

TUGAS AKHIR

“SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RSUD SAYANG RAKYAT”

*Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Mencapai Gelar S-1*



Disusun Oleh :

DARA WULANDARI

45 16 041 171

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

2022



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. A.183/FT/UNIBOS/II/2022 Tanggal 11 Februari 2022, perihal Pengangkatan Panitia dan tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Rabu / 16 Februari 2022
Nama : **Dara Wulandari**
Nomor Stambuk : **45 16 041 171**
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : **“Sistem Pengolahan Limbah Cair RSUD Sayang Rakyat”**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan tim Penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

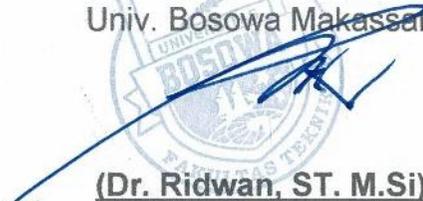
TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua (Ex. Officio) : Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT (.....)
Sekretaris (Ex. Officio): Ir. Hj. Satriawati Cangara, MSp (.....)
Anggota : Dr. Ir. Suryani Syahrir, ST., MT (.....)
Dr. Ir. Ahmad Yauri Yunus, ST., MT (.....)

Makassar, Februari 2022

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar


(Dr. Ridwan, ST. M.Si)
NIDN. 09 101271 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Univ. Bosowa Makassar


(Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT)
NIDN. 00 010565 02



UNIVERSITAS BOSOWA
Jalan Urip Sumoharjo Km. 4, Makassar – Sulawesi Selatan
Telp. 0411 452 901 – 452 789 Fax. 0411 424 568
<http://www.universitasbosowa.ac.id>

FAKULTAS TEKNIK

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR

Judul :

"SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RSUD SAYANG RAKYAT"

Disusun dan diajukan oleh:

Nama Mahasiswa : **DARA WULANDARI**

No. Stambuk : **45 16 041 171**

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Telah Disetujui Komisi/Tim Pembimbing :

Pembimbing I : **Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT.**

Pembimbing II : **Ir. Hj. Satriawati Cangara, M.Sp.**

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ridwan, S.T., M.Si.
NIDN. 0910127101

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, M.T.
NIDN. 0001056502

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **DARA WULANDARI**
Nomor Stambuk : **45 16 041 171**
Program Studi : **TEKNIK SIPIL**
Judul tugas akhir : **SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
RSUD SAYANG RAKYAT**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediakan / mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkannya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, Februari 2022

Yang Menyatakan



DARA WULANDARI

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan susunan karya ilmiah Tugas Akhir ini. Adapun judul yang telah dipilih yaitu **“Sistem Pengolahan Limbah Cair RSUD Sayang Rakyat”**.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat akademis untuk mencapai derajat Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapat bimbingan, bantuan, maupun dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya lewat kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan jalan yang terbaik dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan dukungan baik segi moril maupun moral
3. Bapak Dr. Ridwan, ST., M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa
4. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa serta dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memeriksa, serta memberikan arahan dalam penyusunan laporan.

5. Ibu Ir. Hj. Satriawati Cangara, M.Sp. selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memeriksa, serta memberikan arahan dalam penyusunan laporan.
6. Ibu Ir. Nur Khadijah Yuniarti, ST.,MT. selaku penasehat akademik
7. Seluruh dosen, asisten laboratorium dan staf Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa
8. Ibu dr. Hj. ST. Haeriyah Bohari, Sp.S, selaku Direktur RSUD Sayang Rakyat.
9. Teman – teman teknik sipil non regular 2016 yang menjadi rekan dan saudara selama menjalani masa kuliah
10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Dapat disadari bahwa isi laporan ini jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan guna menyempurnakan laporan ini sehingga bermanfaat bagi kita semua. Sekian dan terima kasih.

Makassar, Juli 2021

Penulis

Dara Wulandari
Nim. 4516041171

Sistem Pengolahan Limbah Cair RSUD Sayang Rakyat

Oleh : Dara Wulandari¹⁾, A. Rumpang Yusuf²⁾, Satriawati Cangara³⁾

ABSTRAK

Limbah merupakan bahan/sisa buangan yang dihasilkan oleh suatu proses produksi, baik pada skala rumah tangga (domestik) maupun industri yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Limbah rumah sakit terdiri dari limbah cair, padat dan gas yang berpotensi mengganggu lingkungan sekitar. Penelitian ini membahas proses pengolahan limbah cair secara biologis bertujuan untuk membersihkan zat – zat organik atau mengubah zat organik yang berbahaya tersebut menjadi bentuk yang kurang/tidak berbahaya. Tahapan proses IPAL meliputi aerasi/koagulasi, RBC (*Rotaring Biological Contractors*), sedimentasi (pengendapan), kolam uji dan klorinasi. Setelah melalui proses tersebut, menghasilkan air bersih yang bisa dialirkan ke saluran air di lingkungan luar RSUD Sayang Rakyat.

Kata kunci : *Pengolahan limbah cair, Rumah Sakit*

Wastewater Treatment System RSUD Sayang Rakyat

Oleh : Dara Wulandari¹⁾, A. Rumpang Yusuf²⁾, Satriawati Cangara³⁾

ABSTRACT

Waste is material / residual waste produced by a production process, both on a household (domestic) and industrial scale whose presence at a certain time and place is not desired by the environment because it has no economic value. Hospital waste consists of liquid, solid and gaseous waste that has the potential to disrupt the surrounding environment. This study discusses the biological wastewater treatment process aimed at cleaning organic substances or converting harmful organic substances into less/harmless forms. The stages of the WWTP process include aeration/coagulation, RBC (Rotating Biological Contractors), sedimentation (settlement), test pond and chlorination. After going through this process, it produces clean water that can be channeled into waterways outside the Sayang Rakyat Hospital.

Kata kunci : *Liquid waste treatment, Hospital*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengajuan	ii
Kata Pengantar	iii
Abstrak	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	I-2
1.3.1. Tujuan Penelitian	I-2
1.3.2. Manfaat Penelitian	I-2
1.4. Batasan Masalah	I-3
1.5. Sistematika Penulisan	I-3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rumah Sakit	II-1
2.1.1. Definisi	II-1
2.1.2. Tipe Rumah Sakit	II-2
2.2. Limbah Cair Rumah Sakit	II-4
2.3. Sumber Limbah Cair Rumah Sakit	II-4

2.4.	Karakteristik Air Limbah	II-5
2.5.	Baku Mutu Limbah Cair	II-8
2.5.1.	Definisi Parameter Air Limbah	II-9
2.6.	Dampak Limbah Rumah Sakit	II-10
2.7.	Kondisi Umum IPAL RSUD Sayang Rakyat	II-12
2.8.	Pengolahan Air Limbah	II-13
2.9.	Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).....	II-15
2.10.	Sistem Pengolahan Air Limbah RSUD Sayang Rakyat	II-27
2.10.1	Pertumbuhan Mikroorganisme di Dalam RBC.....	II-29
2.11.	Peneliti Terdahulu	II-30

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Bagan Alir Penelitian	III-1
3.2.	Lokasi dan Waktu Penelitian	III-2
3.3.	Jenis Penelitian	III-3
3.4.	Sumber Data	III-3
3.5.	Metode Pengumpulan Data	III-4
3.6.	Metode Analisis	III-5

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1.	Hasil Penelitian	IV-1
4.1.1.	Jenis Limbah Cair	IV-1
4.1.1.1	Limbah Cair Medis	IV-1
4.1.1.2	Limbah Cair Non Medis	IV-2

4.1.2. Sumber Limbah Cair	IV-2
4.1.3. Pengumpulan Limbah Cair	IV-3
4.1.4. Pengolahan Limbah Cair	IV-7
4.2. Hasil Uji Laboratorium Limba Cair	IV-20
4.3. Keunggulan dan Kelemahan RBC	IV-21
4.3. Efisiensi Pengolahan Limbah Cair	IV-22
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-2

Daftar Pustaka

Lampiran Dokumentasi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sistem Kerja Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit	II-14
Gambar 2.2. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit...	II-16
Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian	III-1
Gambar 3.2. Denah RSUD Sayang Rakyat	III-2
Gambar 3.3. Lokasi Penelitian (RSUD Sayang Rakyat)	III-3
Gambar 4.1. Alur pengumpulan Limbah Cair	IV-4
Gambar 4.2. Letak bak kontrol di RSUD Sayang Rakyat	IV-6
Gambar 4.3. Proses IPAL	IV-7
Gambar 4.4. Inlet	IV-8
Gambar 4.5. Bak Aerasi / Koagulasi	IV-8
Gambar 4.6. RBC	IV-14
Gambar 4.7. Bak Sedimentasi	IV-15
Gambar 4.8. Bak Kolam Uji	IV-17
Gambar 4.9. Unit / Tabung Pengereng Lumpur	IV-18
Gambar 4.10. Kontrol Panel	IV-18
Gambar 4.11. Pompa	IV-19

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik dan Pengaruh Air Limbah	II-7
Tabel 2.2. Baku Mutu Limbah Cair	II-9
Tabel 2.3. Sistem Kerja Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit	II-16
Tabel 2.4. Karakteristik Operasional Proses Pengolahan Air Limbah.. Dengan Proses Biologis	II-25
Tabel 4.1. Sumber limbah cair RSUD Sayang Rakyat	IV-2
Tabel 4.2. Hasil uji laboratorium limbah cair	IV-21

BOSOWA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

RSUD Sayang Rakyat merupakan rumah sakit rujukan tipe C yang berada di Provinsi Sulawesi Selatan tepatnya di kota Makassar, sudah berdiri sejak tahun 2011, pembangunannya dilaksanakan untuk memenuhi tingkat pelayanan kesehatan masyarakat khususnya daerah permukiman penduduk yang sedang berkembang disekitar Perumahan Villa Mutiara Kecamatan Biringkanayya, selain berhubungan dengan keselamatan dan kesehatan pekerja, pasien, pengunjung juga berhubungan dengan lingkungan sekitar. Banyaknya pelayanan penunjang di rumah sakit sehingga setiap instalasi menghasilkan limbah yang berbentuk cair. Limbah dalam bentuk cair bersifat infeksius (berbahaya) harus diolah dengan baik pada sistem yang digunakan oleh IPAL rumah sakit.

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan seperangkat struktur, teknik dan peralatan yang dirancang untuk memproses serta membuang air limbah pada badan air disekitar lingkungan tanpa dampak yang merugikan.

Dengan adanya peraturan bahwa setiap rumah sakit harus mengolah air limbah sesuai dengan aturan yang diizinkan dan meminimalisir dampak dari pencemaran lingkungan sekitar, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai efisiensi sistem pengolahan limbah cair yang ada di RSUD Sayang Rakyat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini antara lain :

1. Bagaimana sistem pengolahan limbah cair di RSUD Sayang Rakyat ?
2. Apakah sistem pengolahan limbah cair di RSUD Sayang Rakyat sudah efisien ?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui bagaimana sistem pengolahan limbah cair di RSUD Sayang Rakyat.
2. Mengetahui apakah sistem pengolahan limbah cair di RSUD Sayang Rakyat sudah efisien.

1.3.2. Manfaat Penelitian

Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Kegunaan teoritis, hasil penelitian ini dapat mengembangkan khasanah keilmuan yang berkaitan dengan Pengolahan Limbah Cair.
2. Kegunaan praktis, hasil penelitian ini berguna sebagai bahan masukan kepada Staff RSUD Sayang Rakyat.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini antara lain :

1. Subyek penelitian adalah limbah cair RSUD Sayang Rakyat.
2. Lokasi penelitian dipusatkan pada RSUD Sayang Rakyat.
3. Data yang didapat dari hasil pengambilan data RSUD Sayang Rakyat.
4. Kriteria yang ditinjau tentang limbah cair RSUD Sayang Rakyat.

1.5. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran mengenai keseluruhan tulisan ini, maka diuraikan secara singkat mengenai bab – bab yang ada di dalamnya sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Merupakan gambaran singkat tentang pola umum penyajian tugas akhir yang berisi uraian latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini membahas teori-teori yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah-masalah yang ada dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini akan dibahas kerangka pikir dan prosedur-prosedur dari pemecahan masalah.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan inti dari keseluruhan materi pembahasan.

Pembahasan mengenai sistem pengolahan limbah cair pada RSUD Sayang Rakyat.

BAB V PENUTUP

Dalam bab ini menyajikan kesimpulan akhir yang diperoleh dari hasil pengujian yang telah dibahas serta saran perbaikan dan pengembangan hasil penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rumah Sakit

2.1.1. Definisi

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang persyaratan kesehatan lingkungan rumah sakit dinyatakan bahwa rumah sakit sebagai sarana pelayanan kesehatan, tempat berkumpulnya orang sakit maupun orang sehat, atau dapat menjadi tempat penularan penyakit serta memungkinkan terjadinya pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan (Depkes RI, 2004).

Rumah Sakit adalah lembaga kesehatan yang menyelenggarakan kegiatan pelayanan kesehatan serta dapat berfungsi sebagai tempat pendidikan tenaga kesehatan dan penelitian. Yang dimaksud dengan pelayanan yaitu kegiatan pelayanan berupa pelayanan rawat jalan, pelayanan rawat inap dan pelayanan instalasi gawat darurat (IGD) yang mencakup layanan medik dan non medik (Depkes RI, 1995).

