

SKRIPSI

**EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
(IPAL) RUMAH SAKIT UMUM DAERAH LABUANG BAJI KOTA
MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUJAHIDAH IZZATUL JANNAH
D131 19 027**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH SAKIT UMUM DAERAH LABUANG BAJI KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

Mujahidah Izzatul Jannah
D131191027

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 20 Februari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc.
NIP 194306122018016000

Pembimbing Pendamping,



Nur An-nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc.
NIP 199201142021074001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER.
NIP 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Mujahidah Izzatul Jannah
NIM : D131 19 1027
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
RUMAH SAKIT UMUM DAERAH LABUANG BAJI KOTA MAKASSAR

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 29 Februari 2024

Yang Menyatakan



Mujahidah Izzatul Jannah

ABSTRAK

MUJAHIDAH IZZATUL JANNAH. *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Daerah Labuang Baji Kota Makassar* (dibimbing oleh Mary Selintung dan Nur An-nisa Putry Mangarengi)

Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Labuang Baji Kota Makassar merupakan rumah sakit kelas B milik Provinsi Sulawesi Selatan yang menjadi rujukan untuk berbagai daerah di Sulawesi Selatan. Dalam proses kegiatannya, rumah sakit menghasilkan air limbah yang terdiri dari air limbah medis dan air limbah non medis. Air limbah tersebut umumnya mengandung senyawa yang dapat bersifat beracun dan mengandung patogen yang dapat membahayakan jika langsung dibuang ke badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Oleh sebab itu, diperlukan Instalasi Pengolahan Air Limbah agar memenuhi nilai baku mutu yang dipersyaratkan sebelum dibuang ke badan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas kinerja dan meninjau kesesuaian desain tiap unit IPAL berdasarkan data yang didapatkan sebelumnya. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian air limbah terhadap 17 parameter pada 8 titik sampel yang kemudian akan menjadi data acuan dalam menentukan efektivitas kinerja IPAL.

Berdasarkan hasil efektivitas kinerja IPAL didapatkan bahwa secara keseluruhan IPAL telah sangat efisien dalam menyisihkan polutan yang terkandung dalam air limbah dan semua parameter telah memenuhi baku mutu yang ada kecuali parameter total coliform didapatkan hasil sebesar 3288 MPN/100 mL sedangkan baku mutu total coliform adalah 3000 MPN/100 mL dan parameter fosfat didapatkan hasil sebesar 4,72 mg/L sedangkan baku mutu fosfat adalah 3000 MPN/100 mL. Untuk evaluasi kinerja IPAL, pada bak sedimentasi didapatkan nilai efisiensi removal TSS hanya sebesar 30% dimana nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan standar nilai yang ada. Nilai *overflow rate*, nilai froude, dan nilai waktu tinggal hidrolis tidak memenuhi standar nilai yang ada. Pada evaluasi biofilter anaerob-aerob didapatkan nilai efisiensi removal BOD hanya sebesar 64% dimana nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan standar nilai yang ada. Nilai waktu tinggal hidrolis dan *nilai organic loading rate* tidak memenuhi standar nilai yang ada. Pada evaluasi kinerja bak disinfeksi didapatkan nilai efisiensi removal total coliform hanya sebesar 74% dimana nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan standar nilai yang ada.

Kata Kunci: Air limbah, Instalasi Pengolahan Air Limbah, Evaluasi IPAL

ABSTRACT

MUJAHIDAH IZZATUL JANNAH. *Performance Evaluation of The Wastewater Treatment Plant of Labuang Baji Region General Hospital Makassar* (supervised by Mary Selintung and Nur An-nisa Putry Mangarengi)

The Labuang Baji Regional General Hospital (RSUD) Makassar City is a class B hospital belonging to South Sulawesi Province which is a reference for various regions in South Sulawesi. In the process of its activities, hospitals produce waste water consisting of medical waste water and non-medical waste water. This waste water generally contains compounds that can be toxic and contain pathogens that can be dangerous if directly discharged into water bodies without prior treatment. Therefore, wastewater treatment plants are required to meet the required quality standard values before being discharged into water bodies. This research aims to determine the effectiveness of performance and review the suitability of the design of each IPAL unit based on previously obtained data. This research was carried out by testing waste water on 17 parameters at 8 sample points which will then become reference data in determining the effectiveness of IPAL performance.

Based on the results of the effectiveness of the IPAL performance, it was found that overall the IPAL was very efficient in removing pollutants contained in wastewater and all parameters met existing quality standards except for the total coliform parameter, the result was 3288 MPN/100 mL while the total coliform quality standard was 3000 MPN /100 mL and the phosphate parameter yield was 4.72 mg/L while the phosphate quality standard was 3000 MPN/100 mL. To evaluate the performance of the WWTP, in the sedimentation tank, the TSS removal efficiency value was only 30%, which is lower than the existing standard value. The overflow rate, froude value, and hydraulic residence time values do not meet existing standard values. In the evaluation of the anaerobic-aerobic biofilter, the BOD removal efficiency value was only 64%, which is lower than the existing standard value. The hydraulic residence time and organic loading rate values do not meet existing standard values. In evaluating the performance of the disinfection tank, the total coliform removal efficiency value was only 74%, which is lower than the existing standard value.

Keywords: Wastewater, Wastewater Treatment Plant, Performance Evaluation of the Wastewater Treatment Plant

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Rumah Sakit.....	4
2.2 Air Limbah Rumah Sakit.....	5
2.3 Pemakaian Air Rumah Sakit.....	10
2.4 Pengolahan Air Limbah.....	12
2.5 Unit-Unit IPAL.....	20
2.6 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit.....	36
BAB III METODE PENELITIAN.....	38
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	38
3.2 Variabel Penelitian.....	38
3.3 Sampel.....	39
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	41
3.5 Teknik Analisis Data.....	42
3.6 Karakteristik Tiap Sumber Air Limbah.....	44
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	46
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Air Limbah RSUD Labuang Baji.....	47
4.2 Analisis Karakteristik Air Limbah.....	50
4.3 Kondisi Eksisting IPAL.....	71
4.4 Analisis Efisiensi Kinerja IPAL.....	85
4.5 Perhitungan <i>Mass Balance</i>	89
4.6 Evaluasi IPAL.....	91
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	99
5.1 Kesimpulan.....	99
5.2 Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alternatif teknologi dengan pengolahan secara biologis.....	15
Gambar 2. Bar screen.....	21
Gambar 3. Unit grease trap	24
Gambar 4. Unit bak sedimentasi persegi panjang.....	27
Gambar 5. Unit bak sedimentasi berbentuk lingkaran.....	27
Gambar 6. Mekanisme penguraian polutan pada proses anaerobik.....	30
Gambar 7. Mekanisme proses penghilangan polutan pada biofilter.....	32
Gambar 8. Proses breakpoint chlorination.....	36
Gambar 9. Lokasi penelitian	38
Gambar 10. Titik pengambilan sampel	40
Gambar 11. Diagram alir penelitian.....	46
Gambar 12. Diagram alir pengolahan air limbah.....	49
Gambar 13. Grafik nilai pH	51
Gambar 14. Grafik analisis konsentrasi BOD.....	52
Gambar 15. Grafik analisis konsentrasi COD.....	53
Gambar 16. Grafik analisis konsentrasi TSS	54
Gambar 17. Grafik analisis konsentrasi minyak lemak	55
Gambar 18. Grafik analisis konsentrasi fosfat	56
Gambar 19. Grafik analisis konsentrasi amonia	57
Gambar 20. Grafik analisis konsentrasi total coliform	58
Gambar 21. Grafik analisis konsentrasi besi (Fe).....	59
Gambar 22. Grafik analisis konsentrasi tembaga (Cu).....	60
Gambar 23. Grafik analisis konsentrasi seng (Zn).....	61
Gambar 24. Grafik analisis konsentrasi kromium (Cr).....	62
Gambar 25. Grafik analisis konsentrasi cadmium (Cd).....	63
Gambar 26. Grafik analisis konsentrasi timbal (Pb).....	64
Gambar 27. Grafik analisis konsentrasi nikel (Ni).....	65
Gambar 28. Grafik analisis konsentrasi cobalt (Co).....	66
Gambar 29. Bak kontrol ruang pelayanan eksisting	72
Gambar 30. Detail bak kontrol ruang pelayanan	72
Gambar 31. Bak kontrol laundry eksisting	73
Gambar 32. Detail bak kontrol laundry.....	73
Gambar 33. Bak kontrol laboratorium eksisting.....	74
Gambar 34. Detail bak kontrol laboratorium	74
Gambar 35. Bak kontrol instalasi gizi eksisting.....	75
Gambar 36. Detail bak kontrol instalasi gizi.....	75
Gambar 37. Grease trap eksisting	76
Gambar 38. Detail bak grease trap.....	77
Gambar 39. Unit pre-treatment laboratorium eksisting	78
Gambar 40. Detail bak kontrol laboratorium	78
Gambar 41. Bak sedimentasi eksisting	80
Gambar 42. Detail bak sedimentasi	80

Gambar 43. Unit biofilter anaerob-aerob eksisting.....	81
Gambar 44. Detail unit biofilter anaerob-aerob	82
Gambar 45. Kolam indikator eksisting	83
Gambar 46. Detail kolam indikator.....	83
Gambar 47. Unit disinfeksi eksisting.....	84
Gambar 48. Detail unit disinfeksi	85
Gambar 49. Mass balance	90
Gambar 50. Hubungan antara beban organik dengan efisiensi penyisihan	96

