutuhan air bersih (ltr/hr)
Kebutuhan pasien rawat jalan	64	8	512
Kebutuhan pasien rawat inap dengan fasilitas laundry	280	220	61600
kebutuhan pasien rawat inap untuk makan dan minum	280	30	8400
kebutuhan pasien rawat inap untuk kamar mandi	280	8	2240
kebutuhan pasien hemodialisa	5	8	40
kebutuhan keluarga pasien	500	160	80000
kebutuhan kamar jenazah	2	20	40
kebutuhan mushola	125	3	375
kebutuhan tenaga medis	13	120	1560
kebutuhan tenaga paramedis	162	120	19440
kebutuhan tenaga non medis	75	120	9000
Kebutuhan air total			183207

Sumber : Hasil perhitungan, 2014

Kebutuhan Air Bersih Total

Kebutuhan air bersih dihitung untuk masing-masing kondisi agar dapat mengetahui secara rinci. Setelah menghitung berapa besarnya kebutuhan air bersih pada kondisi awal dan kebutuhan air bersih pada kondisi pengembangan, maka kita dapat mengetahui berapa total besar debit kebutuhan air bersih.

Tabel Total Kebutuhan Air Bersih

Kondisi	Total kebutuhan air bersih (ltr/hr)	Total kebutuhan air bersih (m3/dtk)	Debit Air Limbah 80 % (m3/dtk)
Qawal	99033	0,001146215	0,000916972
Qpengembangan	183207	0,002120451	0,001696361
Qtotal	282240	0,003266667	0,002613333

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Debit Air Limbah Pengembangan

Dalam menghitung besarnya debit air limbah pengembangan akan dibagi menjadi beberapa bagian yang berasal dari masing-masing unit yang berbeda. Air limbah hasil dari setiap unit ruangan dialirkan menggunakan pipa air limbah menuju ke instalasi pengolahan air limbah yang sebelumnya ditampung sementara di bak kontrol.

Tabel Jumlah Penggunaan Air Bersih dan Debit Air Limbah

Sumber	Jumlah Orang			Kebutuhan air bersih (org/hari)	Debit Air Limbah (m ³ /dtk)	Debit Air Limbah Puncak (m ³ /dtk)
	Pasien	Karyawan	keluarga pasien			
Q(E-1)a	200	125	-	16600	0,00015370	0,00018444
Q(R-9)a	-	7	-	840	0,00000778	0,00000933
Q(R-9)b	-	6	-	720	0,00000667	0,00000800
Q(E-5)	-	6	-	720	0,00000667	0,00000800
Q(R-1)	10	12	20	7220	0,00006685	0,00008022
Q(R-2)	5	7	18	5010	0,00004639	0,00005567
Q(E-7)	-	9	-	1080	0,00001000	0,00001200
Q(E-6)	-	8	-	960	0,00000889	0,00001067
Q(E-8)	-	4	-	480	0,00000444	0,00000533
Q(R-10)	-	-	300	900	0,00000833	0,00001000
Q(E-9)	-	5	-	100	0,00000093	0,00000111
Q(R-7)	-	14	-	1680	0,00001556	0,00001867
Q(E-11)	-	5	-	600	0,00000556	0,00000667
Q(E-1)b	150	75	-	14700	0,00013611	0,00016333
Q(E-3)	-	50	-	6000	0,00005556	0,00006667
Q(R-8)	20	7	43	7880	0,00007296	0,00008756
Q1=Q(R-8)+Q(E-3)	-	-	-	13880	0,00012852	0,00015422
Q(R-2)	-	34	-	4080	0,00003778	0,00004533
Q2=Q(E-2)+Q1	-	-	-	17960	0,00016630	0,00019956
Q(E-4)a	38	25	35	10044	0,00008900	0,00011160
Q(E-4)b	38	25	35	10044	0,00008900	0,00011160
Q3=Q(E-4)a+Q(E-4)b+Q2	-	-	-	38048	0,00035230	0,00042276
Q(3)a	-	-	-	38048	0,00035230	0,00042276
Q(3)b	-	-	-	38048	0,00035230	0,00042276
Q(R-3)	135	51	259	52690	0,00048787	0,00058544
Q(R-4)	124	79	234	51632	0,00047807	0,00057369
Q4=Q(R-3)+Q(R-4)	-	-	-	104322	0,00096594	0,00115913
Q(R-6)	20	9	22	5360	0,00004963	0,00005956
Q(R-5)	30	11	34	7900	0,00007315	0,00008778
Q5=Q(R-6)+Q(R-5)+Q4	-	-	-	117582	0,00108872	0,00130647
Q6=Q(E-1)a+Q(R-9)a+Q(R-9)b+Q(E-5)+Q(R-1)+Q(R-2)+Q(3)a+Q(E-7)+Q(E-6)+Q(E-8)+Q(R-10)+Q(E-9)+Q(R-7)+Q(E-11)+Q5	-	-	-	192540	0,00178278	0,00213933