Rumah Sakit mempunyai tugas memberikan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna. Pelayanan Kesehatan Paripurna adalah pelayanan kesehatan yang meliputi promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif (UU No.44 Tahun 2009, Tentang Rumah Sakit). Upaya menjalankan tugas sebagaimana disebut diatas, menurut UU No. 44 Tahun 2009, rumah sakit mempunyai fungsi :

1. Penyelenggaraan pelayanan pengobatan dan pemulihan kesehatan sesuai dengan standar pelayanan rumah sakit.
2. Pemeliharaan dan peningkatan kesehatan perorangan melalui pelayanan kesehatan yang paripurna sesuai kebutuhan medis.
3. Penyelenggaraan pendidikan dan pelatihan sumber daya manusia dalam rangka peningkatan kemampuan dalam pemberian pelayanan kesehatan.
4. Penyelenggaraan penelitian dan pengembangan serta penapisan teknologi bidang kesehatan dalam rangka peningkatan pelayanan kesehatan dengan memperhatikan etika ilmu pengetahuan bidang kesehatan.

2.1.2. Tipe Rumah Sakit

Berdasarkan Pemenkes RI Nomor 986/Menkes/Per/11/1992 pelayanan rumah sakit umum pemerintah Departemen Kesehatan dan Pemerintah Daerah diklasifikasikan menjadi kelas/tipe A, B, C, D dan E (Azwzr, 1996) :

1. Rumah Sakit Kelas A

Rumah Sakit kelas A adalah rumah sakit yang mampu memberikan pelayanan kedokteran spesialis dan subspesialis luas oleh pemerintah, rumah sakit ini telah ditetapkan sebagai tempat pelayanan rujukan tertinggi (*top referral hospital*) atau disebut juga rumah sakit pusat.

2. Rumah Sakit Kelas B

Rumah Sakit kelas B adalah rumah sakit yang mampu memberikan pelayanan kedokteran medik spesialis luas dan sub spesialis terbatas. Direncanakan rumah sakit kelas B didirikan di setiap ibukota propinsi (*provincial hospital*) yang menampung pelayanan rujukan dari rumah sakit kabupaten. Rumah sakit pendidikan yang tidak termasuk tipe A juga diklasifikasikan sebagai rumah sakit kelas B.

3. Rumah Sakit Kelas C

Rumah Sakit kelas C adalah rumah sakit yang mampu memberikan pelayanan kedokteran subspecialis terbatas. Terdapat empat macam pelayanan spesialis disediakan yakni pelayanan dalam, pelayanan bedah, pelayanan kesehatan anak, serta pelayanan kebidanan dan kandungan. Direncanakan rumah sakit kelas C ini akan didirikan di setiap kabupaten/kota (*regency hospital*) yang menampung pelayanan rujukan dari puskesmas.

4. Rumah Sakit Kelas D

Rumah Sakit ini bersifat transisi karena pada suatu saat akan ditingkatkan menjadi rumah sakit kelas C. Pada saat ini kemampuan rumah sakit tipe D hanyalah memberikan pelayanan kedokteran umum dan kedokteran gigi. Sama halnya dengan rumah sakit tipe C, rumah sakit tipe D juga menampung pelayanan yang berasal dari puskesmas.

5. Rumah Sakit Kelas E

Rumah Sakit ini merupakan rumah sakit khusus (*special hospital*) yang menyelenggarakan hanya satu macam pelayanan kedokteran saja. Pada saat ini banyak tipe E yang didirikan pemerintah, misalnya rumah sakit jiwa, rumah sakit kusta, rumah sakit paru, rumah sakit jantung dan rumah sakit ibu dan anak.

2.2. Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair adalah semua bahan buangan yang berbentuk cair termasuk tinja yang kemungkinan mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia beracun, dan radioaktivitas (Kepmen LH No 58 Tahun 1995). Tingkat kandungannya dapat ditentukan dengan uji air kotor pada umumnya seperti BOD, COD, TTS, pH, mikrobiologik, dan lain-lain.

Limbah cair yang dihasilkan tersebut sifatnya variatif dan umumnya bersifat infeksius, seperti limbah yang berasal dari penderita rawat inap antara lain salmonella, staphilococcus, streptococcus, virus hepatitis. Sifat dari limbah cair rumah sakit yaitu toksik, iritatif, korosif kumulatif dan karsinogenik, temperatur tinggi, berbau, berwarna, dan organis.

2.3. Sumber Limbah Cair Rumah Sakit

Sumber limbah cair di RSUD Sayang Rakyat berasal dari limbah medis dan limbah non medis. Limbah medis berasal dari pelayanan medis

seperti kegiatan IGD, kegiatan persalinan, kegiatan operasi, ruang rawat inap, ruang rawat jalan, poliklinik, radiologi, laboratorium, dan infection centre. Sedangkan limbah non medis adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan di rumah sakit di luar medis yang berasal dari kantin, gizi, laundry, kamar mandi, dan toilet. Limbah rumah sakit meliputi bagian berikut ini (Shahib dan Djustiana, 1998):

a. Limbah Klinik

Limbah yang dihasilkan selama pelayanan pasien secara rutin. Limbah ini mungkin berbahaya dan mengakibatkan resiko tinggi infeksi kuman dan populasi umum dan staff rumah sakit.

b. Limbah Patologi

Limbah ini berasal dari jaringan tubuh manusia, seperti organ tubuh, janin, darah, muntahan dan urin yang dianggap beresiko tinggi dan sebaiknya diotoklaf sebelum keluar dari unit patologi.

c. Limbah Dapur

Limbah ini mencakup sisa-sisa makanan dan air kotor. Berbagai serangga seperti kecoa, kutu dan hewan pengerat seperti tikus merupakan gangguan bagi staff maupun pasien di rumah sakit.

2.4. Karakteristik Air Limbah

Seperti limbah cair lainnya, limbah cair Rumah Sakit juga memiliki karakteristik yang meliputi :

1. Karakteristik Fisik

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat yaitu kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau dan warna juga temperatur.

2. Karakteristik Kimia

Secara umum karakteristik kimia pada air limbah terbagi dua, yaitu kimia organik dan anorganik. Jumlah materi organik sangat dominan, karena 75% dari zat padat tersuspensi dan 40% zat padat tersaring merupakan bahan organik, yang tersusun dari senyawa karbon, hydrogen, oksigen dan ada juga yang mengandung nitrogen. Adapun materi/senyawa anorganik terdiri atas semua kombinasi elemen yang bukan tersusun dari karbon organik. Karbon anorganik dalam air limbah pada umumnya terdiri dari sand, grit, dan mineral-mineral, baik, suspended maupun dissolved.

3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi ini diperlukan untuk mengukur kualitas air terutama bagi air yang dipergunakan sebagai air minum dan air bersih. Selain itu, untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. Parameter yang sering digunakan adalah banyaknya kandungan mikroorganisme yang ada dalam kandungan air limbah.

Tabel 2.1. Karakteristik dan Pengaruh Air Limbah

Sumber Air Limbah	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 Organik • Ammonia • Bakteri patogen • Antiseptik • Antibiotik 	<ul style="list-style-type: none"> • Antiseptik: beracun untuk mikroorganisme • Antibiotik: beracun untuk mikroorganisme
<p>Laboratorium klinik dan kimia</p>	<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
<p>Ruang Dapur</p>	<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 bioreactor

Ruang Cuci (Loundry)	<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 bioreactor
Ruang Radio-Isotop	Senyawa-senyawa Radioaktif	Senyawa-senyawa radioaktif: beracun

Sumber : Karakteristik dan Pengaruh Air Limbah

2.5. Baku Mutu Limbah Cair

Baku mutu limbah cair adalah batas kadar dan jumlah unsur pencemar yang ditenggang adanya dalam limbah cair untuk dibuang dari satu jenis kegiatan tertentu (Depkes RI, 2015).

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kegiatan fasilitas pelayanan kesehatan ditetapkan berdasarkan :

- Kemampuan teknologi pengolahan air limbah yang umum digunakan.
- Daya tampung lingkungan di wilayah usaha dan/atau kegiatan untuk memperoleh konsentrasi dan/atau beban pencemaran paling tinggi.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 tahun 1995 tanggal 21 Desember 1995 mengenai baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit, adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2. Baku Mutu Limbah Cair

Parameter	Kadar maksimum (mg/L)
BOD	75
COD	100
TSS	100
pH	6,0–9,0

Sumber : Baku mutu limbah cair

2.5.1. Definisi Parameter Air Limbah

Adapun parameter air limbah yaitu :

- BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecah atau mengoksidasi bahan buangan dalam air.
- COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan seperti Kalsium Dikromat untuk menguraikan bahan organik.
- TSS (*Total Suspended Solid*) adalah besaran total dari seluruh padatan dalam cairan atau banyaknya partikel yang berukuran lebih dari 1 μm yang tersuspensi dalam suatu kolom air.

- pH (Derajat Keasaman) adalah angka derajat keasaman dari limbah cair yang akan berguna dalam menentukan langkah atau metode apa yang akan digunakan dalam pengolahan lebih lanjut.
- $\text{NH}_3 - \text{N}$ (Ammonia Bebas) berasal dari dekomposisi Nitrogen Organik (Protein dan Urea) dan Nitrogen Anorganik yang terdapat dalam tanah dan air yang berasal dari dekomposisi bahan anorganik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) Mikroba dan Jamur.
- Minyak dan Lemak dalam air limbah merupakan kumpulan senyawa yang menutupi material yang terlarut didalam air limbah. Kandungannya terdiri dari senyawa lipid, senyawa ester, alkohol dan senyawa volatil lainnya.
- Total Caliform merupakan kelompok bakteri yang dapat digunakan sebagai bakteri indikator untuk mengukur kadar pencemaran perairan karena memenuhi sebagian besar kriteria bakteri indikator yang ditetapkan oleh *National Academy of Sciences USA*. Bakteri *Coliform* total merupakan perhitungan dari banyaknya koloni bakteri *Escheria*, *Citobacter*, *Klebsiella* dan *Enterobacter* yang terdapat pada membran filter setelah dibiakkan selama 18 sampai 24 jam di inkubator.

2.6. Dampak Limbah Rumah Sakit

Departemen Kesehatan, 1997 diungkapkan seluruh Rumah Sakit di Indonesia memproduksi limbah cair sebesar 416,8 liter per tempat tidur per hari. Diperkirakan secara nasional produksi air limbah sebesar 48.985,70 ton per hari. Rumah sakit menghasilkan limbah dalam jumlah besar, beberapa diantaranya membahayakan kesehatan dilingkungannya.

Setiap rumah sakit harus memiliki IPAL, Surat Pernyataan Pengelolaan Lingkungan (SPPL) dan surat izin pengolahan limbah cair. Sementara limbah organ-organ manusia harus di bakar di insinerator.

Ada beberapa kelompok masyarakat yang mempunyai resiko untuk mendapat gangguan karena buangan rumah sakit. Pertama, pasien yang datang ke Rumah Sakit untuk memperoleh pertolongan pengobatan dan perawatan. Kelompok ini merupakan kelompok yang paling rentan. Kedua, karyawan rumah sakit dalam melaksanakan tugas sehari-harinya selalu kontak dengan orang sakit yang merupakan sumber penyakit. Ketiga, pengunjung atau pengantar orang sakit yang berkunjung ke Rumah Sakit, resiko terkena gangguan kesehatan akan semakin besar. Keempat, masyarakat yang bermukim disekitar Rumah Sakit, lebih-lebih lagi bila rumah sakit membuang hasil buangan rumah sakit tidak sebagaimana mestinya ke lingkungan sekitarnya.

Akibatnya adalah mutu lingkungan menjadi turun kualitasnya, dengan akibat lanjutannya adalah menurunnya derajat kesehatan masyarakat di lingkungan tersebut. Oleh karena itu, rumah sakit wajib

melaksanakan pengelolaan buangan rumah sakit yang baik dan benar dengan melaksanakan kegiatan Sanitasi Rumah Sakit.

Dari berbagai limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit sangat berpotensi untuk menyebabkan gangguan dalam kehidupan dan kesehatan manusia serta lingkungannya, antara lain :

- a. Gangguan kesehatan dan keselamatan kerja, terutama bagi karyawan rumah sakit bila tidak dilengkapi dengan sistem proteksi yang tepat.
- b. Gangguan estetika dan kenyamanan berupa bau, serat kesan kotor yang dapat memberikan efek psikologis bagi pengguna rumah sakit.
- c. Pencemaran lingkungan, melalui limbah yang di buang baik internal maupun eksternal.
- d. Kerusakan bangunan dapat disebabkan oleh kimia yang terlarut.
- e. Gangguan kerusakan tanaman dan binatang hidup disebabkan oleh buangan bahan kimia dan bahan infeksius.
- f. Gangguan terhadap kesehatan manusia disebabkan oleh virus atau bakteri bahan kimia dan gas.
- g. Gangguan terhadap genetik dan reproduksi manusia dapat disebabkan oleh bahan kimia.

2.7. Kondisi Umum IPAL RSUD Sayang Rakyat

Dalam pengolahan limbah RSUD Sayang Rakyat mempunyai fasilitas pengolahan limbah cair sejak tahun 2012 dengan kapasitas

maksimal untuk 125 TT (Tempat Tidur). Sistem pengolahan air limbah menggunakan RBC (Rotating Biological Contactor).