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sumber dan karakteristik air limbah rumah sakit.....	6
Tabel 2. Standar kebutuhan air rumah sakit	12
Tabel 3. Pengaplikasian pengolahan secara kimia dalam pengolahan air limbah.	13
Tabel 4. Perbedaan pengolahan anaerob dan aerob	14
Tabel 5. Detail pemeriksaan desain IPAL pada saat pembangunan	19
Tabel 6. Kriteria desain <i>bar screen</i>	21
Tabel 7. Kriteria bak ekualisasi	24
Tabel 8. Variasi waktu detensi berdasarkan kedalaman bak dan nilai <i>overflow rate</i>	26
Tabel 9. Kriteria desain dimensi bak sedimentasi	27
Tabel 10. Kriteria desain biofilter anaerob-aerob.....	33
Tabel 11. Baku mutu air limbah bagi fasilitas pelayanan kesehatan yang melakukan pengolahan limbah domestik	37
Tabel 12. Baku mutu air limbah bagi fasilitas pelayanan kesehatan yang melakukan pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun	37
Tabel 13. Metode pengujian yang digunakan untuk analisis sampel	42
Tabel 14. Kriteria aspek evaluasi	44
Tabel 15. Hasil pengukuran pH.....	50
Tabel 16. Hasil analisis <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD).....	51
Tabel 17. Hasil analisis <i>Chemical Oxygen Demand</i> (BOD)	52
Tabel 18. Hasil analisis <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	53
Tabel 19. Hasil analisis minyak dan lemak	54
Tabel 20. Hasil analisis fosfat	55
Tabel 21. Hasil analisis amonia.....	56
Tabel 22. Hasil analisis total coliform.....	57
Tabel 23. Hasil analisis logam besi (Fe)	58
Tabel 24. Hasil analisis logam tembaga (Cu).....	59
Tabel 25. Hasil analisis seng (Zn)	60
Tabel 26. Hasil analisis kromium (Cr)	61
Tabel 27. Hasil analisis kadmium (Cd)	62
Tabel 28. Hasil analisis timbal (Pb)	63
Tabel 29. Hasil analisis nikel (Ni).....	64
Tabel 30. Hasil analisis cobalt (Co)	65
Tabel 31. Hasil analisis karakteristik IPAL	67
Tabel 32. Hasil analisis efisiensi removal bak sedimentasi	86
Tabel 33. Hasil analisis efisiensi removal biofilter anaerob-aerob	86
Tabel 34. Efisiensi removal IPAL secara keseluruhan	88
Tabel 35. Evaluasi kinerja bak pra-sedimentasi	91
Tabel 36. Evaluasi kinerja biofilter anaerob-aerob	94
Tabel 37. Evaluasi kinerja unit disinfeksi	97

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
HLR	<i>Hydraulic Loading Rate</i>
HRT	<i>Hydraulic Retention Time</i>
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah
kg/m ³	Kilogram per meter kubik
m	Meter
mg/L	<i>Milligram per liter</i>
Q	Debit
RSUD	Rumah Sakit Umum Daerah
SNI	Standar Nasional Indonesia
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan.....	103
Lampiran 2. Dokumentasi.....	128
Lampiran 3. Surat Hasil Pengujian	129
Lampiran 4. Baku Mutu Acuan.....	155

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa karena atas berkat Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir dengan judul “Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Daerah Labuang Baji Kota Makassar”. Penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta adik penulis sebagai penyemangat penulis dalam menyelesaikan perkuliahan yang senantiasa memberikan dukungan baik berupa materiil dan moril serta selalu mendoakan hal-hal baik kepada penulis.
2. Keluarga besar H. Bambang Darmoputro yang selalu memberikan dukungan moril dan mendoakan hal-hal baik kepada penulis.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc dan Ibu Nur An-Nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak pengarahan dan bimbingan serta ilmu kepada penulis selama proses penyelesaian tugas akhir.
4. Ibu Harslawati selaku Kepala Instalasi Kesehatan Lingkungan RSUD Labuang Baji Kota Makassar yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian serta Ibu Sukma dan Ibu Ijah selaku staff Instalasi Kesehatan Lingkungan RSUD Labuang Baji Kota Makassar yang telah banyak membantu pada saat penulis melakukan penelitian.
5. Bapak dan ibu dosen Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama penulis berkuliah serta seluruh staff administrasi Departemen Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu penulis terkait masalah administrasi.
6. Pak Syarifuddin, S.T yang telah membantu penulis dalam melakukan pengujian serta memberikan banyak ilmu terkait pengujian kualitas air.
7. Anggota Taman Bunga (Nisa, Inu, Vivi, Dhea, Danti, Nuaz, Hana, dan Cesha), Rahma, Yura, Sarah, dan Ikka yang telah sabar menjadi tempat berkeluh kesah penulis dan menjadi penyemangat serta penenang penulis selama mengerjakan tugas akhir.

8. Didik, Firman, Bagas, dan Mas Rubi yang telah banyak membantu penulis serta menjadi teman berdiskusi terkait penelitian.
9. Teman-teman Angkatan 2019 Teknik Lingkungan Unhas dan Rekan-Rekan Asisten Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan Unhas yang banyak membantu penulis dan memberikan dukungan moril.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan ini dapat memberi informasi bagi para pembaca dan bermanfaat untuk pengembangan wawasan dan peningkatan ilmu pengetahuan bagi kita semua.

Makassar, 05 Desember 2023

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah sakit merupakan salah satu infrastruktur pelayanan publik yang berfokus pada bidang kesehatan. Selain memberikan pelayanan kesehatan, rumah sakit juga dapat menjadi medium penularan penyakit sebab dalam kegiatan operasionalnya rumah sakit akan menghasilkan limbah baik berupa limbah medis maupun limbah non medis yang berbentuk padat, cair, maupun gas. Limbah medis umumnya berasal dari fasilitas pelayanan medik maupun laboratorium dimana limbah ini bersifat infeksius serta beracun. Sedangkan limbah non medis umumnya berasal non medis seperti kegiatan dapur dan kegiatan perkantoran. Pengelolaan dan pengolahan limbah merupakan suatu kewajiban bagi rumah sakit agar limbah yang dihasilkan tidak memberikan efek negatif baik bagi lingkungan maupun bagi kesehatan serta dapat memberikan kenyamanan bagi seluruh karyawan, pasien, pengunjung, maupun masyarakat di sekitar rumah sakit.

Air limbah rumah sakit merupakan seluruh limbah cair yang dihasilkan dari proses kegiatan di rumah sakit meliputi air limbah domestik, air limbah klinis, dan air limbah laboratorium. Air limbah rumah sakit terdiri dari air limbah medis dan air limbah non medis. Air limbah rumah sakit umumnya mengandung senyawa organik yang tinggi dan mengandung logam berat serta mengandung mikroorganisme patogen (Kementerian Kesehatan, 2011). Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengolahan khusus terhadap air limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Sehingga diperlukan adanya instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk mengolah air limbah agar memenuhi nilai baku mutu yang dipersyaratkan sebelum dibuang ke badan air. IPAL merupakan rangkaian unit pengolahan limbah cair yang bertujuan untuk mengolah air limbah berdasarkan karakteristik dari limbah cair yang berasal dari beberapa sumber agar polutan yang terkandung pada air limbah dapat dihilangkan.

Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Labuang Baji merupakan rumah sakit tipe B yang dimiliki oleh pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan yang terletak di Kota Makassar. Rumah sakit ini merupakan salah satu rumah sakit rujukan untuk

berbagai daerah di Sulawesi Selatan. RSUD Labuang Baji memiliki IPAL yang mengolah limbah cair yang berasal dari ruang pelayanan, instalasi gizi, instalasi laundry, dan laboratorium. IPAL yang beroperasi saat ini merupakan IPAL yang telah mengalami redesain sebab IPAL yang sebelumnya sudah tidak dapat mengolah air limbah sebagaimana mestinya dikarenakan air limbah yang dihasilkan sudah melampaui kapasitas pengolahan yang ada. Penambahan volume air limbah ini disebabkan oleh adanya pembangunan gedung baru yang dilakukan oleh RSUD Labuang Baji. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prastiwi (2015) menyebutkan bahwa penambahan tempat tidur dan pegawai akan menyebabkan penambahan debit yang berakibat pada peningkatan kualitas hasil air olahan sehingga dapat mengakibatkan konsentrasi parameter pencemar melewati batas baku mutu yang telah ditentukan. Berdasarkan perhitungan diperkirakan bahwa pada tahun 2020 rumah sakit akan mengalami penambahan jumlah tempat tidur menjadi 341 TT dari jumlah tempat tidur sebanyak 325 TT pada tahun 2015. Hal ini kemudian mempengaruhi debit air limbah yang dihasilkan dimana pada tahun 2020 debit air limbah di prediksi menjadi $315,70 \text{ m}^3/\text{hari}$ sedangkan pada tahun 2015 volume air limbah yang dihasilkan hanya sebesar $302,80 \text{ m}^3/\text{hari}$. Peningkatan volume debit ini ternyata memiliki pengaruh terhadap peningkatan konsentrasi parameter pencemar yang mengakibatkan IPAL tidak berjalan secara optimal. Peningkatan konsentrasi ini antara lain adalah peningkatan nilai BOD dari 5 mg/L menjadi $22,73 \text{ mg/L}$ dimana nilai ini merupakan nilai yang hampir mendekati nilai baku mutu yang dipersyaratkan, NH_3 dari $0,1 \text{ mg/L}$ menjadi $1,15 \text{ mg/L}$ dimana nilai NH_3 ini telah melewati baku mutu yang dipersyaratkan, PO_4 dari $2,7 \text{ mg/L}$ menjadi $28,15 \text{ mg/L}$ dimana nilai PO_4 ini sudah sangat jauh nilai nya dari baku mutu yang dipersyaratkan.