Perencanaan Jaringan Pipa Air Limbah

Pada perencanaan pemasangan saluran air limbah direncanakan menggunakan pipa. Bak kontrol akan menampung sementara air limbah dari tiap unit sumber air limbah yang kemudian air limbah tersebut akan masuk pada pipa yang akan menuju ke IPAL.

Tabel Data Perencanaan Pipa Air Limbah Pengembangan

Sumber	No Pipa	Debit Air Limbah Puncak (m ³ /dtk)	Jarak (L) (m)	Δh (m)	Kemiringan Sal (Δh/L)
Q(E-1)a	1	0,00018444	35	0,50	0,014
Q(R-9)a	2	0,00000933	2	0,20	0,100
Q(R-9)b	3	0,00000800	6	0,60	0,100
Q(E-5)	4	0,00000800	15	0,60	0,040
Q(R-1)	5	0,00008022	8	0,39	0,049
Q(R-2)	6	0,00005567	8	0,53	0,066
Q(E-7)	7	0,00001200	5	0,50	0,100
Q(E-6)	8	0,00001067	32	0,82	0,050
Q(E-8)	9	0,00000533	7,5	0,68	0,090
Q(R-10)	10	0,00001000	71	0,64	0,030
Q(E-9)	11	0,00000111	7,6	0,61	0,080
Q(R-7)	12	0,00001867	13,5	0,68	0,050
Q(E-11)	13	0,00000667	8,5	0,59	0,070
Q(E-1)b	14	0,00016333	43	0,65	0,015
Q(E-3)	16	0,00006667	10	0,30	0,030
Q(R-8)	17	0,00008756	2,6	0,48	0,183
Q1=Q(R-8)+Q(E-3)	18	0,00015422	28,4	0,50	0,018
Q(E-2)	15	0,00004533	4,2	0,39	0,092
Q2=Q(E-2)+Q1	15a	0,00019956	60,8	0,61	0,010
Q(E-4)a	19	0,00011160	10,4	0,52	0,050
Q(E-4)b	20	0,00011160	10,4	0,52	0,050
Q3=Q(E-4)a+Q(E-4)b+Q2	21	0,00042276	115	0,69	0,006
Q(3)a	22	0,00042276	35,4	0,35	0,010
Q(3)b	23	0,00042276	45	0,45	0,010
Q(R-3)	24	0,00058544	37,4	0,37	0,010
Q(R-4)	25	0,00057369	5,2	0,36	0,070
Q4=Q(R-3)+Q(R-4)	26	0,00115913	65,6	0,66	0,010
Q(R-6)	27	0,00005956	4,2	0,56	0,133
Q(R-5)	28	0,00008778	8	0,56	0,070
Q5=Q(R-6)+Q(R-5)+Q4	29	0,00130647	152,4	0,61	0,004
Q6=Q(E-1)a+Q(R-9)a+Q(R-9)b+Q(E-5)+Q(R-1)+Q(R-2)+Q(3)a+Q(E-7)+Q(E-6)+Q(E-8)+Q(R-10)+Q(E-9)+Q(R-7)+Q(E-11)+Q5	30	0,00213933	261	2,07	0,008

Contoh perhitungan:

Diketahui:

- Q puncak = 0,00213933 m³/detik
- Kemiringan saluran = 0,008
- A = 2,527 r²
- R = 0,603 r

Maka,

$$Q = A \cdot v$$
$$Q_6 = \left(A \cdot \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \right)$$
$$0,00213933 = (2,527 r^2) \times (1/0,013) \times (0,603 r)^{2/3} \times (0,008)^{1/2}$$
$$0,00213933 = (2,527 r^2) \times (76,923) \times (0,603 r)^{2/3} \times (0,008)^{1/2}$$
$$0,00213933 = 13,162 r^{8/3}$$
$$r = 0,038 \text{ m}$$
$$D = 0,076 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka didapat hasil besarnya diameter untuk Q₆ adalah 0,076 m. Sementara diameter dengan ukuran 0,076 m (D_{rencana}) tidak ada di pasaran, maka digunakan diameter berukuran 0,1 m.