Kapasitas IPAL :

Kapasitas pengolahan 125 TT x 500 liter = 62500m³/hari = 62,5m²/hari.

Waktu tinggal dalam bak ± 60 menit = 1 jam

Volume yang diperlukan = 1/24jam x 62,5m³/hari = 2,60m³/hari

Sistem pengolahan limbah cair RSUD Sayang Rakyat terdapat unit-unit, diantaranya :

- Septiktank

Merupakan praolah sebelum dialirkan menuju pengolahan sentral IPAL, berfungsi untuk menurunkan padatan dan menurunkan zat-zat kimia beracun lainnya. Ukuran bak septiktank antara 1m x 2m x 1,5m sampai dengan 2m x 3m x 2m sesuai kebutuhan.

- Bak Kontrol

Bak kontrol merupakan bak untuk memeriksa aliran air limbah apabila terjadi kemacetan dalam sistem jaringan.

- Jaringan perpipaan

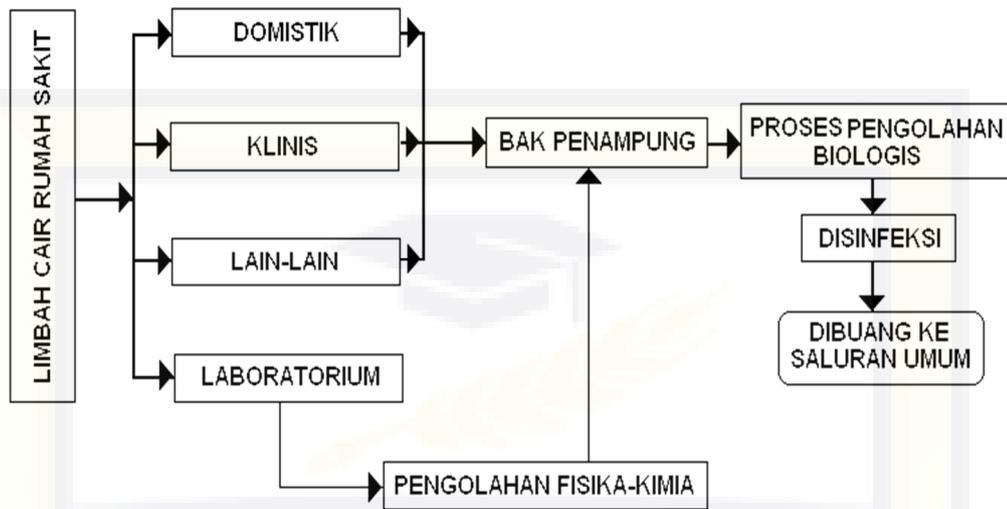
Jaringan perpipaan dengan diameter pipa bervariasi sesuai kebutuhan mulai dari 2 inchi sampai dengan 8 inchi.

2.8. Pengolahan Air Limbah

Pengolahan limbah cair bertujuan untuk menghilangkan bahan-bahan yang dapat mengganggu proses atau unit-unit pengolahan.

Air limbah rumah sakit yang berasal dari 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 yang mana bila air limbah tersebut dialirkan kedalam proses pengolahan secara biologis, logam berat tersebut dapat mengganggu proses pengolahannya.

Oleh karena itu untuk pengolahan air limbah rumah sakit, maka air limbah yang berasal dari laboratorium dipisahkan dan ditampung, kemudian diolah secara kimia-fisika, selanjutnya air olahannya dialirkan bersama-sama dengan air limbah rumah sakit secara umum dapat dilihat seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Sistem Kerja Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit

Seluruh air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit, yakni berasal dari kegiatan klinis rumah sakit dikumpulkan melalui saluran pipa pengumpul. Selanjutnya, dialirkan ke bak kontrol, fungsi bak kontrol adalah untuk mencegah sampah padat misalnya plastik, kaleng, kayu agar tidak masuk ke dalam unit pengolahan limbah, serta mencegah padatan yang tidak bisa terurai misalnya lumpur, pasir, abu gosok dan lainnya agar tidak masuk kedalam unit pengolahan limbah.

Dari bak kontrol, air limbah dialirkan ke bak pengurai anaerob. Bak pengurai anaerob dibagi menjadi 2 buah ruangan yakni bak pengendapan atau bak pengurai awal, biofilter anaerob tercelup dengan aliran dari bawah ke atas (*Up Flow*). Alir limpasan dari bak pengurai anaerob selanjutnya dialirkan ke unit pengolahan lanjutan. Unit pengolahan lanjutan tersebut terdiri dari beberapa buah ruangan yang berisi media

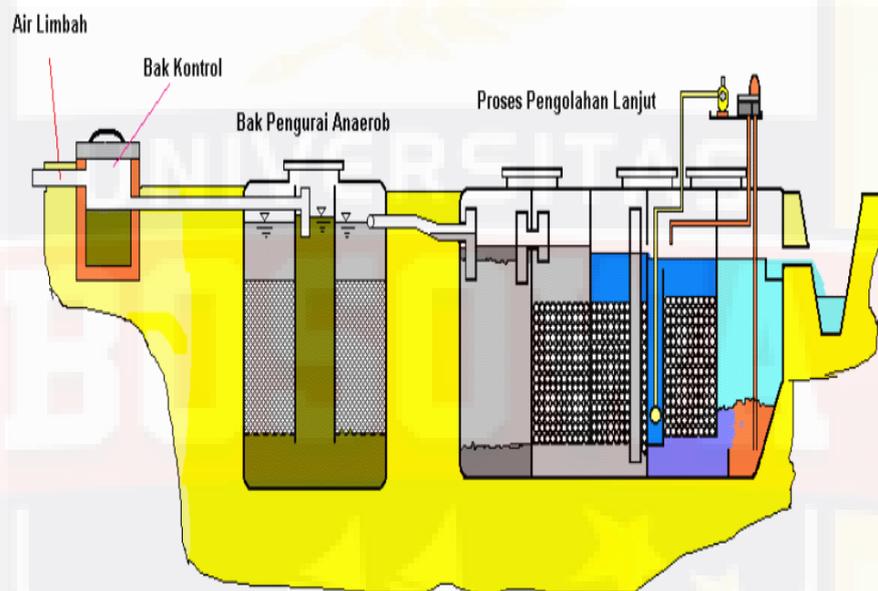
dari bahan PVC bentuk sarang tawon untuk pembiakkan mikroorganisme yang akan menguraikan senyawa polutan yang ada di dalam air limbah.

Setelah melalui unit pengolahan lanjut, air hasil olahan dialirkan ke bak klorinasi. Di dalam bak klorinasi air limbah dikontakkan dengan klor tablet agar seluruh mikroorganisme patogen dapat dimatikan. Dari bak klorinasi air limbah sudah dapat di buang langsung ke sungai untuk saluran umum.

2.9. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Tujuan pengolahan air limbah adalah untuk memperbaiki kualitas air limbah, mengurangi BOD, COD dan partikel tercampur, menghilangkan bahan nutrisi dan komponen beracun, menghilangkan zat tersuspensi, mendekomposisi zat organik, menghilangkan mikroorganisme patogen. Pengolahan air limbah dapat dilakukan secara alamiah maupun dengan bantuan peralatan. Pengolahan air limbah secara alamiah dilakukan dengan bantuan kolam stabilisasi.

Pengolahan air limbah dengan bantuan peralatan biasanya dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah/IPAL (*Waste Water Treatment Plant/WWTP*). Di dalam IPAL, biasanya proses pengolahan dikelompokkan sebagai pengolahan pertama (*primary treatment*), pengolahan kedua (*secondary treatment*) dan pengolahan lanjutan (*tertiary treatment*).



Gambar 2.2. Diagram proses pengolahan air limbah rumah sakit.

Menurut tingkatan perlakuan proses pengolahan limbah dapat digolongkan menjadi enam tingkatan :

1. Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Sebelum mengalami proses pengolahan, dilakukan pembersihan-pembersihan agar mempercepat dan memperlancar proses pengolahan selanjutnya. Kegiatan tersebut berupa pengambilan benda terapung dan pengambilan benda yang mengendap seperti pasir (Sugiharto,

2005:96). Pengolahan pendahuluan digunakan untuk memisahkan padatan kasar, mengurangi ukuran padatan, memisahkan minyak atau lemak, dan proses menyetarakan fluktuasi aliran limbah pada bak penampung. Unit yang terdapat dalam pengolahan pendahuluan adalah (Soeparman dan Suparmin, 2017:106) :

- a. Saringan (*bar screen/bar racks*)
- b. Pencacah (*communitor*)
- c. Bak penangkap pasir (*grit chamber*)
- d. Penangkap lemak dan minyak (*skimmer dan grease trap*)
- e. Bak penyetaraan (*equalization basin*)

2. Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Pengolahan pertama (*primary treatment*) bertujuan untuk memisahkan padatan dari air secara fisik. Hal ini dapat dilakukan dengan melewatkan air limbah melalui saringan (*filter*) dan atau bak sedimentasi (*sedimentation tank*) (Asmadi dan Suharno, 2012:71). Kalau di dalam pengolahan pendahuluan bertujuan untuk mensortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, memisahkan lemak, maka pada pengolahan pertama bertujuan untuk menghilangkan zat padat tercampur melalui pengendapan atau pengapungan (Sugiharto, 20:102).

Primary treatment dilakukan dengan dua metode utama, yaitu pengolahan secara fisika dan pengolahan secara kimia. Pengolahan secara kimia yaitu mengendapkan bahan padatan dengan penambahan bahan kimia. Pengolahan secara fisika dimungkinkan bila bahan kasar

yang telah diolah dengan pengendapan atau pengapungan (Asmadi dan Suharno, 2012:71).

3. Proses Pengendapan

Pada proses pengendapan, partikel padat dibiarkan mengendap ke dasar tangki. Bahan kimia biasanya ditambahkan untuk menetralisasi dan meningkatkan kemampuan pengurangan padatan tersuspensi. Dalam unit ini, pengurangan BOD dapat mencapai 35%, sedangkan SS (*Suspended Solid*) berkurang sampai 60%. Pengurangan BOD dan padatan pada tahap awal ini selanjutnya akan membantu mengurangi beban pengolahan tahap kedua (*secondary treatment*). (Soeparman dan Suparmin, 2002:107).

Apabila tujuan utama pengoperasian untuk menghasilkan hasil buangan ke sungai dengan sedikit partikel zat tercampur maka peralatan yang dipergunakan dikenal sebagai clarifier, sedangkan apabila penekanannya menghasilkan partikel padat yang jernih maka dikenal dengan thickener. Kedua peralatan ini biasanya dipergunakan setelah air limbah melewati reaktor biologis (Sugiharto, 2005:103).

4. Proses Pengapungan

Untuk mengambil zat-zat yang tercampur selain dengan cara pengendapan dapat juga dipergunakan cara pengapungan dengan menggunakan gelembung gas guna meningkatkan daya apung campuran. Dengan adanya gas ini membuat larutan menjadi kecil sehingga campuran akan mengapung (Sugiharto, 2005:110).

5. Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

Pengolahan kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Pada proses ini sangat dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kotoran yang ada dan sebagainya (Sugiharto, 2005:113). Khusus untuk limbah domestik, tujuan utamanya adalah mengurangi bahan organik dan dalam banyak hal juga menghilangkan nutrisi seperti nitrogen dan fosfor.

Proses penguraian bahan organik dilakukan oleh mikroorganisme secara aerobik atau anaerobik (Asmadi dan Suharno, 2012:74). Proses biologis yang dipilih didasarkan atas pertimbangan kuantitas limbah cair yang masuk unit pengolahan, kemampuan penguraian zat organik yang ada pada limbah tersebut (*biodegradability of waste*) serta tersedianya lahan. Pada unit ini diperkirakan terjadi pengurangan kandungan BOD dalam rentang 35%-95% bergantung pada kapasitas unit pengolahnya. Pengolahan tahap kedua yang menggunakan high-rate treatment mampu menurunkan BOD dengan efisiensi berkisar 50%-80%.

Unit yang biasa digunakan pada pengolahan tahap kedua berupa saringan tetes (*trickling filters*), unit lumpur aktif dan kolam stabilisasi (Soeparman dan Suparmin, 2002:107). Pada proses penggunaan lumpur aktif, maka air limbah yang telah ditambahkan pada tangki aerasi dengan tujuan untuk memperbanyak jumlah bakteri secara cepat agar proses

biologis dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat (Asmadi dan Suharno, 2012:74).

6. Proses Aerobik

Dalam proses aerobik, penguraian bahan organik oleh mikro-organisme dapat terjadi dengan kehadiran oksigen sebagai *electron acceptor* dalam air limbah. Proses aerobik dilakukan dengan bantuan lumpur aktif (*activated sludge*), yaitu lumpur yang banyak mengandung bakteri pengurai. Hasil akhir yang dominan dari proses ini bila konversi terjadi secara sempurna adalah karbon dioksida, uap air serta *excess sludge*. Lumpur aktif tersebut sering disebut dengan *Mixed Liquor Suspended Soli* (MLSS). Terdapat dua hal penting dalam proses ini, yakni proses pertumbuhan bakteri dan proses penambahan oksigen.