IPAL RSUD Labuang Baji merupakan IPAL yang terbilang baru sebab baru beroperasi pada tahun 2019 sehingga belum ada yang melakukan penelitian terhadap kinerjanya. Sehingga dibutuhkan adanya studi terkait dengan kinerja IPAL untuk mengetahui apakah IPAL sudah beroperasi secara optimal dan kualitas air olahannya telah memenuhi standar. Selain itu, dengan melakukan evaluasi terhadap kinerja IPAL kita juga dapat mengetahui apakah terdapat permasalahan

pada IPAL dalam mengolah air limbah sehingga dapat menjadi saran bagi rumah sakit dalam meningkatkan kualitas effluent air limbah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana efektivitas kinerja IPAL RSUD Labuang Baji Kota Makassar terhadap air hasil olahan?
2. Meninjau kesesuaian desain tiap unit IPAL RSUD Labuang Baji Kota Makassar dengan kriteria desain yang ada.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui efektivitas kinerja IPAL RSUD Labuang Baji Kota Makassar terhadap air hasil olahan.
2. Untuk meninjau ulang kesesuaian desain tiap unit IPAL RSUD Labuang Baji Kota Makassar sesuai dengan kriteria desain yang ada.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah sebagai bahan informasi mengenai efisiensi kinerja dan *review* desain IPAL kepada pihak RSUD Labuang Baji sebagai upaya pengoptimalan kinerja IPAL.

1.5 Ruang Lingkup

1. Lokasi penelitian berada di IPAL RSUD Labuang Baji Kota Makassar.
2. Obyek yang diteliti yaitu efisiensi kinerja pengolahan IPAL dan desain tiap unit dibandingkan dengan kriteria desain.
3. Parameter yang diuji adalah parameter pH, BOD, COD, TSS, TDS, Minyak lemak, Amonia Nitrogen, Total Coliform, Fe, Cu, Zn, Cr, Cd, Pb, Ni, Co.
4. Lokasi pengujian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Balai Besar Kesehatan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumah Sakit

Rumah sakit merupakan institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat. (Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 3 Tahun 2020) Rumah sakit bertujuan untuk memberikan pelayanan secara komprehensif, penyembuhan penyakit, serta pencegahan penyakit kepada masyarakat. Selain itu, rumah sakit juga menjadi pusat penelitian dan pelatihan bagi tenaga kesehatan.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 3 Tahun 2020 rumah sakit berdasarkan jenis pelayanannya terbagi menjadi:

1. Rumah Sakit Umum

Rumah sakit umum merupakan rumah sakit yang memberikan pelayanan kesehatan pada semua bidang dan jenis penyakit dengan jenis pelayanan yang diberikan minimal adalah pelayanan medik dan penunjang medik, pelayanan keperawatan, dan pelayanan non medik

2. Rumah Sakit Khusus

Rumah sakit khusus adalah rumah sakit yang memberikan pelayanan utama pada satu bidang tertentu berdasarkan pada disiplin ilmu, golongan umur, organ, jenis penyakit, atau kekhususan lainnya dengan jenis pelayanan yang diberikan minimal adalah pelayanan medik dan penunjang medik, pelayanan keperawatan dan atau kebidanan, dan pelayanan non medik.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 3 Tahun 2020 Rumah sakit umum dan rumah sakit berdasarkan klasifikasinya terbagi menjadi rumah sakit kelas A, Kelas B, Kelas C dan Kelas D dengan penjabaran sebagai berikut:

1. Kelas A

Rumah sakit dengan tipe kelas A merupakan rumah sakit yang memiliki ketersediaan tempat tidur minimal 250 buah untuk rumah sakit umum dan minimal 100 buah untuk rumah sakit khusus.

2. Kelas B

Rumah sakit dengan tipe kelas B merupakan rumah sakit yang memiliki ketersediaan tempat tidur minimal 200 buah untuk rumah sakit umum dan minimal 75 buah untuk rumah sakit khusus.

3. Kelas C

Rumah sakit dengan tipe kelas C merupakan rumah sakit yang memiliki ketersediaan tempat tidur minimal 100 buah untuk rumah sakit umum dan minimal 25 buah untuk rumah sakit khusus.

4. Kelas D

Rumah sakit dengan tipe kelas D merupakan rumah sakit yang memiliki ketersediaan tempat tidur minimal 50 buah untuk rumah sakit umum

2.2 Air Limbah Rumah Sakit

Air limbah rumah sakit merupakan air limbah yang dihasilkan dari seluruh kegiatan rumah sakit baik kegiatan medis maupun non medis yang dapat bersifat beracun dan mengandung mikroorganisme patogen. Air limbah rumah sakit terbagi menjadi air limbah medis dan air limbah non medis. Air limbah medis merupakan air limbah yang dihasilkan dari seluruh kegiatan medis rumah sakit seperti air limbah dari ruang operasi, ruang instalasi gawat darurat, laboratorium, dan ruang hemodialisa. Sedangkan air limbah non medis merupakan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan-kegiatan non medis seperti air limbah yang berasal dari dapur yang mengandung polutan minyak lemak dan air limbah yang berasal dari penatu yang mengandung fosfat, dan air limbah yang berasal dari toilet yang mengandung ammonia. Selain itu juga terdapat air limbah radioaktif, dimana air limbah ini diolah secara tersendiri dan tidak dialirkan menuju IPAL (Kementerian Kesehatan, 2011).

Air limbah rumah sakit memiliki karakteristik yang berbeda-beda berdasarkan pada sumber penghasil limbahnya dan tipe rumah sakitnya. Pada umumnya limbah rumah sakit berasal dari unit pelayanan medis seperti ruang rawat inap dan ruang rawat darurat, unit penunjang pelayanan medis seperti laboratorium dan radiologi, dan dari unit penunjang pelayanan non medis seperti dapur dan ruang pencucian. Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan operasional rumah sakit umumnya merupakan air limbah domestik yang mengandung senyawa organik yang tinggi,

air limbah yang terkontaminasi dengan mikroorganisme patogen, dan air limbah yang berasal dari laboratorium yang mengandung logam berat. Dimana presentase terbesar air limbah ini dihasilkan dari kegiatan non medis. Sehingga pengolahannya dapat dilakukan dengan menggunakan proses biologis. Sedangkan untuk air limbah yang dihasilkan dari laboratorium perlu untuk dilakukan proses *pre- treatment* terlebih dahulu sebelum diolah pada IPAL (Kemenkes, 2011). Untuk sumber dan karakteristik air limbah rumah sakit selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sumber dan karakteristik air limbah rumah sakit

Sumber	Karakteristik
Ruang Perawatan	<ul style="list-style-type: none"> • Material Organik • Amonia • Bakteri Patogen • Antiseptik • Antibiotik
Laboratorium	<ul style="list-style-type: none"> • Material Solvent Organik • Fosfor • Logam Berat • pH yang bersifat fleksibel
Dapur	<ul style="list-style-type: none"> • Material Organik • Minyak dan Lemak • Fosfor • Pembersih ABS
Ruang Pencucian	<ul style="list-style-type: none"> • Fosfor • Nilai pH 8-10 • ABS, N-Heksana
Ruang Pemrosesan sinar X	<ul style="list-style-type: none"> • Logam berat
Ruang radio-isotop	<ul style="list-style-type: none"> • Senyawa radioaktif

Sumber: Kementerian Kesehatan, 2011

Air limbah rumah sakit memiliki kandungan senyawa organik yang lebih tinggi hingga tiga kali lipat dibanding dengan kandungan senyawa organik yang terkandung pada air limbah domestik. Selain itu air limbah rumah sakit juga memiliki kandungan logam berat dan air limbah yang bersifat infeksius yang berasal dari analisis urin, feses, dan sampel darah pasien. Sehingga air limbah rumah sakit perlu diolah terlebih dahulu di IPAL sebelum dibuang ke badan air. Dampak dari air limbah rumah sakit yang tidak terolah adalah dapat menjadi medium penyebaran penyakit karena air limbah yang dihasilkan dalam kegiatan rumah sakit bersifat infeksius. Selain itu, air limbah yang tidak terkelola juga dapat menimbulkan bau yang tidak sedap sehingga dapat mengganggu kenyamanan pegawai, pasien, dan pengunjung. Effluent air limbah ini harus memenuhi baku

mutu yang berlaku dengan beberapa parameter yang dipersyaratkan. Berikut adalah parameter yang umum digunakan untuk mengetahui kualitas air limbah rumah sakit:

1. pH

pH merupakan konsentrasi ion hidrogen yang terkandung pada air. pH merupakan parameter penting untuk menentukan suatu kualitas air sebab nilai pH menggambarkan keadaan air apakah bersifat asam maupun basa. Nilai pH mempengaruhi proses biokimia yang ada dalam air sehingga kadar pH harus berada dalam rentang yang optimal sebelum dibuang ke badan air. Kadar pH yang optimal berada di rentang 6-9 sebab air pada rentang ini berada dalam kondisi netral yang tidak bersifat basa maupun asam. Kondisi yang bersifat asam maupun basa pada air hasil olahan dapat mempengaruhi kualitas badan air penerima. Air hasil olahan yang mengandung pH netral menunjukkan kondisi pengolahan air limbah yang optimum.