Maka kontrol nilai kecepatan dapat dihitung sebagai berikut :

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = v \cdot \left[\frac{1}{4} \pi D^2 \right]$$

$$v = \left[\frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D_{rencana}^2} \right]$$

$$v = \left[\frac{0,00213933}{\frac{1}{4} \pi 0,1^2} \right]$$

$$v = 0,471 \text{ m/detik}$$

Untuk Q₆ didapat kecepatan 0,471 m/dtk. Nilai ini sudah termasuk memenuhi dari standar kecepatan yang diijinkan yakni 0,3 – 3 m/detik.

Evaluasi Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Pada instalasi pengolahan air limbah masterplan akan dilakukan evaluasi pada setiap unit-unit pengolahan yang ada. Dan direncanakan akan ditambahkan beberapa unit untuk lebih memaksimalkan pengolahan limbah dimana unit tersebut adalah sewage pit dan sludge drying bed.

Sewage Pit

Sewage pit sendiri berfungsi sebagai penampung air limbah sementara dari seluruh

bangunan atau kegiatan rumah sakit sebelum dilakukan pengolahan yang lebih lanjut lagi.

Kondisi Eksisting

Dalam sistem pengolahan air limbah eksisting dari RSUD Dr Harjono Ponorogo tidak memiliki *sewage pit*, akan tetapi hanya sebatas menggunakan bak kontrol untuk tiap sumber air limbahnya.

Kondisi Masterplan

Dalam kondisi masterplan akan direncanakan penambahan unit baru yakni *sewage pit*. Pada *sewage pit* harus diketahui besarnya waktu tinggal pada bak. Hal ini sangat diperlukan karena dapat menentukan kapasitas *sewage pit* dalam menampung air limbah.

Data kondisi masterplan:

$$\checkmark Q_{\text{total air limbah masterplan}} = Q_{\text{air limbah puncak harian eksisting}} + Q_{\text{air limbah puncak harian masterplan}}$$
$$= (0,000916972 \times 1,2) + (0,001696361 \times 1,2)$$
$$= (0,00110028) + (0,00203568)$$
$$= 0,00313596 \text{ m}^3/\text{detik}$$

✓ Kriteria waktu tinggal (t) dari HWWTPP (*Hospital Waste Water Treatment Plant Project*) untuk sewage pit adalah ≥ 30 menit. Oleh karena itu direncanakan waktu tinggal *sewage pit* selama 40 menit agar lebih optimal dan tidak terlalu boros.

Sehingga volume rencana dari *sewage pit* adalah:

$$40 \text{ menit} = 2400 \text{ detik}$$

$$T_{\text{rencana}} = V / Q_{\text{masterplan}}$$

$$2400 = V / 0,00313596 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$V = 2400 \times 0,00313596 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$V = 7,526 \text{ m}^3 \approx 7,5 \text{ m}^3$$

Kemudian direncanakan besar B x L x H.

Karena besaran B dan H dari *primary clarifier* kondisi eksisting sudah diketahui maka pada bangunan *sewage pit* harus mengikuti besaran B dan H *primary clarifier* agar dapat mempermudah pekerjaan sewage pit tersebut. Besaran B *primary clarifier* kondisi eksisting sebesar 3 m dan H sebesar 2,1 m.

$$7,5 = B \times L \times H$$

$$7,5 = 3 \times L \times 2,1$$

$$7,5 = 6,3 L$$

$$L = 1,1904 \text{ m} \approx 1,2 \text{ m}$$

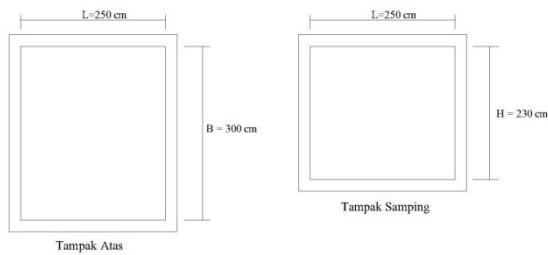
Karena waktu tinggal masterplan dari *sewage pit* ≥ 30 menit yakni 40 menit, maka volume dari *sewage pit* tersebut adalah 7,5 m³ dengan B = 3 m; L = 1,2 m; dan H = 2,3 m karena digunakan tinggi jagaan = 0,2 m.