7. Proses Anaerobik

Dalam proses anaerobik, zat organik diuraikan tanpa kehadiran oksigen. Hasil akhir yang dominan dari proses anaerobik ialah biogas (campuran metan dan karbon dioksida), uap air serta sedikit *excess sludge* (Asmadi dan Suharno, 2012:76).

8. Pengolahan Ketiga (*Tertiary Treatment*)

Pengolahan ketiga ini adalah kelanjutan dari pengolahan-pengolahan terdahulu. Oleh karena itu, pengolahan jenis ini baru akan dipergunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum (Sugiharto, 2005:120). Beberapa standar effluent membutuhkan pengolahan tahap

ketiga ataupun pengolahan lanjutan untuk menghilangkan kontaminan tertentu ataupun menyiapkan limbah cair tersebut untuk pemanfaatan kembali.

Pengolahan di tahap ini lebih difungsikan sebagai upaya peningkatan kualitas limbah cair dari pengolahan tahap kedua agar dapat dibuang ke badan air penerima dan penggunaan kembali efluen tersebut (Soeparman dan Suparmin, 2002:107). Pengolahan tahap ketiga, disamping masih dibutuhkan untuk menurunkan kandungan BOD, juga dimaksudkan untuk menghilangkan senyawa fosfor dengan bahan kimia sebagai koagulan, menghilangkan senyawa nitrogen melalui proses Ammonia stripping menggunakan udara ataupun nitrifikasi-denitrifikasi dengan memanfaatkan reaktor biologis, menghilangkan sisa-sisa bahan organik dan senyawa penyebab warna melalui proses absorpsi menggunakan karbon aktif, menghilangkan padatan terlarut melalui proses pertukaran ion, osmosis balik maupun elektrodialisis (Soeparman dan Suparmin, 2002:107).

9. Pembunuhan Kuman (*Desinfection*)

Pembunuhan bakteri bertujuan untuk mengurangi atau membunuh mikro-organisme patogen yang ada di dalam air limbah. Mekanisme pembunuhan sangat dipengaruhi oleh kondisi dari zat pembunuhnya dan mikroorganisme itu sendiri (Sugiharto, 2005:129). Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan kimia bila akan dipergunakan sebagai bahan desinfeksi antara lain :

- a. Waktu kontak yang diperlukan.
- b. Efektivitasnya.
- c. Daya racun zat kimia tersebut.
- d. Tidak toksis terhadap manusia dan hewan.
- e. Rendahnya dosis.
- f. Biaya murah untuk pemakaian yang bersifat massal.
- g. Tetap tahan terhadap air.

10. Pembuangan Lanjut (*Ultimate Disposal*)

Dari setiap tahap pengolahan air limbah, maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diasakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Untuk itu perlu kiranya terlebih dahulu mengenal sedikit tentang lumpur tersebut. Jumlah dan sifat lumpur air limbah sangat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain :

- a. Jenis air limbah itu sendiri.
- b. Tipe/jenis pengolahan air limbah yang diterapkan.
- c. Metode pelaksanaan (Sugiharto, 2005:132).

11. Pengolahan Air Limbah Menurut Karakteristiknya

Unit pengolahan air limbah pada umumnya terdiri atas kombinasi pengolahan fisika, kimia dan biologi. Seluruh proses tersebut bertujuan untuk menghilangkan kandungan padatan tersuspensi, koloid dan bahan-bahan organik maupun anorganik yang terlarut (Siregar, 2005:24).

11.1. Proses Pengolahan Fisika

Proses fisika antara lain pengolahan dengan menggunakan screen, sieves dan filter, pemisahan memanfaatkan gaya gravitasi (sedimentasi atau *oil/water separator*) serta *flotasi*, *adsorpsi* dan *stripping* (Siregar, 2005:24). Pemisahan padatan-padatan cairan atau air limbah merupakan tahapan pengolahan yang terpenting untuk mengurangi beban dan mengembalikan bahan-bahan yang bermanfaat serta mengurangi risiko rusaknya peralatan akibat adanya kebuntuan (*clogging*) pada pipa, *valve* dan pompa. Proses ini juga mengurangi abrasivitas cairan terhadap pompa dan alat ukur, yang dapat berpengaruh secara langsung terhadap biaya operasi dan perawatan peralatan (Siregar, 2005:24-25).

11.2. Proses Pengolahan Kimia

Proses pengolahan yang dapat digolongkan pengolahan secara kimia adalah netralisasi, presipitasi, oksidasi, reduksi dan pertukaran ion (Siregar, 2005:24). Proses pengolahan kimia biasanya digunakan untuk netralisasi limbah asam maupun basa, memperbaiki proses pemisahan lumpur, memisahkan padatan yang tak terlarut, mengurangi konsentrasi minyak dan lemak, meningkatkan efisiensi instalasi flotasi dan filtrasi serta mengoksidasi warna dan racun (Siregar, 2005:43).

Beberapa kelebihan proses pengolahan kimia antara lain dapat menangani hampir seluruh polutan anorganik, tidak terpengaruh oleh polutan yang beracun atau toksik dan tidak tergantung pada perubahan-perubahan konsentrasi. Namun, pengolahan kimia dapat meningkatkan

jumlah garam pada *effluent* dan meningkatkan jumlah lumpur (Siregar, 2005:43).

11.3. Proses Pengolahan Biologi

Proses pengolahan biologi adalah proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan aktivitas kehidupan mikro-organisme untuk memindahkan polutan. Proses biokimia juga meliputi aktivitas alami dalam berbagai keadaan. Misalnya proses self purification yang terjadi di sungai-sungai. Sebagian besar air limbah domestik, mengandung zat-zat organik sehingga proses biologi merupakan tahapan yang penting (Siregar, 2005:51). Pengolahan air limbah secara biologi bertujuan untuk membersihkan zat-zat organik atau mengubah bentuk (transformasi) zat-zat organik menjadi bentuk-bentuk yang kurang berbahaya. Misalnya, proses nitrifikasi oleh senyawa-senyawa nitrogen yang dioksidasi (Siregar, 2005:52). Proses pengolahan secara biologi juga bertujuan untuk menggunakan kembali zat-zat organik yang terdapat dalam air limbah. Hal ini dapat dilakukan secara langsung, misalnya dalam *recovery* gas metana, ataupun secara tidak langsung dengan menggunakan residu-residu yang berasal dari proses sehingga dapat digunakan untuk keperluan pertanian (Siregar, 2005:52).

Tujuan lain dari proses pengolahan secara biologi berkaitan dengan subproses biokimia. Tujuan masing-masing proses adalah menghilangkan atau membersihkan *Carbonaceous Biochemical Oxygen Demand* (CBOD), nitrifikasi, denitrifikasi, stabilisasi dan menghilangkan

fosfor. Tujuan proses-proses tersebut dapat dicapai, jika proses diatur pada kondisi yang spesifik, antara lain meliputi waktu tinggal, konsentrasi oksigen atau perubahan kondisi-kondisi proses yang terkontrol seperti dalam kasus pembersihan fosfor (Siregar, 2005:54). Tujuan lebih lanjut tergantung pada media yang diolah. Pengolahan air limbah domestik pada umumnya bertujuan untuk membersihkan zat-zat organik, yang mula-mula diubah bentuknya menjadi lumpur, kemudian dibuang (Siregar, 2005:54). Karakteristik operasional proses pengolahan air limbah dengan proses biologis.

Tabel 2.4. Karakteristik operasional proses pengolahan air limbah dengan proses biologis

JENIS PROSES	EFISIENSI PENGHILANGAN BOD (%)	KETERANGAN	JENIS PROSES
	Lumpur Aktif Standar	85 - 95	-
	Step Aeration	85 - 95	Digunakan untuk beban pengolahan yang besar.
	Modified Aeration	60 - 75	Untuk pengolahan dengan kualitas air olahan sedang.
PROSES BIMASSA TERSUSPENS	Contact Stabilization	80 - 90	Digunakan Untuk pengolahan paket. Untuk mereduksi eksese lumpur.
	High Rate Aeration	75 - 90	Untuk pengolahan paket, bak aerasi dan bak pengendap akhir merupakan satu paket. Memerlukan area yang kecil.

	Pure Oxygen Process	85 – 95	Untuk pengolahan air limbah yang sulit diuraikan secara biologis. Luas area yang dibutuhkan kecil.
	Oxidation Ditch	75 – 95	Konstruksinya mudah, tetapi memerlukan area yang luas.
	Trickling Filter	80 – 95	Sering timbul lalat dan bau. Proses operasinya mudah.
PROSES BIOMASA MELEKAT	Rotating Biological Contactor	80 – 95	Konsumsi energi rendah, produksi lumpur kecil. Tidak memerlukan proses aerasi.
	Contact Aeration Process	80 – 95	Memungkinkan untuk penghilangan nitrogen dan fosfor.
	Biofilter Unaerobic	65 – 85	Memerlukan waktu tinggal yang lama, lumpur yang terjadi kecil.
LAGOON	Kolam stabilisasi	60 – 80	Memerlukan waktu tinggal yang cukup lama, dan area yang dibutuhkan sangat luas

2.10. Sistem Pengolahan Air Limbah di RSUD Sayang Rakyat

Pengolahan air limbah menggunakan Sistem RBC (*Rotating Biological Contactor*) yang merupakan adaptasi dari proses pengolahan air limbah dengan biakan melekat (*attached growth*). Media yang dipakai berupa piring (disk) tipis berbentuk bulat yang dipasang berjajar-jajar

dalam suatu poros yang terbuat dari baja, selanjutnya diputar di dalam reaktor khusus dimana di dalamnya dialirkan air limbah secara kontinyu.

Media yang digunakan biasanya terdiri dari lembaran plastik dengan diameter 2-4 meter, dengan ketebalan 0,8 sampai beberapa milimeter. Material yang lebih tipis dapat digunakan dengan cara dibentuk bergelombang atau berombak dan ditempelkan diantara disk yang rata dan dilekatkan menjadi satu unit modul. Jarak antara dua disk yang rata berkisar antara 30-40 milimeter. Disk atau piring tersebut dilekatkan pada poros baja dengan panjang mencapai 8 meter, tiap poros yang sudah dipasang media diletakkan di dalam tangki atau bak reaktor RBC menjadi satu modul RBC. Beberapa modul dapat dipasang secara seri atau paralel untuk mendapatkan tingkat kualitas hasil olahan yang diharapkan.

Modul-modul tersebut diputar dalam keadaan tercelup sebagian yakni sekitar 40% dari diameter disk. Kira-kira 95% dari seluruh permukaan media secara bergantian tercelup ke dalam air limbah dan berada di atas permukaan air limbah (udara). Kecepatan putaran bervariasi antara 1-2 RPM.

Mikro-organisme tumbuh pada permukaan media dengan sendirinya dan mengambil makanan (zat organik) di dalam air limbah dan mengambil oksigen dari udara untuk menunjang proses metabolismenya. Tebal biofilm yang terbentuk pada permukaan media dapat mencapai 2-4 milimeter tergantung dari beban organik yang masuk ke dalam reaktor serta kecepatan putarannya. Apabila beban organik terlalu besar

kemungkinan terjadi kondisi anaerob dapat terjadi, oleh karena itu pada umumnya di dalam reaktor dilengkapi dengan perlengkapan injeksi udara yang diletakkan dekat dasar bak, khususnya untuk proses RBC yang terdiri dari beberapa modul yang dipasang seri.

Proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC merupakan proses yang relatif baru dari seluruh proses pengolahan air limbah yang ada, oleh karena itu pengalaman dengan penggunaan skala penuh masih terbatas, dan proses ini banyak digunakan untuk pengolahan air limbah domestik atau perkotaan. Satu modul dengan diameter 3,6 meter dan panjang poros 7,6 meter mempunyai luas permukaan media mencapai 10.000 m² untuk pertumbuhan mikro-organisme. Hal ini memungkinkan sejumlah besar dari biomasa dengan air limbah dalam waktu yang relatif singkat, dan dapat tetap terjaga dalam keadaan stabil serta dapat menghasilkan hasil air olahan yang cukup baik. Resirkulasi air olahan ke dalam reaktor tidak diperlukan. Biomasa yang terkelupas biasanya merupakan biomasa yang relatif padat sehingga dapat mengendap dengan baik di dalam bak pengendapan akhir. Dengan demikian sistem RBC konsumsi energinya lebih rendah. Salah satu kelemahan dari sistem ini adalah lebih sensitif terhadap perubahan suhu.

2.10.1 Pertumbuhan Mikroorganisme Di Dalam RBC

Dengan cara ini mikro-organisme misalnya bakteri, alga, protozoa, fungi, dan lainnya tumbuh melekat pada permukaan media yang berputar

tersebut membentuk suatu lapisan yang terdiri dari mikro-organisme yang disebut biofilm (lapisan biologis). Mikro-organisme akan menguraikan atau mengambil senyawa organik yang ada dalam air serta mengambil oksigen yang larut dalam air atau dari udara untuk proses metabolismenya, sehingga kandungan senyawa organik dalam air limbah berkurang.