2. Suhu

Suhu air merupakan parameter yang sangat penting sebab suhu dapat berpengaruh terhadap reaksi kimia dan laju reaksi yang terjadi di dalam air yang akan mempengaruhi kehidupan di perairan. Selain itu, suhu juga mempengaruhi jumlah oksigen terlarut dalam air dimana peningkatan suhu akan mengakibatkan penurunan jumlah oksigen terlarut. Sehingga suhu optimal untuk aktivitas mikroorganisme di perairan adalah 25-35⁰C.

3. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan salah satu parameter pencemaran organik yang penting, sebab parameter ini digunakan untuk mengukur tingkat oksigen terlarut yang digunakan oleh mikroorganisme dalam proses oksidasi biokimia bahan organik. Pengujian BOD biasanya digunakan untuk memperkirakan jumlah oksigen yang akan dibutuhkan untuk menstabilkan bahan organik secara biologis dan untuk mengukur tingkat efisiensi proses suatu pengolahan air limbah. BOD merupakan salah satu parameter penting dalam merencanakan suatu IPAL sebab BOD berfungsi untuk menentukan pengolahan biologis apa yang cocok untuk digunakan,

menentukan beban organik pada pengolahan air limbah, dan bahan evaluasi untuk menentukan efisiensi kinerja IPAL.

Pengukuran BOD umumnya dilakukan selama 5 hari, umumnya disebut dengan BOD₅, dimana pengukuran ini ditujukan untuk melihat penurunan kandungan oksigen terlarut pada air yang dipengaruhi oleh peningkatan jumlah organisme yang mengurai bahan organik.

4. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan parameter umum yang digunakan untuk mengukur polutan organik pada air. Pengukuran COD ini digunakan untuk mengukur ekivalen oksigen dari bahan organik dalam air limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam larutan asam. Nilai COD biasanya lebih tinggi dibanding dengan nilai BOD sebab jumlah bahan organik yang dapat dioksidasi secara kimia lebih besar dibanding secara biokimia. Nilai COD ini penting untuk diketahui sebab beberapa bahan organik tidak dapat teroksidasi secara biologis akan tetapi perlu dioksidasi secara kimiawi, bahan-bahan organik tertentu dapat bersifat beracun terhadap pengujian BOD, kadar bahan-bahan organik yang tinggi setelah dioksidasi oleh dikromat dalam suatu air limbah akan berpengaruh terhadap tingginya hasil pengujian COD.

5. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) merupakan bagian dari padatan *total solids* yang tertahan pada kertas saring dengan ukuran pori sekitar 1,58 μm . Padatan yang tersuspensi ini dapat berupa partikel organik maupun anorganik. TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus dimana TSS ini berpengaruh terhadap tingkat kekeruhan dalam air yang dapat mengganggu aktivitas fotosintesis fitoplankton dan alga karena kurangnya penetrasi cahaya ke dalam air.

6. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan kandungan minyak, lemak, lilin dan bahan lainnya yang terkandung dalam air limbah. Kandungan minyak dan lemak air limbah ditentukan dengan ekstraksi sampel limbah dengan *trichlorotrifluoroethane*. Pengurangan kadar minyak dan lemak perlu dilakukan sebelum air limbah dibuang ke badan air karena minyak dan lemak

dapat menyebabkan gangguan pada kehidupan biologis sebab kelarutan lemak dan minyak mempengaruhi laju degradasi mikroba. Selain itu, minyak dan lemak menyebabkan lapisan tipis pada permukaan air yang menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut dalam air disebabkan oleh terhalangnya penetrasi sinar matahari ke dalam air. Pengurangan kadar minyak dan lemak pada air limbah dapat dilakukan dengan menggunakan unit *grease trap*.

7. Amonia (NH_3)

Amonia merupakan salah satu bentuk dari nitrogen yang teroksidasi dalam air limbah. Amonia dalam air limbah dapat berasal dari urin manusia dan tinja. Konsentrasi ammonia yang tinggi pada sungai menandakan bahwa sungai tersebut mengalami pencemaran sebab amonia bersifat beracun bagi aktivitas makhluk hidup. Konsentrasi amonia dalam air dipengaruhi oleh pH dan suhu.

8. Total Coliform

Total coliform adalah salah satu bakteri coliform yang bersifat patogen. Bakteri ini diasosiasikan sebagai salah satu indikator kontaminasi tinja pada air limbah. Total coliform memiliki karakteristik berbentuk batang gram negatif yang dapat memfermentasi laktosa dengan produksi gas pada suhu $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Total coliform mencakup 4 jenis bakteri dalam famili *Enterobacteriaceae* yang terdiri dari *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, dan *Klebsiella*. Pengukuran total coliform pada air limbah penting untuk dilakukan agar keberadaan bakteri yang bersifat patogen pada air limbah dapat diketahui serta mengukur efektivitas dari proses disinfeksi.

9. Surfaktan

Surfaktan merupakan salah satu molekul organik berukuran besar yang memiliki sifat sedikit larut dalam air dan dapat menimbulkan busa pada badan air. Surfaktan ini merupakan bahan pembersih utama yang terdapat pada deterjen pakaian. Senyawa ini terdiri dari gugusan hidrofobik dan hidrofilik. Pada pengolahan air limbah, surfaktan cenderung muncul di permukaan air dan menghasilkan busa yang sangat stabil. Untuk mendeteksi keberadaan surfaktan dalam air limbah maka dapat digunakan metode MBAS (*methylene blue active substances*) untuk mengukur surfaktan anionik dan metode CTAS (*cobalt thiocyanate active substances*) untuk mengukur surfaktan nonionik. Surfaktan

dalam badan air dapat menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut sebab busa yang ada akan menghalangi oksigen dari udara masuk ke dalam air.

10. Logam Berat

Logam berat antara lain adalah cadmium (Cd), chromium (Cr), tembaga (Cu), Besi (Fe), Timbal (Pb), Mangan (Mn), Merkuri (Hg), Nikel (Ni) dan Zinc (Zn) merupakan polutan yang perlu diperhatikan keberadaannya dalam air limbah sebab logam berat bersifat beracun jika terdapat dalam air dengan konsentrasi tinggi sebab logam berat dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Logam berat dalam tubuh manusia dapat dapat mempengaruhi kerja enzim dan metabolisme tubuh sehingga menyebabkan alergi, menyebabkan kanker bahkan kematian. Meskipun begitu, beberapa unsur logam berat juga berperan dalam pertumbuhan mikroorganisme yang ada dalam perairan. Logam berat ini berasal dari air limbah industri dan komersial serta infiltrasi air tanah.

2.3 Pemakaian Air Rumah Sakit

Menurut Subekti (2005) dalam operasional rumah sakit, air bersih digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti untuk pencucian peralatan memasak pada instalasi dapur, penggunaan air sebagai upaya *personal hygiene*, dan dalam pencucian linen rumah sakit. Adapun fasilitas yang menggunakan air bersih dalam operasional nya dijabarkan sebagai berikut:

1. Dapur

Pada fasilitas ini air bersih digunakan untuk keperluan pencucian peralatan memasak dan alat makan pasien serta penggunaan air dalam proses memasak seperti pencucian sayur. Kebutuhan air bersih pada fasilitas ini dipengaruhi oleh jumlah pasien rawat inap dan lama nya perawatan pasien. Semakin banyak pasien dan semakin lama perawatannya maka semakin banyak pula jumlah makanan yang harus disediakan oleh instalasi dapur yang mengakibatkan semakin banyak pula penggunaan air bersih pada instalasi ini.

2. Fasilitas rawat inap.

Pada fasilitas ini air digunakan untuk keperluan mandi, pencucian alat makan, dan keperluan buang hajat pasien dan penjaga pasien. Kebutuhan air bersih pada fasilitas ini dipengaruhi oleh jumlah pasien rawat inap dan banyaknya jumlah penjaga pasien. Sebab semakin banyak jumlah pasien dan penjaga pasien maka semakin banyak pula kebutuhan air bersih yang diperlukan pada fasilitas ini. Selain itu jumlah pengunjung yang ingin menengok pasien turut mempengaruhi jumlah kebutuhan air sebab pengunjung menggunakan fasilitas kamar mandi untuk membuang hajat.

3. Rawat jalan.

Pada fasilitas ini air digunakan untuk fasilitas toilet dan wastafel. Kebutuhan air bersih pada fasilitas ini dipengaruhi oleh banyaknya kunjungan pasien. Semakin banyak pasien yang berobat maka semakin banyak pula kebutuhan air bersih yang diperlukan. Peningkatan kebutuhan air umumnya terjadi pada hari sesudah libur seperti hari senin sebab terjadi peningkatan jumlah pasien pada waktu-waktu ini.