Primary Clarifier

Pada unit ini seluruh buangan air limbah diolah dengan cara dilakukannya pemisahan padatan dan pengendapan tahap awal. Hal ini dilakukan untuk melakukan pengendapan partikel yang berat jenisnya sedikit lebih besar dari pada lumpur.

Evaluasi Primary Clarifier Kondisi Eksisting

Bentuk dari *primary clarifier* ini sendiri adalah berbentuk persegi dengan ukuran sebagai berikut :



Gambar 4.2. Primary Clarifier Kondisi Eksisting

- B = 3 m
- H = 2,1 m
- L = 2,5 m

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } V &= B \times L \times H \\ &= 3 \times 2,5 \times 2,1 \\ &= 15,75 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Data-data penunjang untuk menghitung efisiensi dari *primary clarifier* adalah sebagai berikut:

- $Q_{\text{puncak harian eksisting}}$
 $= Q_{\text{air limbah rata-rata}} \times 1,2$ (faktor puncak)
 $= 0,000916972 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2$
 $= 0,001100366 \text{ m}^3/\text{dtk}$

$$\begin{aligned} T_{\text{eksisting}} &= \frac{V}{Q_{\text{eksisting}}} \\ &= \frac{15,75}{0,001100366} \\ &= 14313,4194 \text{ detik} \\ &= 3,976 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan waktu tinggal *primary clarifier* kondisi eksisting di atas dapat dilihat bahwa waktu tinggal tersebut masih memenuhi syarat yang telah ditetapkan sebelumnya, akan tetapi masih menggunakan debit eksisting dan belum menggunakan debit masterplan.

Evaluasi Primary Clarifier Kondisi Masterplan

- ✓ $Q_{\text{total air limbah masterplan}} = 0,00313596 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Waktu tinggal (t) dari masterplan direncanakan adalah 3 jam atau 10800 detik, karena diambil dari waktu tinggal yang diijinkan yakni 2 – 4 jam dan agar waktu pengendapan lebih optimal lagi, serta agar tidak mengalami keborosan dalam penentuan dimensi sehingga dari waktu

tinggal rencana tersebut dapat ditentukan besaran dimensi volume masterplan:

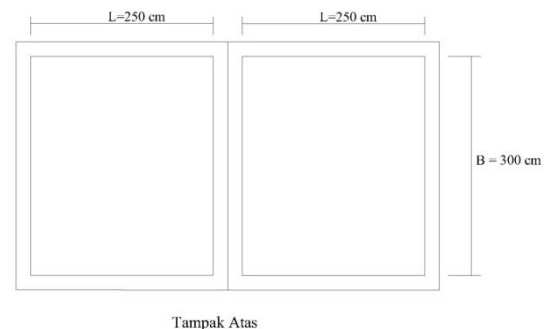
$$\begin{aligned} T_{\text{masterplan}} &= \frac{V}{Q_{\text{masterplan}}} \\ 3 \text{ jam} &= \frac{V}{0,00313596} \\ V &= 3 \times 0,00313596 \\ V &= 10800 \times 0,00313596 \\ V &= 33,868 \text{ m}^3 \approx 34 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pada kondisi eksisting, dimensi dari *primary clarifier* adalah B=3 m, L=2,5m, H=2,3m. Dari dimensi eksisting ini, besaran dari B dan H tetap digunakan agar tidak mengubah bentuk bak lama dan direncanakan bak baru menggunakan B dan H yang sama.

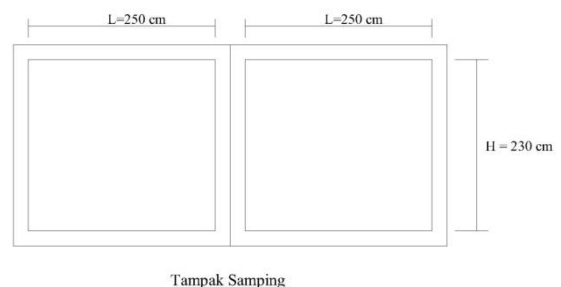
Sehingga :

$$\begin{aligned} V &= B \times L \times h \\ 34 &= 3 \times L \times 2,1 \\ 34 &= 6,3 L \\ L &= 34/6,3 \\ L &= 5,397 \text{ m} \approx 5,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada kondisi eksisting, L memiliki panjang 2,5 m, dan kondisi masterplan yang telah dihitung didapat L sebesar 5,5 m. Sehingga, 5,5 m (L masterplan) – 2,5 m (L eksisting) = 3 m. Oleh karena itu tidak perlu dilakukan pembongkaran atau pembuatan ulang *primary clarifier*, cukup dengan penambahan bak dengan B=3 m, L=5 m, dan h=2,1 m sehingga H=2,3 m.