Pada saat biofilm yang melekat pada media yang berupa piringan tipis tersebut tercelup kedalam air limbah, mikro-organisme menyerap senyawa organik yang ada dalam air limbah yang mengalir pada permukaan biofilm, dan pada saat biofilm berada di atas permukaan air, mikro-organisme menyerap oksigen dari udara atau oksigen yang terlarut dalam air untuk menguraikan senyawa organik. Energi hasil penguraian senyawa organik tersebut digunakan oleh mikro-organisme untuk proses perkembang-biakan atau metabolisme. Senyawa hasil proses metabolisme mikro-organisme tersebut akan keluar dari biofilm dan terbawa oleh aliran air atau yang berupa gas akan tersebar ke udara melalui rongga-rongga yang ada pada mediumnya, sedangkan untuk padatan tersuspensi akan tertahan pada permukaan lapisan biologis dan akan terurai menjadi bentuk yang larut dalam air.

Pertumbuhan mikro-organisme atau biofilm tersebut makin lama semakin tebal, sampai akhirnya karena gaya beratnya sebagian akan mengelupas dari mediumnya dan terbawa aliran air keluar. Selanjutnya, mikro-organisme pada permukaan medium akan tumbuh lagi dengan

sedirinya hingga terjadi kesetimbangan sesuai dengan kandungan senyawa organik yang ada dalam air limbah.

2.11. Peneliti Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya yang membahas tentang pengolahan limbah cair sebagai berikut :

1. Denis Resel, Sudrajat, Eko Kusumawati (2015)

Judul : Efisiensi Kinerja Sistem IPAL RBC (Rotating Biological Contactor) di Kelurahan Bontang Kuala, Kota Bontang dalam Menurunkan Nilai Total *Fecal Caliform* (bakteri patogen).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unit RBC di Kelurahan Bontang Kuala masih mampu mengolah limbah domestik tersebut memenuhi standar baku mutu sesuai Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001, khususnya di dalam menurunkan jumlah bakteri fecal caliform, yang dilakukan dengan metode pengambilan sampel di titik lokasi (*Grab Sampling*).

Hasil dari penelitian ini adalah efisiensi kinerja Unit RBC yang bekerja dari titik penampungan awal hingga bak air hasil olahan di Kelurahan Bontang Kuala, Kota Bontang dalam menurunkan nilai total fecal caliform bekerja dengan baik.

2. Yovi Kurniawan (2016)

Judul : Sistem Pengolahan Limbah Cair pada IPAL PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan Pasuruan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil analisis kualitas effluent IPAL dalam mereduksi limbah cair PT. Tirta Investama Pandaan Plant.

setelah dilakukan pengolahan pada effluent yaitu rata-rata sebesar 9,44 mg/L, kadar COD stabil pada angka 17,57 mg/L, Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan kegiatan industri lainnya dalam angka keluaran limbah cair tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan.

Hasil dari penelitian ini adalah angka keluaran limbah cair yang tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Sehingga efektivitas masing-masing parameter pengolahan air limbah di IPAL PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan ini telah memenuhi kriteria efektivitas dengan hasil rata-rata dan dapat disimpulkan bahwa system pengolahan air limbah yang dijalankan di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan selama ini telah berjalan secara optimal.

3. Prehatin Trihayu Ningrum, Nita Nurinda Khalista (2014)

Judul : Gambaran Pengelolaan Limbah Cair di Rumah Sakit X Kabupaten Jember.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran proses pengelolaan limbah cair di Rumah Sakit X Jember. Metode yang digunakan adalah dengan observasi. Objek penelitian ini dititik beratkan pada proses pengelolan limbah cair di Rumah Sakit X Jember. Proses pengelolaan limbah cair di Rumah Sakit X Jember sudah sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 1204/MENKES/SK/X/2004

yaitu rumah sakit sudah melakukan pengolahan limbah cairnya sendiri dengan menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Hasil pemeriksaan kualitas limbah cair di Rumah Sakit X sudah memenuhi baku mutu lingkungan.

4. Delila Grez Waang, Hironimus Fernandez, Ruslan Ramang (2016)

Judul : Analisis Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah dan Penilaian Masyarakat Terhadap Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Umum W.Z.

Yohanes Kupang.

Penelitian yang dilakukan pada rumah sakit umum W.Z. Yohanes Kupang menunjukkan efisiensi cukup baik. IPAL tersebut menggunakan lumpur aktif memiliki tingkat efisiensi lebih dari 60% untuk semua parameter dan tergolong efisien. Tingkat efisiensi yang tertinggi adalah parameter TSS (83.60%) dan yang terendah adalah parameter BOD (62.03%). Akan tetapi pengolahan limbah cair tersebut tergolong tidak efektif dengan presentase rata-rata 60%, artinya pengelolaan limbah yang dilakukan memang memanfaatkan segala sumber daya yang ada. Akan tetapi tidak memenuhi target yang diharapkan atau dengan kata lain pengolahan limbah efisien tapi tidak efektif.

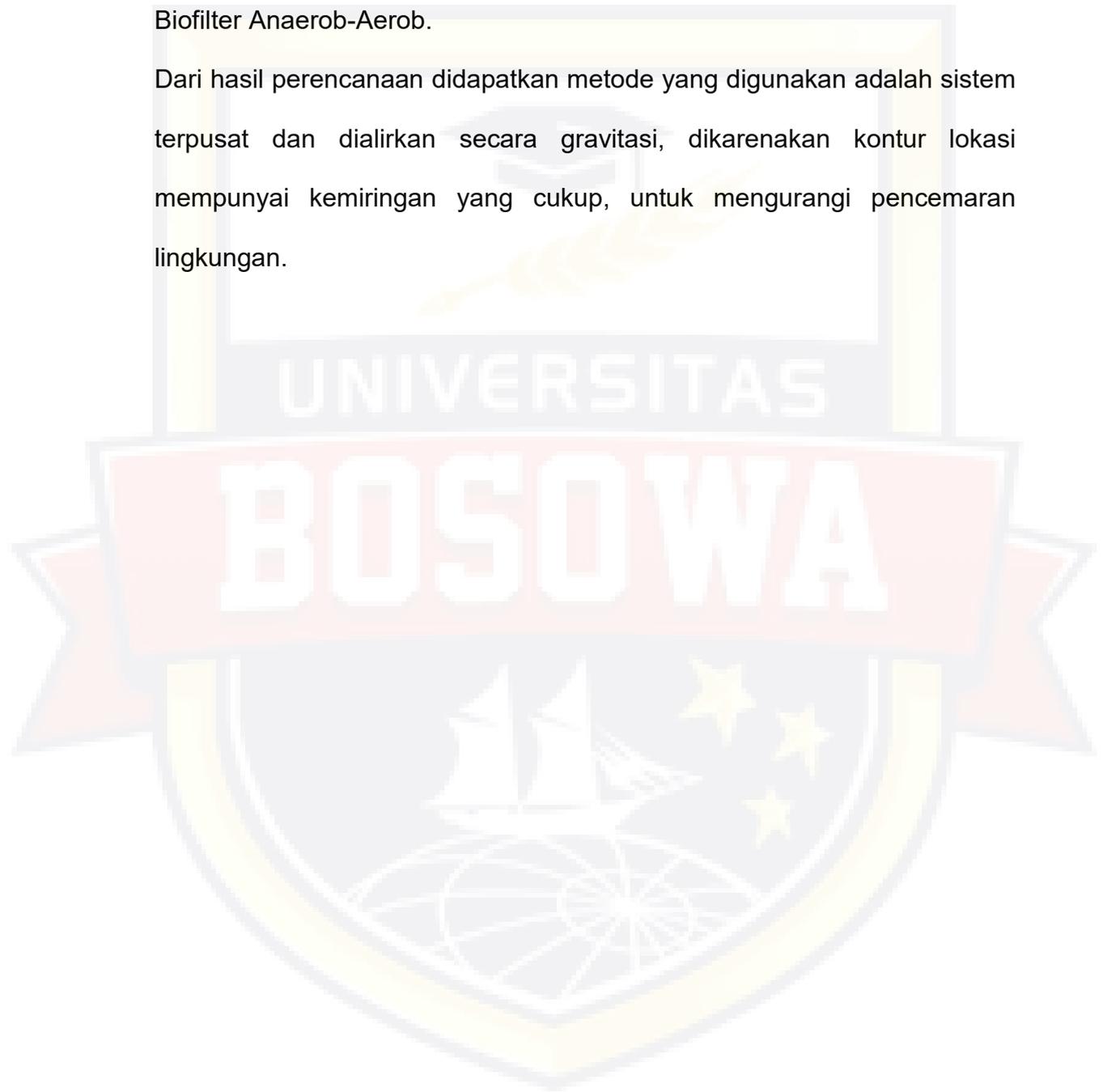
5. Debi Damayanti, Eveline M. Wuisan, Alex Binilang (2018)

Judul : Perencanaan Sistem Jaringan Pengolahan Air Limbah Domestik di Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapanget.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan sistem pengolahan air limbah yang belum ada pada lokasi tersebut, yang dapat mengatasi

pencemaran lingkungan dan tanah di Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapanget. Pengolahan Air Limbah menggunakan proses Biofilter Anaerob-Aerob.

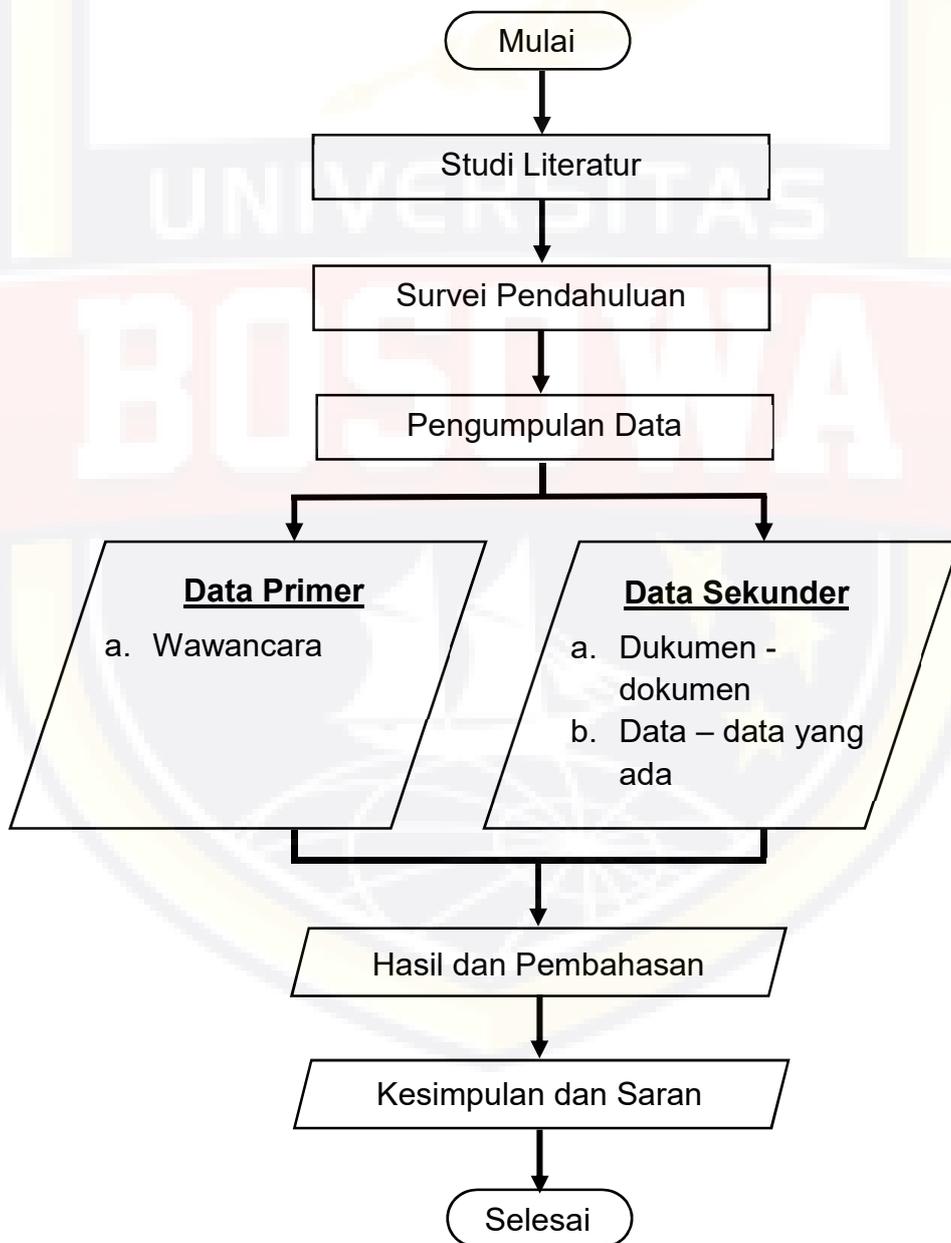
Dari hasil perencanaan didapatkan metode yang digunakan adalah sistem terpusat dan dialirkan secara gravitasi, dikarenakan kontur lokasi mempunyai kemiringan yang cukup, untuk mengurangi pencemaran lingkungan.



BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

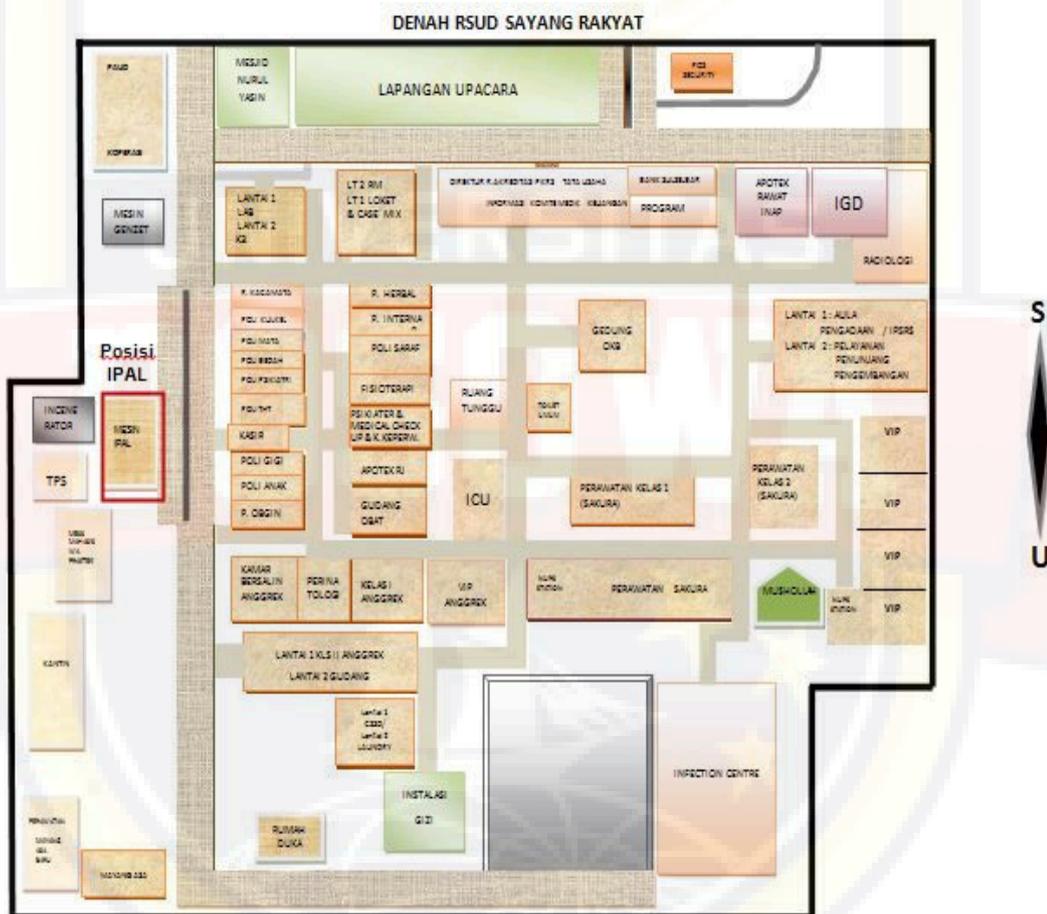
Secara keseluruhan kegiatan penyusunan skripsi ini dapat dilihat pada bagan alir berikut ini :



Gambar 3.1. Bagan alir penelitian

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi Penelitian terletak di RSUD Sayang Rakyat yang merupakan salah satu rumah sakit di kota Makassar yang berada di jalan Pahlawan No. 1000 kelurahan Bulurokeng, kecamatan Biringkanaya kota Makassar. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 7-25 September 2020.



Gambar 3.2 Denah RSUD Sayang Rakyat

2. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari studi kepustakaan mempelajari buku, laporan dan data lain yang berhubungan dengan pengolahan limbah cair di rumah sakit.

3.5. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian sebagai berikut :

1. Observasi

Observasi dilakukan dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap lingkungan kerja untuk memperoleh data tentang cara pengolahan limbah cair di RSUD Sayang Rakyat.

2. Wawancara

Teknik wawancara dilakukan dengan mengadakan dialog atau tanya jawab dengan bagian yang terkait yaitu bagian Sanitarian RSUD Sayang Rakyat.

3. Studi Kepustakaan

Studi pustaka merupakan kegiatan untuk menghimpun informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang menjadi obyek penelitian. Informasi tersebut dapat diperoleh dari buku - buku, karya ilmiah, tesis, disertasi, ensiklopedia, internet, dan sumber - sumber lain.

4. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data dan mempelajari dokumen, catatan-catatan rumah sakit yang berhubungan dengan pengolahan limbah cair di rumah sakit.

3.6. Metode Analisis

Setelah data yang diperlukan diperoleh secara keseluruhan, maka data yang ada tersebut dikumpulkan. Kemudian dengan literatur yang sudah didapatkan, maka dapat diperoleh kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Jenis Limbah Cair

4.1.1.1 Limbah Cair Medis

Limbah cair medis adalah limbah cair yang mengandung zat beracun, seperti bahan-bahan kimia anorganik. Limbah cair yang dihasilkan mempunyai karakteristik tertentu baik fisik, kimia dan biologi. Limbah rumah sakit bisa mengandung bermacam-macam mikroorganisme tergantung pada jenis rumah sakit, tingkat pengolahan yang dilakukan sebelum dibuang dan jenis sarana yang ada (laboratorium, poliklinik dan lain-lain). Tentu saja dari jenis-jenis mikroorganisme tersebut ada yang bersifat patogen. Limbah rumah sakit seperti halnya limbah lain akan mengandung bahan-bahan organik dan anorganik, yang tingkat kandungannya dapat ditentukan dengan uji air kotor pada umumnya seperti BOD₅, COD, TSS, pH, mikrobiologik dan lain-lain. Contohnya zat-zat organik yang berasal dari air bilasan ruang bedah dan otopsi apabila tidak dikelola dengan baik atau langsung dibuang ke saluran pembuangan umum akan sangat berbahaya dan dapat menimbulkan bau yang tidak sedap serta mencemari lingkungan.

4.1.1.2 Limbah Cair Non Medis

Limbah cair non medis merupakan limbah rumah sakit yang berupa:

1. Kotoran manusia seperti tinja dan air kemih yang berasal dari kloset dan peturasan di dalam toilet atau kamar mandi.
2. Air bekas cucian yang berasal dari laundry, *kitchen sink*, atau *floor drain* dan ruangan-ruangan di rumah sakit.

4.1.2. Sumber Limbah Cair

Sumber limbah cair yang ada di RSUD Sayang Rakyat berasal dari beberapa ruang yang dibuang ke bak penampungan melalui saluran air limbah rumah sakit yang saluran tertutup dan kedap air yang memenuhi standar. Berikut ini beberapa ruangan yang mengalirkan air limbah yang dikelola sebelum dibuang ke saluran umum seperti :

Tabel 4.1. Sumber limbah cair RSUD Sayang Rakyat

Kelompok	Contoh
Bidang Perawatan	Ruang operasi, ruang persalinan, IGD, ICU, rawat inap, rawat jalan, instalasi rehab medik
Bidang Penunjang	Radiologi, Poliklinik, Laboratorium, <i>infection centre</i> , CSSD, ruang gizi, instalasi sanitasi
Bagian Umum	Kantor, laundry, toilet, mushollah

Sumber : Dokumen rumah sakit

Air limbah rumah sakit bersumber dari seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan rumah sakit yang meliputi :

limbah domestik cair yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, limbah cair klinis yakni air limbah yang berasal dari kegiatan klinis rumah sakit misalnya air bekas cucian luka, cucian darah, air limbah laboratorium dan lainnya. Air limbah rumah sakit yang berasal dari buangan 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 tidak mengandung logam berat sehingga langsung dialirkan ke saluran air dan selanjutnya diolah dengan proses pengolahan secara biologis di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

4.1.3. Pengumpulan Limbah Cair

Air limbah diolah dengan menggunakan sistem RBC (*Rotating Biological Contactor*) dengan kapasitas penampungan 125 ml³/hari, dimana proses ini berlangsung selama 24 jam. Jenis limbah yang dikelola adalah limbah medis cair dan limbah pembuangan dari kamar mandi (*urine/feses*). Setiap ruangan memiliki sumuran atau bak penampungan awal yang dimana akan dipompa ke kotak penampungan/aerasi secara otomatis jika sumuran telah penuh. Untuk lebih jelas proses pengolahan limbah yang dilakukan di RSUD Sayang Rakyat dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1. Alur pengumpulan limbah cair

a. Bak Penampungan Awal

Tahap awal dalam pengolahan limbah cair yaitu dilakukan proses penyaluran dan pengumpulan. Bak yang dilengkapi *screen* yang memiliki fungsi sebagai penyaring sampah-sampah/padatan kasar seperti kertas tissue, plastik, pasir, lumpur, dll yang ada dalam air limbah awal sebelum masuk pada bak berikutnya, dilengkapi dengan *diffuser* untuk menghancurkan tinja (*feces*). Setelah itu air limbah dialirkan menuju bak selanjutnya. Adapun ukuran dimensi bak yaitu 3m x 2m dengan kedalaman bak 2,2m.

Debit limbah = $62,5\text{m}^3/\text{hari} = 2,60\text{m}^3/\text{jam} = 40 \text{ liter}/\text{menit}$

BOD masuk = $300\text{mg}/\text{l}$

$$\text{Skenario efisiensi } \frac{(300 - 225) \times 100\%}{300} = 25\%$$

$$\text{Volume bak yang digunakan } \frac{4 \text{ jam} \times 62,5 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam}} = 10,41 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume efektif aktual} = 3 \text{ m}^3 \times 2 \text{ m}^3 \times 2 \text{ m}^3 = 12 \text{ m}^3$$

$$\text{Cek waktu tinggal} = \frac{12 \text{ m}^3 \times 24 \text{ jam}}{62,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = 4,60 \text{ jam}$$

b. Bak Pemisah Lemak

Bak pemisah lemak berfungsi untuk memisahkan lemak hasil proses dapur di instalasi gizi. Bak pemisah lemak ditempatkan dekat dengan dapur agar pipa pembuangan yang mungkin mengalami gangguan sependek mungkin. Aliran air dari bak pemisah lemak selanjutnya akan masuk kedalam bak kontrol. Adapun ukuran dimensi bak yaitu 2m x 1m x 0,5m dengan kedalaman bak 2m³.

$$\text{Volume aktual} = 1 \text{ m}^3 \times 2 \text{ m}^3 \times 2 \text{ m}^3 = 4 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu tinggal air limbah di bak} = \frac{(4 \text{ m}^3) \times 60 \text{ menit/jam}}{2,60 \text{ m}^3/\text{hari}} = 92,3 \text{ menit}$$

$$\text{Kapasitas IPAL} = 62,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

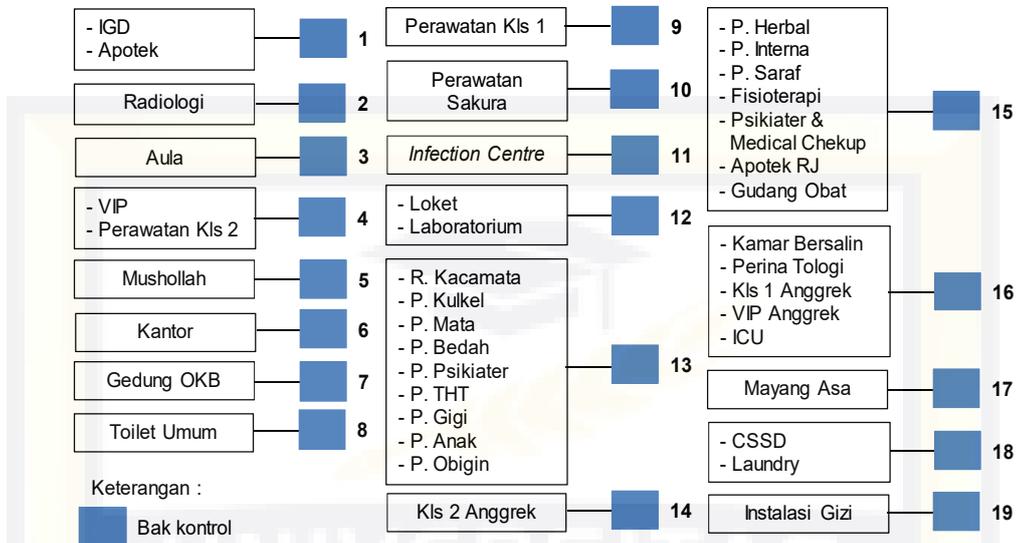
$$\text{Kriteria perencanaan} = 60-120 \text{ menit}$$

Waktu tinggal di dalam bak (Hydraulic Retention Time, HRT) : ± 60menit

$$\text{Volume bak yang diperlukan} = 62,5 \text{ m}^3 : 24 \text{ jam} = 2,60 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Untuk space aktual (1,5-2) kali} = 1,5 \times 2,60 \text{ m}^3 = 3,9 \text{ m}^3$$

c. Bak Kontrol



Gambar 4.2. Letak bak kontrol di RSUD Sayang Rakyat

Bak kontrol merupakan bak untuk memeriksa aliran air limbah apabila terjadi kemacetan dalam sistem jaringan. Bak kontrol di area rumah sakit berjumlah 19 (Gambar 4.2)

Bak kontrol menampung sementara air limbah yang masuk dari seluruh sumber air limbah dirumah sakit dan selanjutnya akan masuk ke pengolahan air limbah dengan menggunakan pompa otomatis oleh mesin *summersible pump* (pompa celup) dari tiap ruangan menuju ke saluran *inlet*, setelah itu diteruskan ke proses IPAL.