4. Instalasi laboratorium

Pada fasilitas ini kebutuhan air digunakan untuk pencucian peralatan yang digunakan untuk kebutuhan pemeriksaan sampel. Kebutuhan air bersih pada fasilitas ini dipengaruhi oleh jumlah pasien yang akan diuji sampelnya. Sebab semakin banyak pasien yang akan diuji sampelnya maka semakin banyak pula peralatan yang perlu dicuci. Pemeriksaan laboratorium mengalami peningkatan pada hari sesudah libur seperti hari senin sebab pada hari libur pasien yang perlu diuji sampelnya tidak banyak umumnya hanya berasal dari pasien gawat darurat atau pasien rawat inap.

5. Instalasi laundry

Pada fasilitas ini kebutuhan air digunakan untuk menggunakan air bersih untuk kebutuhan pencucian linen pasien berupa sprei serta sarung guling dan bantal.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 7 Tahun 2019 rumah sakit harus memenuhi kebutuhan air untuk keperluan higiene dan sanitasi dalam volume tertentu berdasarkan dengan kelas rumah sakit atau jenis perawatan yang disediakan. Penyediaan air ini harus telah memenuhi standar air minum yang telah

dipersyaratkan agar tidak terjadi penularan penyakit dengan medium air dengan melakukan pemeriksaan kualitas air. Volume pemenuhan air ini sudah mencakup untuk kebutuhan air pencucian, dapur, dan kebersihan. Untuk standar kebutuhan air pada rumah sakit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar kebutuhan air rumah sakit

Kelas Rumah Sakit	SBM	Satuan	Keterangan
A-B	400-450	L/Tempat Tidur/Hari	Kuantitas air untuk keperluan higiene dan sanitasi
C-D	200-300	L/Tempat Tidur/Hari	Kuantitas air untuk keperluan higiene dan sanitasi
Rawat Jalan	5	L/Orang/Hari	Termasuk dalam SBM volume air sesuai kelas RS

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 7 Tahun 2019

Dari jumlah air bersih yang digunakan per hari maka sekitar 80% akan menjadi air limbah yang kemudian akan diolah pada IPAL. Untuk menghitung debit air limbah yang dihasilkan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Debit air limbah} = \frac{(\text{jumlah pemakaian air bersih} \times 20\%)}{100} \quad (1)$$

2.4 Pengolahan Air Limbah

Menurut Tchobanoglous et al (2003) Air limbah yang tidak diolah dapat menyebabkan bau yang tidak sedap. Selain itu air limbah juga banyak mengandung nutrien yang dapat menyebabkan pertumbuhan tumbuhan air seperti eceng gondok yang mempengaruhi ekosistem perairan. Air limbah juga sangat mungkin mengandung logam berat jika air limbah tersebut berasal dari limbah industri dan mengandung patogen jika berasal dari air limbah rumah sakit. Sehingga diperlukan pengolahan air limbah sebelum air limbah dapat dibuang secara aman ke badan air.

Pengolahan air limbah merupakan serangkaian proses untuk mengolah air yang terkontaminasi akibat suatu kegiatan sebelum dibuang ke badan air. Tujuan pengolahan air limbah ialah untuk mengurangi kadar BOD, partikel tercampur, membunuh mikroorganisme patogen. Selain itu, pengolahan air juga diperlukan untuk menghilangkan senyawa nutrient, bahan beracun, dan pengurangan kadar bahan-bahan yang tidak dapat terdegradasi (Sugiharto, 1987 dalam Suyasa, 2015).

Menurut Qasim (2003) Pada pengolahan air limbah terdapat unit operasi dan unit proses. Unit operasi adalah pengolahan yang dilakukan secara fisika. Sedangkan unit proses adalah pengolahan yang dilakukan secara biologis atau

dengan reaksi kimia. Pada IPAL digunakan berbagai kombinasi unit proses dan unit operasi untuk mengolah air limbah dengan kualitas effluent yang baik. Pemilihan unit didasarkan pada kandungan polutan yang ingin dihilangkan pada air yang akan diolah.

Berdasarkan jenis pengolahannya, pengolahan air limbah ini secara umum terbagi menjadi pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi.

1. Pengolahan secara fisika

Pengolahan fisika bertujuan untuk menyisahkan bahan-bahan tersuspensi dalam air atau benda-benda yang berukuran besar. Beberapa unit yang termasuk dalam pengolahan secara fisika antara lain adalah unit sedimentasi, unit *screening*, dan unit filtrasi.

2. Pengolahan secara kimia

Pengolahan kimia merupakan pengolahan yang bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel koloid, logam-logam berat, senyawa fosfor dan zat organik beracun dengan cara menambahkan bahan kimia dengan dosis tertentu. Beberapa unit yang termasuk dalam pengolahan secara kimia antara lain adalah unit presipitasi, unit koagulasi-flokulasi, dan unit netralisasi. Beberapa contoh dari pengaplikasian pengolahan secara kimia dalam pengolahan air limbah dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaplikasian pengolahan secara kimia dalam pengolahan air limbah.

Proses	Aplikasi
Koagulasi kimia	Destabilisasi secara kimia partikel-partikel yang terdapat dalam air limbah
Disinfeksi secara kimia	Menghilangkan senyawa patogen dalam air limbah
	Mengontrol pertumbuhan lendir
	Mengontrol bau
Netralisasi	Mengontrol kadar pH
Presipitasi kimia	Penyisihan TSS dan BOD pada unit sedimentasi primer
	Penyisihan fosfor
	Penyisihan logam berat
	Pengontrolan korosi pada saluran yang disebabkan oleh H ₂ S
Pertukaran ion	Penyisihan ammonia
	Penyisihan logam berat
	Penyisihan TDS
Oksidasi Kimia	Penyisihan senyawa organik
	Penyisihan kadar senyawa organik
	Penyisihan kadar ammonia
	Penghancuran sel mikroorganisme
	Pengontrolan bau

Sumber: Tchobanoglous et al, 2003

3. Pengolahan secara biologis

Pengolahan air limbah umumnya menggunakan pengolahan secara biologis sebab semua air limbah mengandung komponen polutan senyawa organik sehingga bisa diolah secara biologis. Pengolahan biologis bertujuan untuk menghilangkan bahan-bahan organik dan anorganik dalam air limbah dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme ini akan menggunakan senyawa organik yang terkandung dalam air limbah sebagai suplai makanan yang kemudian akan diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti senyawa air dan karbon dioksida serta sel-sel biologis (biomassa). Untuk mencapai pengolahan biologis yang optimal maka terdapat beberapa kebutuhan dasar dalam mencapai hal tersebut antara lain adalah berbagai macam varietas mikroorganisme, terjadinya kontak air limbah dengan mikroorganisme yang berjalan dengan baik, tersedia oksigen khususnya pada pengolahan biologis secara aerobik, ketersediaan nutrisi untuk mikroorganisme, dan kondisi lingkungan sekitar seperti pH yang optimal.

Proses pengolahan secara biologis pada umumnya bertujuan untuk menghilangkan senyawa organik dalam air limbah, proses nitrifikasi, proses denitrifikasi, penghilangan senyawa fosfor, dan stabilisasi air limbah. Proses pengolahan secara biologis dapat dibagi menjadi pengolahan dengan proses aerobik, proses anaerobik, dan proses kombinasi aerob-anaerob. Proses aerobik adalah proses yang membutuhkan oksigen dalam mengolah air limbah. Proses aerobik adalah proses yang tidak membutuhkan oksigen dalam mengolah air limbah. Proses anaerobik umumnya digunakan jika air limbah yang akan diolah mengandung BOD yang tinggi. Perbedaan proses pengolahan aerob dan anaerob secara umum dapat dijabarkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbedaan pengolahan anaerob dan aerob

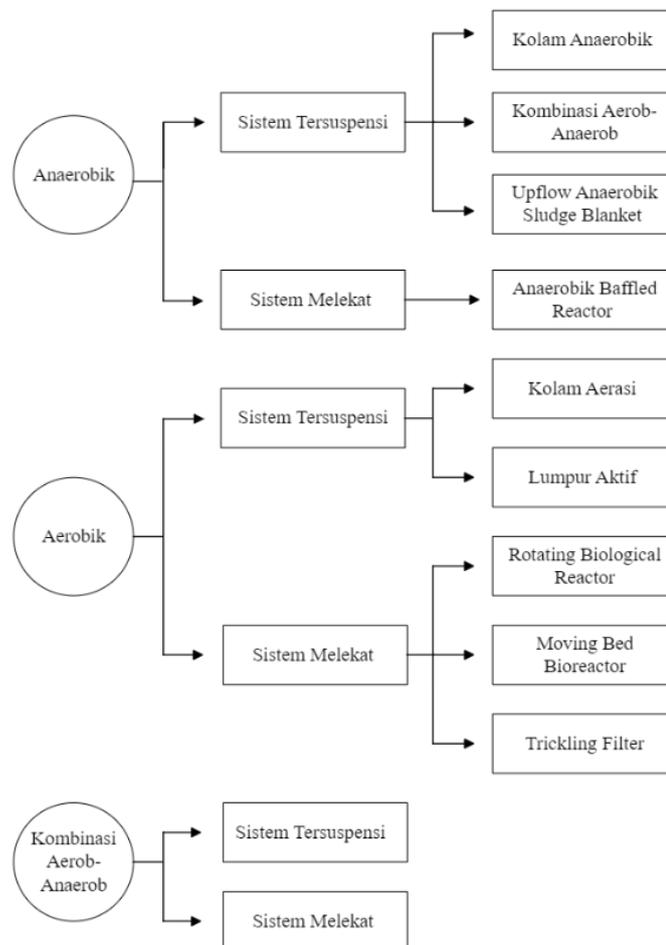
Parameter	Proses Anaerob	Proses Aerob
Kebutuhan Energi	Rendah	Tinggi
Tingkat Pengolahan	95%	60-90%
Produksi Lumpur	Rendah	Tinggi
Stabilitas proses terhadap toksik dan perubahan beban	Rendah sampai sedang	Sedang sampai tinggi
Kebutuhan nutrient	Rendah	Tinggi
Bau	Berpotensi menimbulkan bau	Tidak berpotensi menimbulkan bau