Gambar Primary Clarifier Masterplan Tampak Atas



Gambar Primary Clarifier Masterplan Tampak Samping

Biofilter

Pada unit ini dilakukan penguraian polutan dan aerasi di biofilter I & biofilter II. Biofilter I & biofilter II terdiri dari beberapa stage/kompertamen untuk menyempurnakan proses dan menambah efisiensi penguraian polutan air limbah. Di dalam biofilter I & biofilter II air limbah mengalir dari bawah ke atas dan didistribusikan oleh pipa distributor yang terletak di dasar biofilter. Di biofilter I akan terjadi proses reduksi BOD, COD, NH₃ dan polutan lain oleh bakteri & selanjutnya akan disempurnakan di biofilter II.

Evaluasi Biofilter Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting terdapat dua biofilter yang berbentuk tabung tanki yang dipasangkan secara seri agar mendapatkan pengolahan air limbah yang sempurna. Waktu tinggal yang direncanakan (2 – 4 jam)

- Dimensi tabung biofilter dihitung untuk masing-masing tabung:

$$D = 1,8 \text{ m}$$

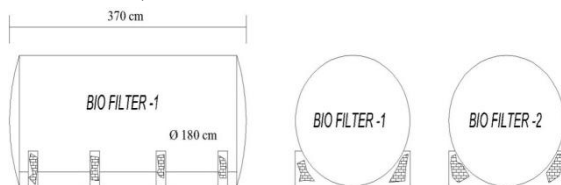
$$r = 0,9 \text{ m}$$

$$\text{tinggi} = 3,7 \text{ m}$$

$$V = \pi \times r^2 \times \text{tinggi}$$

$$= \pi \times 0,9^2 \times 3,7$$

$$= 9,4154 \text{ m}^3$$



Gambar 4.5 Biofilter Kondisi Eksisting

- $Q_{\text{puncak harian eksisting}} = 0,001100366 \text{ m}^3/\text{detik}$
Sehingga waktu tinggal dari tanki biofilter adalah:

$$T_{\text{eksisting}} = \frac{V}{Q_{\text{eksisting}}}$$

$$= \frac{9,4154}{0,001100366}$$

$$= 8556,562 \text{ detik}$$

$$= 2,3768 \text{ jam}$$

Pada kondisi eksisting terdapat dua buah tanki biofilter sehingga waktu tinggalnya adalah:

$$T = 2,3768 \times 2$$

$$= 4,7536 \text{ jam}$$

Pada kondisi eksisting ini waktu tinggal masih memenuhi karena belum menggunakan debit air limbah masterplan.

Evaluasi Biofilter Masterplan

- $Q_{\text{total air limbah masterplan}} = 0,00313596 \text{ m}^3/\text{detik}$

- Dimensi tabung biofilter dihitung untuk masing-masing tabung:

$$D = 1,8 \text{ m}$$

$$r = 0,9 \text{ m}$$

$$\text{tinggi} = 3,7 \text{ m}$$

$$V = \pi \times r^2 \times \text{tinggi}$$

$$= \pi \times 0,9^2 \times 3,7$$

$$= 9,4154 \text{ m}^3$$

Sehingga waktu tinggal dari tanki biofilter adalah:

$$T_{\text{masterplan}} = \frac{V}{Q_{\text{masterplan}}}$$

$$= \frac{9,4154}{0,00313596}$$

$$= 3002,383 \text{ detik}$$

$$= 0,8339 \text{ jam}$$

Pada kondisi eksisting terdapat dua buah tanki biofilter sehingga waktu tinggalnya adalah:

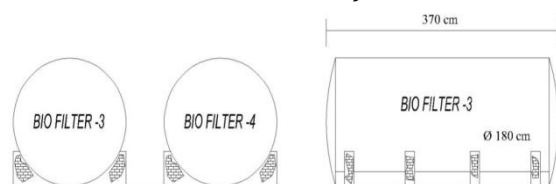
$$T = 0,8339 \times 2$$

$$= 1,6679 \text{ jam}$$

Pada kondisi masterplan kali ini waktu tinggal dari tanki biofilter masih belum memenuhi syarat. Oleh karena itu direncanakan akan dilakukan penambahan tanki biofilter sebanyak 2 tanki. Sehingga keseluruhan menjadi 4 tanki.

$$T = 0,8339 \times 4$$

$$= 3,3359 \text{ jam}$$



Gambar 4.6 Biofilter Kondisi Masterplan

Setelah dilakukan penambahan 2 unit tanki biofilter, maka waktu tinggal yang direncanakan sudah memenuhi syarat. Sehingga total jumlah unit tanki biofilter untuk kondisi masterplan adalah 4 unit dan waktu tinggalnya adalah 3,3359 jam.

Final Clarifier

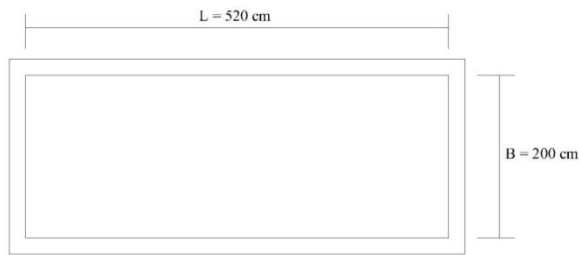
Final clarifier merupakan unit atau bak penampungan yang difungsikan untuk mengendapkan partikel-partikel padatan yang masih tercampur pada air limbah yang sebelumnya telah diolah oleh biofilter.

Evaluasi Final Clarifier Eksisting

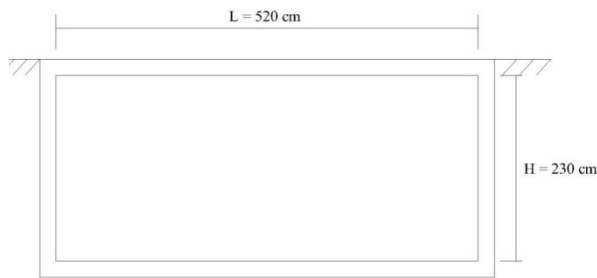
Pada kondisi eksisting, final clarifier ini berbentuk persegi panjang dengan ukuran/dimensi penampang sebagai berikut:

- B = 2 m
- H = 2,3 m
- L = 5,2 m

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } V &= B \times L \times H \\ &= 2 \times 5,2 \times 2,1 \\ &= 21,84 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Gambar Final Clarifier Kondisi Eksisting Tampak Atas



Gambar Final Clarifier Kondisi Eksisting Tampak Samping

- $Q_{\text{puncak harian eksisting}} = 0,001100366 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Berdasarkan HWWTP (Hospital Waste Water Treatment Plant Project) waktu tinggal (t) yang ideal untuk final clarifier adalah 2-4 jam.

Sehingga waktu tinggal pada final clarifier untuk kondisi eksisting adalah :

$$\begin{aligned} T_{\text{eksisting}} &= \frac{V}{Q_{\text{eksisting}}} \\ &= \frac{21,84}{0,001100366} \\ &= 19847,9415 \text{ detik} \\ &= 5,5133 \text{ jam} \\ T_{\text{eksisting}} &\geq t_{\text{kriteria desain}} \\ 5,5133 \text{ jam} &\geq 2 - 4 \text{ jam (tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan waktu tinggal final clarifier kondisi eksisting di atas dapat dilihat bahwa waktu tinggal tersebut belum memenuhi syarat karena melebihi waktu tinggal yang telah disyaratkan sebelumnya.

Evaluasi Final Clarifier Masterplan

- ✓ $Q_{\text{total air limbah masterplan}} = 0,00313596 \text{ m}^3/\text{detik}$
- ✓ Volume bak eksisting = $2 \times 5,2 \times 2,1 = 21,84 \text{ m}^3$
- Jadi waktu tinggal (t) dari masterplan adalah:

$$\begin{aligned} T_{\text{masterplan}} &= \frac{V}{Q_{\text{masterplan}}} \\ &= \frac{21,84}{0,00313596} \\ &= 6964,375 \text{ detik} \\ &= 1,935 \text{ jam} \approx 2 \text{ jam} \end{aligned}$$