Adapun ukuran dimensi bak yaitu 5m x 3m x 0,5m dengan kedalaman bak 2,2m.

Waktu tinggal di dalam bak (HRT) = 8-12 jam

Ditetapkan waktu tinggal = 12 jam

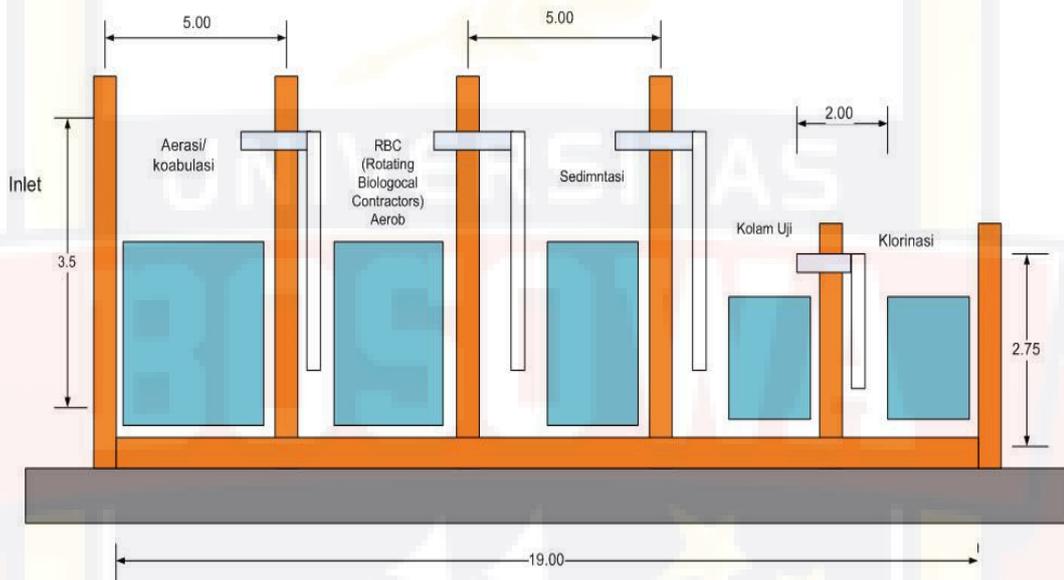
Volume bak yang diperlukan = $\frac{12 \text{ jam} \times 62,5 \text{ m}^3/\text{hr}}{24 \text{ jam}} = 31,25 \text{ m}^3$

Cek waktu tinggal:

$$\text{Volume efektif aktual} = 2,2 \text{ m}^3 \times 3 \text{ m}^3 \times 5 \text{ m}^3 = 33\text{m}^3$$

$$\text{Jadi, waktu tinggal (HRT) dalam bak} = \frac{33\text{m}^3 \times 24 \text{ jam/hari}}{62,5\text{m}^3} = 12,67/\text{jam}$$

4.1.4. Pengolahan Limbah Cair



Gambar 4.3. Proses IPAL

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di RSUD Sayang Rakyat menggunakan sistem RBC (*Rotating Biological Contactors*) dimana unit pengolahan secara biologi. Penggunaan sistem RBC lebih efektif cara pengoperasiannya serta telah sesuai dengan jenis limbah rumah sakit dimana limbah yang dihasilkan memiliki tingkat infeksius yang rendah. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terdiri dari beberapa langkah yaitu:

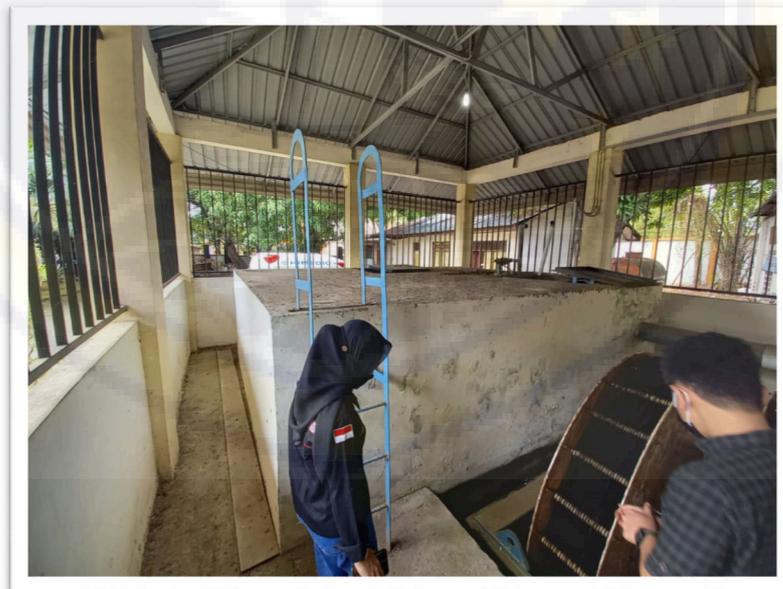
a. Inlet



Gambar 4.4. Inlet

Dari tiap ruangan masing-masing memiliki saluran penampungan seperti sumuran kecil berupa inlet.

b. Bak Aerasi / Koagulasi



Gambar 4.5. Bak Aerasi / Koagulasi

Bak aerasi / koagulasi memiliki luas 6m x 6m x 6m. Limbah diolah secara biologis, dimana pada bagian ini terjadi penguraian zat-zat pencemar (Senyawa Organik). Lumpur atau padatan tersuspensi akan mengendap di bagian ini. Lumpur yang telah mengendap dikumpulkan lalu di pompa ke tabung pengendapan lumpur. Di dalam bak aerasi terdapat pompa yang bekerja secara terus-menerus selama 24 jam memompa dan memberikan oksigen ke air limbah. Dalam bak aerasi terdapat dua proses yakni proses Aerob dan An Aerob.

- Proses Aerob

Dalam proses aerobik, penguraian bahan organik oleh mikro-organisme dapat terjadi dengan kehadiran oksigen sebagai *electron acceptor* dalam air limbah. Proses aerobik dilakukan dengan bantuan lumpur aktif (*activated sludge*), yaitu lumpur yang banyak mengandung bakteri pengurai. Hasil akhir yang dominan dari proses ini bila konversi terjadi secara sempurna adalah karbon dioksida, uap air serta *excess sludge*.

Data yang dihasilkan pada proses Aerob

Debit Limbah = $62,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,60\text{m}^3/\text{jam} = 40\text{L}/\text{menit}$

Perkiraan :

BOD masuk = 75mg/l

BOD keluar = 30mg/l

Efisiensi pengolahan = 60%

Beban BOD didalam air limbah = $62,5\text{m}^3/\text{hari} \times 75\text{g}/\text{m}^3$

= $4,68\text{g}/\text{hari}$

= $0,005\text{kg}/\text{hari}$

Jumlah BOD yang dihilangkan = $0,6 \times 0,005\text{kg}/\text{hr} = 0,003\text{kg}/\text{hr}$

Beban BOD per volume media yang digunakan = $0,5\text{kg}/\text{m}^3\text{hari}$

(berdasarkan hasil percobaan BPPT).

Volume media yang diperlukan = $\frac{0,005\text{kg}/\text{hari}}{0,5\text{kg}/\text{m}^3\text{hari}} = 0,01\text{m}^3$

Volume media = $0,4 \times \text{volume reaktor}$

Volume reaktor biofilter aerob diperlukan = $\frac{100 \times 0,01}{40} = 0,025\text{m}^3$

Waktu tinggal di dalam reaktor anaerob = $\frac{0,025\text{m}^3 \times 24\text{jam}/\text{hari}}{62,5\text{m}^3/\text{hari}} = 1 \text{ jam}$

Waktu tinggal didalam biofilter aerobik rata-rata 1 jam

Tinggi lumpur = 0,5 meter

Tinggi bed media pembiakan mikroba = 1 meter

Tinggi media diatas bed = 30 cm

Volume total media pada biofilter aerobik = $3,2 \times 4 \times 1 = 12,8\text{m}^3$

Cek : BOD loading per volume media

= $\frac{0,005\text{kg}/\text{hari}}{12,8\text{m}^3} = 0,00039 \text{ kg BOD} / \text{m}^3.\text{hari}$

- Adapun kebutuhan Oksigen.

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

Jadi kebutuhan teoritis = Jumlah BOD yang dihilangkan = 0,003 kg/hari.

Faktor keamanan yang ditetapkan $\pm 1,5$

Kebutuhan oksigen teoritis = $1,5 \times 0,003 = 0,0045 \text{ kg/hari}$

Temperatur udara rata-rata = 28 c

Berat udara 28°C = $1,1728 \text{ kg/m}^3$

Diasumsikan jumlah oksigen di dalam udara 23,2%

Jadi jumlah kebutuhan udara teoritis = $\frac{0,0045 \text{ kg/hari}}{1,1728 \text{ kg/m}^3 \times 0,232 \text{ gr O}_2}$
= 0,0038 m³/hari

Efisiensi difuse = 2,5% (gelembung kasar)

Kebutuhan udara aktual = $\frac{0,0038 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,025} = 0,152 \text{ m}^3/\text{hari}$

- Proses An Aerobik

Dalam proses anaerobik, zat organik diuraikan tanpa kehadiran oksigen. Pengolahan dengan anaerobik hasil dari beberapa reaksi yaitu : beban organik dalam limbah dikonversi menjadi bahan organik terlarut yang kemudian dikonsumsi oleh bakteri penghasil asam, kemudian menghasilkan asam lemak mudah menguap, karbondioksida dan hidrogen.

Kelebihan dari pengolahan limbah dengan an aerobik :

1) Tidak diperlukan penambahan nutrien.

2) Ammonia yang diperoleh dari perombakan senyawa kaya protein menyebabkan peningkatan alkalinitas dan membuat sistem menjadi lebih stabil bila terjadi kelebihan beban organik.

Data yang dihasilkan dalam proses An Aerob :

Debit limbah = $62,5\text{m}^3/\text{hari} = 2,60\text{m}^3/\text{jam} = 40\text{L}/\text{menit}$

BOD masuk = 225 mg/l

BOD Keluar = 75 mg/l

Skenario efisiensi = $\frac{(225\text{ mg/l} - 75\text{ mg/l})}{225\text{ mg/l}} \times 100$
= $66,7\%$

Untuk pengolahan air limbah dengan proses biofilter standar :

beban BOD per volume media adalah $0,4-4,7\text{kg BOD}/\text{m}^3.\text{hari}$

Untuk air limbah Rumah Sakit ditetapkan beban BOD yang di gunakan : $0,75\text{kg BOD}/\text{m}^3\text{ media.hari}$

Beban BOD di dalam air limbah = $62,5\text{m}^3/\text{hari} \times 225\text{g}/\text{m}^3 = 14,06\text{ g/hr} = 0,014\text{kg}/\text{hari}$

Volume media yang diperlukan = $\frac{0,014\text{ kg}/\text{hari}}{0,75\text{kg}/\text{m}^3.\text{hari}} = 0,018\text{ m}^3$

Volume media = 50% dari total volume reaktor,

Volume reaktor yang diperlukan = $2 \times 0,018\text{m}^3 = 0,036\text{ m}^3$

Waktu tinggal di dalam reaktor Anaerob = $\frac{0,036\text{ m}^3 \times 24\text{ jam}/\text{hari}}{62,5\text{m}^3/\text{hari}}$
= $0,013\text{jam}$

HRT di dalam reaktor ditetapkan = 0,013 jam

Dimensi :

Lebar = 0,03m

Kedalaman air efektif = 0,2m

Panjang = 2m

Tinggi ruang bebas = 0,5m

Jumlah ruang biofilter anaerob dibagi menjadi dua zona, tiap zona terdiri dari ruang biofilter dengan ukuran 6m x 1m x 2m dan ruang penenang dengan ukuran 6m x 1m x 2m.

Tinggi ruang lumpur = 0,5m

Tinggi bed media pembiakan mikroba = 1m

Tinggi air diatas bed media = 30 cm

Volume total media biofilter anaerob = 6m x 1m x 2m = 12m³

Jika media yang dipakai mempunyai luas spesifik $\pm 62,5 \text{ m}^2/\text{m}^3$, maka BOD loading per luas permukaan media = 0,78 kg BOD/m³.media per hari. Kemudian di proses ke RBC.

c. RBC (*Rotating Biological Contactor*)



Gambar 4.6. RBC

RBC dibuat dari bahan plastik atau polimer yang ringan, bahan yang sering dipakai adalah *Poly Vinyl Clorida* (PVC), *polystyrene*, *Polyethylene* (PE), *polyeprophylene* (PP) dan lainnya. Bentuk yang sering digunakan adalah tipe bergelombang, plat cekung-cembung, plat datar. Desain modul media RBC dirakit menjadi bentuk yang kompak dengan luas permukaan media yang besar dan dibuat agar sirkulasi udara dapat berjalan dengan baik.

Modul media RBC tersebut dipasang tercelup sebagian di dalam reaktor. Air limbah dari bak aerasi dialirkan ke dalam reaktor dengan arah aliran searah dengan sudut putaran media, atau arah aliran air limbah searah dengan poros horizontal.