Lanjutan Tabel 4. Perbedaan pengolahan anaerob dan aerob

Parameter	Proses Anaerob	Proses Aerob
Produksi Biogas	Ada	Tidak ada
Startup Time	2-4 bulan	2-4 minggu

Sumber: Buku B SPALDT Kementerian PUPR, 2018

Berdasarkan media pertumbuhan mikroorganisme, proses biologis terbagi menjadi sistem melekat dan sistem tersuspensi. Sistem melekat adalah proses biologis yang memanfaatkan permukaan suatu media sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme yang akan mengolah air limbah. Sedangkan sistem tersuspensi adalah proses biologis yang memanfaatkan mikroorganisme yang tumbuh dalam air limbah (tersuspensi).



Gambar 1. Alternatif teknologi dengan pengolahan secara biologis

Sumber: Buku B SPALDT, 2018

Tingkatan pengolahan pada IPAL terdiri dari tahapan pengolahan primer, tahapan pengolahan sekunder, tahapan pengolahan lanjutan, dan tahapan pengolahan lumpur. Tahapan pengolahan ini didasarkan pada ukuran polutan

1. Pengolahan Pendahuluan (*Preliminary Treatment*)

Pengolahan pendahuluan ini dilakukan dengan tujuan untuk menyisihkan material yang berukuran besar dan kasar seperti ranting dan pasir dimana sebelum air limbah dialirkan ke unit selanjutnya. Hal ini bertujuan agar peralatan IPAL tidak rusak karena material ini. Pengolahan ini pada umumnya menggunakan pengolahan secara fisik.

2. Pengolahan pertama (*Primary Treatment*)

Pengolahan ini merupakan tahapan pertama yang bertujuan untuk menghilangkan sebagian besar padatan tersuspensi. Proses ini penting sebab pengurangan padatan tersuspensi dapat mengurangi kadar BOD yang terkandung pada air limbah dan mengakibatkan kebutuhan akan oksigen dan laju konsumsi energi dapat berkurang. Pengolahan tahap ini juga dapat mengurangi permasalahan yang mungkin terjadi pada unit selanjutnya.

3. Pengolahan kedua (*Secondary Treatment*)

Pengolahan ini bertujuan untuk menyisihkan material organik yang terkandung dalam air limbah dimana material ini dapat berupa material organik terlarut maupun material organik berbentuk koloid. Pengolahan ini pada umumnya menggunakan proses biologis.

4. Pengolahan lanjutan (*Advanced Treatment*)

Pengolahan ini merupakan pengolahan lanjutan yang umumnya berguna untuk menghilangkan polutan yang bersifat molekuler dan ionik yang terlarut dalam air seperti mineral, logam, dan nutrient. Pengolahan ini bertujuan untuk menghasilkan air limbah yang telah diolah sebelumnya memiliki kualitas buangan yang lebih baik lagi. Pengolahan ini umumnya digunakan jika terdapat parameter pencemar yang masih memiliki konsentrasi di atas baku mutu. Sehingga penggunaan unit pada tahapan ini dimaksudkan agar nilai effluent pada air limbah telah memenuhi standar yang ada. Pengolahan ini dapat dilakukan dengan menggunakan proses fisika, kimia, maupun biologis.

5. Pengolahan lumpur

Terdapat beberapa unit IPAL yang dalam operasionalnya akan menghasilkan produk sampingan berupa lumpur sehingga diperlukan adanya unit untuk mengolah lumpur. Pengolahan lumpur ini bertujuan untuk mengurangi air yang

masih terkandung pada lumpur, menstabilkan, dan menghilangkan mikroorganisme yang bersifat patogen yang mungkin terkandung dalam lumpur. Pada proses ini, lumpur yang dihasilkan akan diolah terlebih dahulu menggunakan beberapa pilihan teknologi untuk memastikan agar lumpur yang digunakan aman sebelum lumpur ini dibuang atau dimanfaatkan kembali. Pengolahan lumpur ini merupakan pengolahan yang penting sebab lumpur yang dihasilkan kemungkinan mengandung mikroorganisme yang bersifat beracun. Beberapa metode yang umum digunakan pada pengolahan lumpur adalah pengeringan secara alamiah, pengolahan lumpur dengan tekanan, pengolahan lumpur dengan gaya sentrifugal, dan pengolahan lumpur dengan pemanasan.

Pengolahan lumpur dengan cara pengeringan alamiah dilakukan dengan cara mengalirkan lumpur yang dihasilkan dari unit unit IPAL menuju ke sebuah kolam pengering yang memiliki kedalaman 1-2 meter. Lumpur ini kemudian akan dikeringkan secara alamiah dengan bantuan sinar matahari. Jika lumpur yang dihasilkan mengandung bahan berbahaya dan beracun, maka kolam pengering harus memiliki saluran rembesan larutan pada dasar kolam yang kemudian rembesan ini akan disalurkan kembali ke dalam IPAL serta kolam nya harus terbuat dari beton agar tidak mencemari tanah. Metode ini merupakan metode yang tergolong mudah dan murah akan tetapi proses nya membutuhkan waktu yang lama sebab hanya mengandalkan sinar matahari dan jika hujan akan menimbulkan permasalahan baru. Adapun jika lumpur yang telah dikeringkan mengandung bahan berbahaya dan beracun maka diperlukan pengolahan lanjutan.

Pengolahan lumpur dengan cara tekanan dilakukan dengan cara mengalirkan lumpur ke dua plat yang berperforasi yang kemudian akan menekan lumpur yang mengalir di tengah kedua plat tersebut dengan menggunakan sistem rolling. Sehingga air yang masih terkandung dalam sludge akan keluar melalui lubang-lubang perforasi. Kelebihan pengolahan lumpur dengan metode ini adalah dapat mengurangi kadar air hingga di bawah 10% dan dapat mengolah lumpur dengan lebih cepat serta dapat digunakan untuk pengolahan lumpur dalam skala besar. Kekurangan dari metode ini ialah

diperlukan energi yang cukup besar. Adapun jika lumpur yang telah dikeringkan mengandung bahan berbahaya dan beracun maka diperlukan pengolahan lanjutan.

Pengolahan lumpur dengan gaya sentrifugasi dilakukan dengan cara mengalirkan lumpur yang sudah melekat dan sudah berbentuk padat ke dalam suatu *screw conveyor* yang berputar dimana lumpur ini kemudian akan keluar pada sisi yang lain. Metode ini dapat digunakan untuk pengolahan lumpur dalam skala besar maupun skala kecil.

Pengolahan lumpur dengan cara pemanasan dilakukan dengan memanfaatkan panas buang yang dihasilkan oleh suatu pabrik yang kemudian akan dialirkan menuju unit pengering dimana unit ini dilengkapi dengan sistem *screw conveyor* yang mengalirkan lumpur. Hasil pengeringan lumpur menggunakan metode ini dipengaruhi oleh waktu tinggal lumpur dalam proses pengeringan. Adapun jika lumpur yang telah dikeringkan mengandung bahan berbahaya dan beracun maka diperlukan pengolahan lanjutan.

Dalam perencanaan IPAL, perencana harus melakukan evaluasi terhadap banyak faktor yang terkait dengan operasi dan pemeliharaan, efisiensi proses dalam berbagai kondisi, serta kendala lingkungan. Pemilihan unit ini didasarkan pada pertimbangan antara lain adalah karakteristik air limbah yang akan diolah, volume air limbah yang akan diolah, standar kualitas air hasil olahan, kedekatan area IPAL dengan area penghasil air limbah, luas lahan, topografi wilayah, kebutuhan hidrolis, kuantitas dan kualitas lumpur yang dihasilkan, dampak lingkungan yang dihasilkan, biaya operasi dan perawatan, ketersediaan lahan, kualitas hasil air olahan, serta peralatan dan fasilitas penunjang yang tersedia. Akan tetapi seringkali terdapat beberapa kesalahan dalam mendesain IPAL yang dapat berpengaruh terhadap kinerja IPAL. Kesalahan ini dapat disebabkan oleh kelalaian pada saat pengerjaan detail gambar, lupa memasukkan beberapa item dalam perhitungan desain, serta mengabaikan implikasi dari kriteria desain suatu unit. Terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kesalahan dalam perencanaan IPAL yaitu:

1. Melakukan tinjauan desain dan pemeriksaan terhadap rencana pembangunan serta spesifikasi material pada berbagai tahap pembangunan IPA