Waktu tinggal final clarifer pada kondisi masterplan ini sudah dianggap ideal karena telah memenuhi waktu tinggal yang diijinkan yakni 2 – 4 jam dan tidak perlu dilakukan perubahan atau penambahan final clarifier.

$$\begin{aligned} T_{\text{masterplan}} &> t_{\text{kriteria desain}} \\ 2 \text{ jam} &> 2 - 4 \text{ jam (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

Sludge Drying Bed

Sludge drying bed ini berfungsi sebagai bak yang memisahkan padatan dari air limbah yang berasal dari lumpur yang terbentuk dari proses pengendapan. Pada kondisi eksisting tidak terdapat *sludge drying bed*. *Sludge drying bed* hanya digunakan untuk mengeringkan atau mengurangi kadar air dari lumpur/padatan yang mengendap. Hal ini dilakukan dengan cara pemanasan oleh sinar matahari.

Dimensi pada *sludge drying bed* mengacu pada dimensi dari unit IPAL yang terbesar. Hal ini dikarenakan agar *sludge drying bed* dapat menampung lumpur dari unit yang terbesar. Pada unit ini, dimensi dari *final clarifier* adalah dimensi yang terbesar.

Volume dari *final clarifier* = $21,84 \text{ m}^3$, digunakan B = 2m dan H = 1,5 m agar tidak terlalu dalam serta mempermudah proses pengeringan, sehingga:

$$\begin{aligned} L &= \frac{21,84}{2 \times 1,5} \\ L &= 7,28 \text{ m} \approx 7 \text{ m} \end{aligned}$$

KESIMPULAN

- Penambahan jumlah tempat tidur mempengaruhi jumlah air bersih yang dihasilkan yakni dari 100 TT menjadi 380 TT. Debit air bersih kondisi eksisting adalah $0,000916972 \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan untuk kondisi masterplan kebutuhan air bersihnya adalah $0,003266667 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pada kondisi eksisting dengan jumlah tempat tidur 100 TT debit air limbah puncak yang dihasilkan sebesar $0,00110028 \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan pada kondisi masterplan dengan jumlah tempat tidur 380 TT debit air limbah puncak yang dihasilkan adalah sebesar $0,00313596 \text{ m}^3/\text{detik}$.
- Setelah diketahui jumlah debit air limbah puncaknya, maka dapat diketahui dimensi pipa air limbah. D_{real} merupakan dimensi pipa berdasarkan hasil perhitungan. Karena D_{real} tidak ada di pasaran, maka digunakan D_{rencana} yang ada di pasaran sebesar 0,1 m dan 0,15 m.

c. Dari hasil perhitungan debit air limbah, dapat dilakukan evaluasi unit-unit pengolahan air limbah RSUD Dr Harjono Ponorogo. Hampir semua unit pengolahan limbah harus dilakukan desain ulang karena tidak memenuhi kapasitas dan waktu tinggal yang telah ditentukan. Adapun hasil perhitungan unit-unit pengolahan limbah adalah sebagai berikut:

- Sewage Pit : Pada kondisi eksisting tidak terdapat sewage pit dan hanya menggunakan bak pengumpul sebelum air limbah dialirkan ke primary clarifier. Kemudian direncanakan sewage pit dengan dimensi 3m x 1,1m x 2,3m dan waktu tinggal 40 menit yang artinya telah memenuhi syarat yang diijinkan.
- Primary Clarifier : Pada kondisi eksisting primary clarifier memiliki dimensi sebesar 3m x 2,3m x 2,5m dan waktu tinggal 4,355 jam. Ini masih kurang memenuhi waktu tinggal. Kemudian dicoba menggunakan dimensi yang sama dengan debit yang berbeda, namun juga masih belum memenuhi syarat. Maka dari itu waktu tinggal direncanakan selama 3 jam. Sehingga dihasilkan dimensi sebesar 3m x 5m x 2,3m. Dari dimensi yang didapat, bak tidak perlu dibongkar. Oleh karena itu dilakukan penambahan dengan dimensi 3m x 2,5m x 2,3m.
- Biofilter : biofilter yang digunakan berbentuk tanki. Pada kondisi eksisting hanya digunakan 2 buah tanki biofilter dan belum memenuhi syarat waktu tinggal yakni sebesar 4,7536 jam yang dimana waktu tinggal yang disyaratkan adalah 2 – 4 jam. Oleh karena itu dilakukan penambahan unit sebanyak 2 unit sehingga menjadi 4 unit tanki biofilter. Pada kondisi masterplan dilakukan perhitungan kapasitas dan waktu tinggal tanki biofilter menggunakan debit air limbah masterplan. Pada kondisi ini, waktu tinggalnya telah memenuhi syarat yang telah diijinkan yakni sebesar 3,3359 jam.
- Final Clarifier: Pada kondisi eksisting dimensi clarifier adalah 5,2m x 2m x 2,3m dengan waktu tinggal 6,038 jam. Kemudian pada kondisi masterplan dicoba menggunakan dimensi yang sama namun dengan debit air limbah masterplan.