Di dalam RBC (*Rotating Biological Contactor*) diisi dengan media dari bahan plastik berbentuk sarang tawon. Sistem pengolahan RBC (*Rotating Biological Contactor*) yakni menggunakan mikro-organisme untuk memakan bahan organik. Pada RBC ini di *setting* seperti roda berputar sehingga ketika posisi dibawah (tercelup) mikro-organisme menyerap senyawa organik yang ada dalam air limbah yang mengalir pada permukaan biofilm (lapisan biologis), dan pada saat *biofilm* berada di atas permukaan air, mikro-organisme menyerap oksigen dari udara atau oksigen yang terlarut dalam air untuk menguraikan senyawa organik.

d. Bak Sedimentasi (bak pengendapan)



Gambar 4.7. Bak Sedimentasi

Lumpur yang keluar dari hasil olahan RBC di pompa ke tabung pemekat lumpur dan air yang keluar dari hasil olahan RBC (*Rotating Biological Contactor*) dialirkan ke bak sedimentasi (bak pengendapan), dengan waktu pengendapan \pm 8 jam. Setelah diendapkan, menghasilkan air jernih yang mengalir secara otomatis ke bak berikutnya yaitu bak kolam uji.

Dimensi bak pengendapan yang ditetapkan :

$$\text{Lebar} = 2\text{m}^3$$

$$\text{Kedalaman efektif} = 2\text{m}^3$$

$$\text{Panjang} = 3\text{m}^3$$

$$\text{Volume efektif aktual} = 3\text{m}^3 \times 2\text{m}^3 \times 2\text{m}^3 = 12\text{m}^3$$

$$\text{Cek waktu tinggal} = \frac{12\text{m}^3 \times 24 \text{ jam}}{62,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = 4,60 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban permukaan (survei boarding) rata-rata} &= \frac{62,5\text{m}^3/\text{hari}}{3\text{m}^3 \times 2\text{m}^3 \times 2\text{m}^3} \\ &= 5,20 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

e. Bak Kolam Uji



Gambar 4.8. Bak Kolam Uji

Setelah bak sedimentasi (bak pengendapan), dilanjutkan ke tahap bak kolam uji berisi air yang sudah bersih dan jernih tetapi masih memiliki bakteri *Escherichia Coli* (*E.Coli*) yang tinggi, kemudian di filtrasi dengan menambahkan kaporit untuk membunuh bakteri tersebut. Ikan Mas Koi sebagai indikator apakah air limbah sudah sesuai kadar aman apabila di buang ke lingkungan. Selanjutnya dialirkan ke bak klorinasi.

f. Bak Klorinasi

Bak klorinasi ini berfungsi untuk membuat hasil limbah lebih steril dari bakteri *E.Coli*, bakteri patogen atau virus lainnya. Proses ini dilakukan dengan cara diberi senyawa klorin untuk membunuh bakteri patogen tersebut. Setelah itu air limbah sudah boleh dibuang ke badan air (outlet).

g. Unit / Tabung Pengering Lumpur



Gambar 4.9. Tabung Pengering Lumpur

Pengumpulan lumpur dari bak aerasi dan bak sedimentasi (pengendapan) yang kemudian di pekatkan dengan cara didiamkan kurang lebih 25 jam, kemudian di tampung pada tabung pengering lumpur.

h. Kontrol Panel



Gambar 4.10. Kontrol Panel

Kontrol panel berfungsi sebagai pengendali atau pengatur peralatan yang mutlak dituntut untuk selalu siap (tidak bermasalah). Jika panel bermasalah, otomatis fungsi peralatan menjadi terganggu. Panel kontrol berisi perangkat elektronik yang sangat peka terhadap suhu. Upayakan suhu dalam panel tidak terlalu panas.

i. Pompa



Gambar 4.11. Pompa

Pompa sebagai alat pemindah air peranannya sangat penting. Pompa Celup (*summersible pump*) bertujuan memompa air limbah secara terus-menerus selama 24 jam.

Debit air limbah = $62,5\text{m}^3/\text{hari} = 2,60\text{m}^3/\text{jam} = 40 \text{ liter}/\text{menit}$.

Spesifikasi Pompa :

- Tipe = Pompa Celup

- Kapasitas = 50-100
- Total head = 5m
- Output listrik = 500 watt, 220 volt
- Bahan = Stainless Steel
- Diameter outlet = 2 inch
- Jumlah pompa = 2 unit

Volume aktual = $5\text{m}^3 \times 2\text{m}^3 \times 2\text{m}^3 = 20\text{m}^3$

Untuk pengecekan :

- Waktu tinggal (*retention time*) rata-rata (T)

$$T = \frac{20\text{m}^3 \times 24\text{jam/hari}}{62,5\text{m}^3/\text{hari}}$$

$$T = 7,68 \text{ jam}$$

4.2. Hasil Uji Laboratorium Limbah Cair

RSUD Sayang Rakyat melakukan swapantau setiap bulan dengan melakukan pemeriksaan parameter kualitas limbah cair. Adapun hasil uji laboratorium limbah cair di bulan September – Oktober 2020 dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Hasil uji laboratorium limbah cair

No.	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian				Batas Mutu Yang Diperbolehkan
			Bulan September - Oktober 2020				
			September	Ket	Oktober	Ket	
INLET							
A. Fisika							
1	TSS	mg/L	21	MS	56	MS	30
B. Kimia							
2	pH	-	6,93	MS	7,69	MS	6,0 - 9,0
3	BOD	mg/L	27,3	MS	48,6	MS	30
4	COD	mg/L	69,4	MS	44,2	MS	100
5	Minyak dan Lemak*	mg/L	2,3	MS	2,2	MS	5
6	Amonisa Bebas	mg/L	18	MS	0,64	MS	10
C. Mikrobiologi							
7	Total Coliform**	Jumlah/100mL	11.000	TMS	11.000	TMS	3.000
OUTLET							
A. Fisika							
1	TSS	mg/L	11	MS	12	MS	30
B. Kimia							
2	pH	-	7,21	MS	7,98	MS	6,0 - 9,0
3	BOD	mg/L	25,7	MS	20,1	MS	30
4	COD	mg/L	66,7	MS	4	MS	100
5	Minyak dan Lemak*	mg/L	<2,0	MS	<2,0	MS	5
6	Amonisa Bebas	mg/L	<0,028	MS	<0,028	MS	10
C. Mikrobiologi							
7	Total Coliform**	Jumlah/100mL	750	TMS	230	TMS	3.000

*) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

***) Parameter Belum Terakreditasi

Sumber : Dokumen rumah sakit

4.3. Keunggulan dan Kelemahan RBC

Sistem RBC (*Rotating Biological Contactor*) memiliki keunggulan dan kelemahan, antara lain :

1. Keunggulan RBC (*Rotating Biological Contactor*)

Beberapa keunggulan proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC (*Rotating Biological Contactor*) antara lain :

- a. Pengoprasian alat serta perawatannya mudah.
- b. Konsumsi energi lebih rendah.
- c. Lumpur yang dihasilkan lebih sedikit.

- d. Dapat dipasang beberapa tahap (multi stage), sehingga tahan terhadap fluktuasi beban pengolahan.
 - e. Reaksi nitrifikasi lebih mudah terjadi, sehingga efisiensi penghilangan ammonium lebih besar.
 - f. Tidak terjadi bulking ataupun butih (foam) seperti pada proses lumpur aktif.
2. Kelemahan RBC (*Rotating Biological Contactor*)

Sedangkan beberapa kelemahan proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC (*Rotating Biological Contactor*) antara lain :

- a. Pengontrolan jumlah mikro-organisme sulit dilakukan.
- b. Sensitif terhadap perubahan temperatur.
- c. Kadang-kadang konsentrasi BOD air olahan masih tinggi.
- d. Dapat menimbulkan pertumbuhan cacing rambut.
- e. Kadang-kadang timbul bau kurang busuk.

4.4. Efisiensi Pengolahan Limbah Cair

Pengaliran air limbah di RSUD Sayang Rakyat menggunakan sistem pompanisasi dikarenakan bangunan IPAL letaknya lebih tinggi dari letak saluran pembuangan air limbah, air limbah dikumpulkan terlebih dahulu dalam suatu bak penampungan kemudian di pompakan ke proses IPAL. Sistem pompanisasi ini memiliki kekurangan yakni :

1. Banyak biaya yang digunakan untuk penggunaan pompa.
2. Biaya penggunaan listrik besar.

3. Jika pompa yang digunakan terbakar/rusak, akan sulit untuk melakukan penggantian dengan pompa yang baru / melakukan service.

4. Dibutuhkan banyak tenaga untuk memonitoring

Sedangkan sistem pengaliran gravitasi ini dapat digunakan dari segi konstruksi apabila letak bangunan IPAL lebih rendah dari saluran pembuangan air limbah. Sistem gravitasi ini memiliki kelebihan yakni :

1. Segi hidrolis pengaliran untuk menjamin pengaliran air limbah dengan kecepatan aliran minimum.
2. Segi ekonomis, tidak membutuhkan banyak biaya.
3. Kemudahan memperoleh materialnya.

Dari penjelasan tersebut, penggunaan sistem pompanisasi kurang efisien dikarenakan tidak dapat meminimalisir biaya pengeluaran. Oleh karena itu, maka dapat digunakan sistem gravitasi. Sistem ini dapat digunakan untuk mengalirkan air limbah dari tempat yang lebih tinggi secara gravitasi ke saluran IPAL.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diberi kesimpulan sebagai berikut :

1. Mekanisme pengolahan limbah cair pada RSUD Sayang Rakyat telah dilakukan secara biologis yaitu dengan memanfaatkan aktivitas kehidupan mikro-organisme untuk memakan bahan organik. Adapun sistem yang digunakan yaitu sistem RBC (Rotating Biological Contactor). Penggunaan RBC ini telah sesuai dengan jenis limbah cair di RSUD Sayang Rakyat, dimana limbah yang dihasilkan memiliki tingkat infeksius yang rendah (tidak mengandung senyawa polutan organik yang cukup tinggi).
2. Penggunaan sistem pompanisasi kurang efisien. Oleh karena itu, apabila letak IPAL lebih rendah dari saluran pembuangan air limbah, maka dapat digunakan sistem gravitasi. Sistem ini dapat digunakan untuk mengalirkan air limbah dari tempat yang lebih tinggi secara gravitasi ke saluran IPAL.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diberi saran sebagai berikut :

1. Pengolahan limbah cair di RSUD Sayang Rakyat memenuhi syarat untuk penggunaan sistem STP (*Sewage Treatment Plant*), dimana pada sistem tersebut air yang dihasilkan dapat di manfaatkan untuk penyiraman tanaman dan lain-lain.
2. Bagi pihak rumah sakit kiranya membuat sebuah skema pengolahan limbah cair yang ada di Rumah Sakit secara terstruktur sehingga bisa menjadi tempat informasi baik bagi pengunjung rumah sakit maupun mahasiswa yang ingin melakukan studi pembelajaran mengenai sistem pengolahan limbah cair.

DAFTAR PUSTAKA

B, Rahmat., dan Anwar Mallongi, 2018. "Studi Karakteristik Dan Kualitas Bod Dan Cod Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Lanto Dg. Pasewang Kabupaten Jeneponto", Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan, Vol 1, Universitas Hasanuddin.

Depkes RI. 2004. *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204 Tahun 2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit*. Jakarta: Ditjen PPM dan PLP.

KLH RI. 1995. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 58 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Rumah Sakit*. Jakarta : Kementerian Lingkungan Hidup RI.

Kementerian Kesehatan RI, 2011. Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI Direktorat Jenderal Bina Upaya Kesehatan. Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, Jakarta.

Ningrum, Prehatin Trirahayu., dan Nita Nurinda Khalista, 2014. "Gambaran Pengelolaan Limbah Cair Di Rumah Sakit X Kabupaten Jember", Jurnal IKESMA, Vol 1, Universitas Jember.

Said,NI. 2005. "Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Reaktor Biologis Putar (*Rotating Biological Contractor*) dan Parameter Disain", Jurnal Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan BPPT

Siregar, Sakti A., 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*, Yogyakarta : Kanisius.

Soeparman dan Suparmin, 2002, *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Sugiyono, 2012. "Metode Penelitian Kualitatif dan R&D", Bandung : CV. Alfabeta.

Waang, Delila Grez. dkk. 2016. "Analisis Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Dan Penilaian Masyarakat Terhadap Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Umum W. Z. Yohanes Kupang", Jurnal Bumi Lestari, Vol 16, Universitas Nusa Cendana Kupang.

Resel, Denis. dkk. 2015. "Efisiensi Kinerja Sistem IPAL RBC (Rotating Biological Contactor) Di Kelurahan Bontang Kuala, Kota Bontang Dalam Menurunkan Nilai Total Fecal coliform", Jurnal Science East Borneo, Vol 3, Universitas Mulawarman.

Kurniawan, Yovi, 2016. "Sistem Pengolahan Limbah Cair Pada IPAL PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan Pasuruan", Journal Knowledge Industrial Engineering (JKIE), Vol 03, PT. TIV Pandaan Kabupaten Pasuruan.

Damayanti, Debi. dkk. 2018. "Perencanaan Sistem Jaringan Pengolahan Air Limbah Domestik di Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapanget", Jurnal Sipil Statik, Vol 6, Universitas Sam Ratulangi Manado.



LAMPIRAN DOKUMENTASI

DOKUMENTASI