2. Data rancangan awal fasilitas IPAL dikembangkan sebagai bagian dari proses perencanaan fasilitas. Ini termasuk desain dan aliran awal, alternatif pengolahan dan pemilihan proses, detail proses alur pengolahan, dan ukuran tiap unit. Rancangan awal fasilitas ini menjadi patokan dalam setiap rencana baik persiapan, pembangunan, dan operasional IPAL. Setiap perubahan dalam data desain yang dikembangkan dalam rencana fasilitas harus disetujui oleh semua orang yg berkepentingan. Setelah itu, data desain tidak boleh diubah
3. Peninjauan kembali ketika unit pengolahan telah selesai dibangun. Pada bagian ini, beberapa hal yang ditinjau adalah kriteria desain dasar dari badan regulasi terkait, analisis neraca massa material, aliran dan pembebanan dalam kondisi normal dan darurat (ketika unit terbesar tidak berfungsi), detail unit, dan peralatan mekanis untuk setiap unit. Pertimbangan harus diberikan untuk kompatibilitas peralatan, laju umpan bahan kimia minimum dan maksimum, tekanan operasi, peringkat pompa, pengumpan bahan kimia, dan seterusnya: Setiap perubahan dalam memenuhi kebutuhan ruang utama, persyaratan fleksibilitas, dan kompatibilitas peralatan dan kinerja harus dibuat saat ini
4. Tinjauan ketiga dilakukan ketika rencana tata letak, perpipaan pekarangan, dan profil hidrolis telah selesai. Pada tahap ini tim peninjau harus menyertakan insinyur dan pemeriksa desain, manajer proyek, dan desainer berpengalaman yang belum terlibat dalam tinjauan awal. Tabel 5 memberikan gambaran mengenai beberapa hal yang perlu untuk dilakukan peninjauan terhadap desain IPAL.

Tabel 5. Detail pemeriksaan desain IPAL pada saat pembangunan

No.	Bagian Pemeriksaan	Detail Pemeriksaan
1.	Skema IPAL dan tata letak unit	<i>Mass balance</i>
		Volume tiap unit
		Pompa, pipa, sambungan, bypass, bak penampung, katup dan lainnya
		Aliran air limbah
2.	Rencana perluasan IPAL	Tata letak/ <i>layout</i> IPAL
		Perpipaan
3.	Profil hidrolis	Elevasi unit
		Elevasi tanah
		Elevasi permukaan air pada kondisi aliran air kritis
4.	Lahan di sekitar peralatan	Penyediaan lahan di sekitar peralatan untuk kemudahan dalam melakukan pemeriksaan.
5.	Fleksibilitas	Sistem perpipaan, valve, dan struktur yang mampu bekerja dengan baik pada saat aliran air limbah mengalami jam puncak

Lanjutan Tabel 5. Detail pemeriksaan desain IPAL pada saat pembangunan

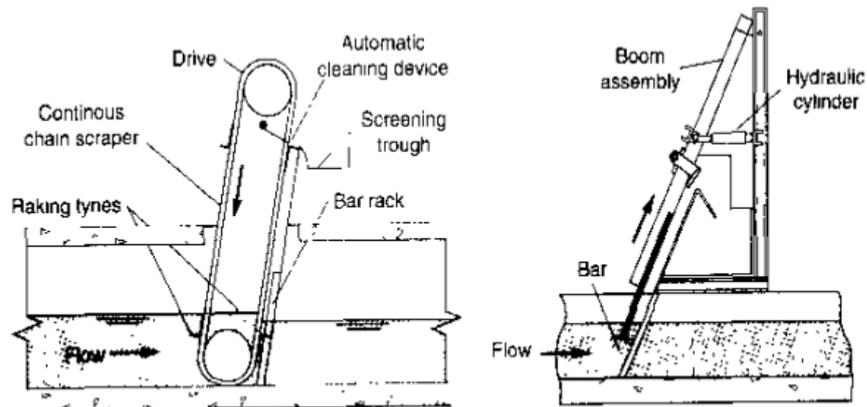
No.	Bagian Pemeriksaan	Detail Pemeriksaan
		Perencanaan tempat penyimpanan dan pengumpanan bahan kimia dengan baik
		Jadwal pemeliharaan rutin
		Drainase lantai dan kemiringan unti untuk keperluan pengurusan unit
		Titik pengambilan sampel untuk setiap unit
		Roda tangan dan katup harus memiliki jarak operasi
		Tata cara penyimpanan bahan kimia
6.	Operasi dan pemeliharaan	Untuk peralatan yang menghasilkan kebisingan dan udara panas sebaiknya ditempatkan di tempat yang terisolasi
		Semua penyimpanan harus memiliki penahan sekunder
		Seluruh tangga harus memiliki pegangan tangan
		Laboratorium dan workshop harus memiliki ruang yang memadai dan aman

Sumber: Qasim (1999)

2.5 Unit-Unit IPAL

2.5.1 *Bar screen*

Bar Screen merupakan tahapan awal pada proses pengolahan air limbah. *Bar screen* berfungsi untuk memisahkan benda padat yang terdapat dalam air limbah seperti plastik atau kayu, sebab benda-benda ini jika masuk ke dalam unit selanjutnya dapat mempengaruhi kinerja peralatan yang ada. Prinsip pengolahan pada *bar screen* yaitu menghalangi material atau padatan yang berukuran besar dengan memanfaatkan kisi-kisi yang memiliki ukuran tertentu sehingga dapat menahan benda berukuran besar masuk ke dalam unit IPAL sedangkan air akan mengalir melalui kisi-kisi yang ada. Material yang tertahan pada *bar screen* dapat mengurangi luas bukaan kisi mengakibatkan terjadinya sumbatan yang dapat menghambat laju aliran dan menyebabkan kehilangan energi aliran. Sehingga diperlukan pengangkutan dan pembersihan secara berkala material yang tertahan pada kisi-kisi agar tidak menghambat kinerja *bar screen*. Pembersihan ini dapat dilakukan secara manual maupun secara mekanis. Pembersihan secara manual dilakukan oleh manusia dengan cara mengambil material yang tersangkut pada kisi-kisi sedangkan untuk pembersihan secara mekanis dilakukan dengan bantuan alat mekanis yang digerakkan oleh motor dimana pembersihan ini dilakukan secara terus-menerus.



Gambar 2. Bar screen

Sumber: Qasim, 1999

Bar Screen terdiri dari saluran persegi panjang dengan struktur saluran masuk dan saluran keluar dengan perangkat penyaringan yang dilepas agar memudahkan pembersihan. Lantai saluran umumnya berukuran 7-15 cm lebih rendah dibanding saluran keluar. Lantai saluran umumnya dibuat dengan kemiringan tertentu untuk mencegah adanya akumulasi pasir atau benda-benda lainnya. Dalam mendesain *bar screen* diperlukan beberapa informasi seperti :

1. Data aliran baik aliran pada jam puncak maupun aliran rata-rata
2. Data hidrolis dan desain untuk saluran inlet
3. Data nilai kriteria desain
4. Data kecepatan aliran
5. Jarak antar batang
6. Nilai *headloss*

Tabel 6. Kriteria desain *bar screen*

Kriteria Desain	Pembersihan Manual	Pembersihan Mekanis
Kecepatan aliran melalui screen (m/det)	0,3 – 0,6	0,6 – 1,0
Ukuran Bar		
Lebar (mm)	4 – 8	8 – 10
Tebal (mm)	25 - 50	50 - 75
Jarak antar bar (mm)	25 - 75	75 - 85
Slope dengan horizontal (°)	45 - 60	75 – 85
<i>Headloss</i> yang dibolehkan, <i>clogged screen</i> (mm)	150	150
Maksimum <i>headloss</i> , <i>clogged screen</i> (mm)	800	800

Sumber : Said, 2017

Seringkali jika kotoran yang menyangkut pada bar screen tidak dibersihkan dengan benar maka dapat merusak peralatan dan mengganggu kinerja dari *bar*

screen. Adapun beberapa permasalahan umum lainnya terkait dengan *bar screen* adalah

1. Bau yang tidak sedap dan adanya serangga pada *bar screen*. Permasalahan ini dapat diatasi dengan meningkatkan frekuensi pembersihan *bar screen*.
2. Adanya sumbatan pada *bar screen* dapat disebabkan oleh adanya kotoran yang ada dalam air limbah dalam jumlah yang besar. Permasalahan ini dapat diatasi dengan memasang *screening* yang lebih kasar dan menghentikan pembuangan kotoran pada air limbah pada sumbernya.
3. Kecepatan aliran air yang rendah ketika melewati *bar screen*. Permasalahan ini dapat diatasi dengan membersihkan bagian bawah dari *bar screen*, dan mempertimbangkan kembali kemiringan dasar saluran.
4. Mekanisme pembersihan mengalami macet atau tidak dapat berfungsi. Permasalahan ini dapat diatasi dengan memeriksa mesin dan penggantian jika diperlukan

Adapun perawatan rutin yang dapat dilakukan adalah melakukan pelumasan terhadap mesin mesin yang bekerja dan membersihkan kotoran yang tersangkut pada *bar screen* secara rutin serta melakukan pemeriksaan secara menyeluruh baik terhadap mesin motor yang bekerja untuk membersihkan *bar screen* maupun batang batang *screening* itu sendiri.