Dimensi yang sama menghasilkan waktu tinggal 2,1188 jam. Waktu tinggal ini sudah memenuhi syarat waktu tinggal yakni 2 – 4 jam. Dengan demikian tidak perlu dilakukan desain dan perencanaan ulang untuk unit ini.

- Sludge Drying Bed: Pada kondisi eksisting tidak terdapat sludge drying bed. Oleh karena itu direncanakan pembuatan sludge drying bed dengan dimensi 2mx7mx1,5m. Pada unit ini waktu tinggal tidak diperlukan karena unit ini hanya melakukan pengeringan dengan media pemanasan sinar matahari.

SARAN

- a. Pada kondisi eksisting kurang dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan air bersih dan air limbah yang dihasilkan untuk kebutuhan kedepannya. Oleh karena itu diharapkan dilakukan perhitungan yang pasti dan akurat agar didapatkan hasil yang akurat pula untuk hasil di lapangan.
- b. Pengoptimalan dalam pengoperasian unit pengolahan air limbah dengan melihat standar waktu tinggal untuk pengolahan outlet yang sudah memenuhi standar.
- c. Semua alat pengukur, peralatan operasi pengolahan dan perlengkapan pendukung operasi harus diuji minimum sekali dalam setahun
- d. Bagi rekan-rekan mahasiswa yang ingin melakukan penelitian atau mengambil tugas akhir dengan tema yang serupa, diharapkan untuk memperbanyak pengambilan data agar dapat menunjang pengolahan data yang lebih sempurna lagi.
- e. Pelaksanaan evaluasi kinerja IPAL sistem anaerobik aerobik biofilter dapat dilakukan terhadap sistem, kondisi dan fungsi peralatan. Beberapa pendekatan evaluasi dimaksud meliputi :
 - Membandingkan kondisi sistem IPAL dengan standar teknis/kriteria desain IPAL
 - Membandingkan kondisi dan fungsi peralatan IPAL dengan data teknis yang tercantum dalam manual alat
 - Analisis kecenderungan atas fluktuasi debit, efisiensi, beban cemaran dan satuan produksi air limbah

Hasil monitoring dan evaluasi di atas sebaiknya disusun dalam laporan tertulis sebagai bentuk dokumentasi untuk keperluan pemenuhan sistem

manajemen air limbah pada fasilitas pelayanan kesehatan.

Dengan penelitian ini diharapkan adanya peningkatan kemampuan proses pengolahan air limbah/limbah cair yang menggunakan biofilter serta peningkatan manajemen pengelolaan air limbah/limbah cair di fasilitas kesehatan. Dengan demikian fasilitas pengolahan yang ada dapat dioperasikan lebih optimal dan efisien serta mendapatkan efluen yang memenuhi syarat baku mutu yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Air Limbah*. www.google.com. 13 Januari 2014.
- Anonim. 1995. *Kepmen LH no 58/MENLH/12/1995*. www.google.com. 13 Januari 2014.
- Anonim. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi. KP. 03 Kriteria Perencanaan Bagian Saluran*. Ditjen Sumber Daya Air. Departemen Pekerjaan Umum.
- Linsley, R.K. And Franzini, J.B. 1991. *Teknik Sumber Daya Air. Jilid 1 dan 2*. Jakarta : Erlangga.
- Metcalf dan Eddy. 2003. *Waste Water Engineering Second edition*. Megraw-Hill Company.
- Noerlambang, S.h, Morimuka, Tacko. 1993. *Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Raswari. 2010. *Teknologi Dan Perencanaan Sistem Perpipa*. Jakarta : UI-Press
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Suparmin, Suparman. 2002. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Suroso. (2008). *Hidrolika Dasar Jilid 1*. Malang : Penerbit Bargie Media.