2.5.2 Bak ekualisasi

Bak ekualisasi adalah bak yang berfungsi untuk menyamakan debit air limbah yang berfluktuasi dan beban massa. Air limbah yang berfluktuasi dapat menyebabkan efek *shock loading* sehingga dapat mempengaruhi kinerja dari unit pengolahan. Prinsip dari bak ekualisasi adalah menyamakan variasi debit hingga mencapai debit yang konstan. Terdapat bagian bagian utama dan bagian yang dapat menunjang kinerja bak ekualisasi dimana bagian bagian ini perlu diperhatikan pada saat perencanaan. Bagian-bagian tersebut adalah:

1. Rumah pompa yang berfungsi untuk mengatur debit air limbah yang bervariasi. Penggunaan pompa ini dapat diatur sesuai dengan perhitungan debit ekualisasi
2. Mixer yang berfungsi untuk menyeragamkan kualitas air limbah dalam bak ekualisasi. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi pengendapan material padatan.

Penempatan bak ekualisasi ini harus mempertimbangkan ketersediaan lahan dan karakteristik air limbah. Bak ekualisasi umumnya diletakkan setelah pengolahan primer dan sebelum pengolahan biologis. Terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan ketika akan mendesain sebuah bak ekualisasi. Adapun faktor tersebut akan dijabarkan sebagai berikut:

1. Konstruksi bak

Konstruksi bak dapat terbuat dari tanah, beton, maupun baja dimana pemilihan bahan untuk pembuatan bak disesuaikan dengan kondisi setempat. Bagian dalam bak dibuat dengan menggunakan kemiringan sisi yang berkisar antara 3:1 dan 2:1. Kedalaman bak akan disesuaikan dengan ketersediaan lahan, permukaan air tanah, dan topografi daerah sekitar.

2. Kebutuhan pencampuran dan udara

Peralatan untuk kebutuhan pencampuran sebaiknya dengan sisi tangki untuk mencegah terjadinya pengendapan padatan dalam bak ekualisasi. Aerasi diperlukan untuk mencegah bau yang tidak sedap yang mungkin muncul. Untuk mempertahankan kondisi aerobik pada bak ekualisasi maka laju udara diatur dengan nilai laju sebesar 0,01-0,015 m/menit. Jika menggunakan aerator mekanis diperlukan adanya baffling untuk memastikan terjadinya pencampuran yang tepat. Aerator harus dilengkapi dengan tabung aliran udara yang dapat digunakan jika bak ekualisasi dikeringkan.

3. Perlengkapan operasional

Beberapa perlengkapan operasional yang perlu ditambahkan pada saat perencanaan bak ekualisasi adalah fasilitas untuk menyiram padatan dan lemak yang mungkin menempel pada dinding bak, semprotan air untuk mencegah akumulasi busa pada sisi bak, fasilitas pengendalian bau.

4. Sistem kontrol pompa

Sebab bak ekualisasi mensyaratkan kebutuhan head tertentu dalam unit maka fasilitas perpompaan diperlukan. Pemompaan ini dapat mendahului atau mengikut dalam unit ekualisasi. Diperlukan juga adanya alat pengukur aliran untuk memantau aliran yang seimbang.

Dalam perencanaan bak ekualisasi terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi sehingga unit dapat bekerja secara efektif dan efisien. Untuk kriteria desain bak ekualisasi dapat dilihat pada Tabel 7.

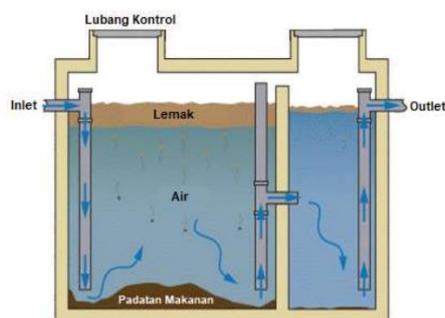
Tabel 7. Kriteria bak ekualisasi

Parameter	Nilai
Kedalaman minimum (m)	1,5-2
Ambang bebas (m)	1
Laju Pemompaan Udara (m^3/m^3 -menit)	0,01-0,015
Kemiringan dasar tangki (mm/m diameter)	40-100

Sumber: Buku B SPALDT Kementerian PUPR, 2018

2.5.3 Bak *grease trap*

Grease trap merupakan bak yang berfungsi untuk menyisahkan antara minyak dan lemak yang terkandung pada air limbah. *Grease trap* terdiri dari 2 kompartemen dimana kompartemen pertama berfungsi untuk menangkap minyak dan lemak. Selanjutnya air limbah yang sudah tidak mengandung minyak lemak akan dialirkan ke kompartemen selanjutnya. Minyak dan lemak yang tertahan di komponen pertama harus dibersihkan secara berkala agar tidak terjadi penyumbatan yang dapat mengganggu kinerja unit. *Grease trap* dapat menyisahkan 80% kandungan minyak dan lemak serta 50-80% kandungan BOD dan TSS.



Gambar 3. Unit *grease trap*

Sumber: Kementerian PUPR, 2018

2.5.4 Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi berfungsi untuk menyisahkan padatan tersuspensi secara gravitasi dengan waktu dan kecepatan tertentu. Air yang mengalir pada bak ini lambat sehingga padatan atau suspensi dapat mengendap. Padatan yang mengendap kemudian akan dikumpulkan kemudian akan dipompakan ke area pengolahan lumpur. Terdapat tiga tipe bak pengendap yang umum digunakan yaitu tipe

horizontal flow dengan bentuk bak persegi panjang, *radial flow* dengan bentuk bak sirkular dimana air mengalir dari tengah menuju pinggir, dan *upward flow* dengan bentuk bak kerucut menghadap ke atas dimana air mengalir dari bawah ke atas.

Pada bak sedimentasi terdapat beberapa bagian utama dan bagian yang dapat menunjang kinerja bak sedimentasi dimana bagian-bagian ini perlu diperhatikan pada saat perencanaan bak sedimentasi. Bagian-bagian tersebut adalah :

1. Inlet

Bagian ini berfungsi sebagai bagian tempat masuknya air ke dalam unit. Pada bagian ini, aliran air akan didistribusikan secara merata ke seluruh bagian unit.

2. Zona pengendapan

Bagian ini berfungsi sebagai bagian tempat mengendapnya padatan tersuspensi. Pada bagian ini, air akan mengalir secara perlahan horizontal menuju outlet yang memungkinkan terjadinya proses pengendapan.

3. Ruang lumpur

Bagian ini berfungsi sebagai bagian tempat terkumpulnya lumpur sebelum dipindahkan ke luar unit sedimentasi. Pada bagian ini lumpur yang ada akan terakumulasi

4. Outlet

Bagian ini berfungsi sebagai bagian tempat masuknya air ke dalam unit. Bagian ini umumnya dirancang berbentuk pelimpah dimana air akan mengalir di atas pelimpah yang kemudian air akan tertampung pada gutter kemudian air akan dialirkan menuju saluran ke unit selanjutnya.

Selain itu terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam merancang bak sedimentasi antara lain adalah *overflow rate*, waktu detensi, *weir loading rate*, bentuk dan dimensi bak, struktur inlet dan outlet, dan sistem pembuangan lumpur. Untuk pembahasan lebih detail terkait faktor ini dijabarkan sebagai berikut:

1. *Overflow rate*

Overflow rate merupakan luas permukaan tangki yang dinyatakan dalam meter kubik per hari per meter persegi. Pengaruh *overflow rate* pada penyisihan padatan tersuspensi dipengaruhi oleh karakteristik air limbah, proporsi padatan, serta beberapa faktor lainnya. Tingkat *overflow rate* pada arus puncak harus memiliki nilai yang cukup kecil untuk memastikan kinerja unit bekerja

dengan baik. Nilai *overflow rate* pada bak sedimentasi primer umumnya dirancang $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ pada aliran air rata-rata.

2. Waktu detensi

Waktu detensi bergantung pada kedalaman bak pada luasan permukaan tertentu. Untuk variasi waktu detensi berdasarkan kedalaman bak dan nilai *overflow rate* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Variasi waktu detensi berdasarkan kedalaman bak dan nilai *overflow rate*

<i>Overflow rate</i>	Waktu detensi (Jam)					
	Kedalaman 2 m	Kedalaman 2,5 m	Kedalaman 3 m	Kedalaman 3,5 m	Kedalaman 4 m	Kedalaman 4,5 m
30	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6
40	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
50	1	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2
60	0,8	1	1,1,2	1,4	1,6	1,8
70	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5
80	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4

Sumber: Qasim (1999)

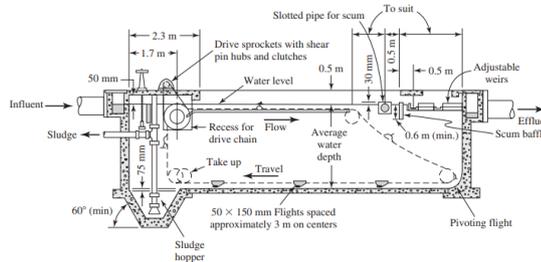
3. *Weir loading rate*

Weir loading rate dapat mempengaruhi efisiensi penyisihan dari bak sedimentasi. Standar umum untuk *weir loading rate* adalah $248 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ untuk IPAL yang memiliki aliran desain puncak sebesar ≤ 44 liter/detik dan $372 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ untuk IPAL yang memiliki aliran desain puncak sebesar > 44 liter/detik.

4. Bentuk dan dimensi bak

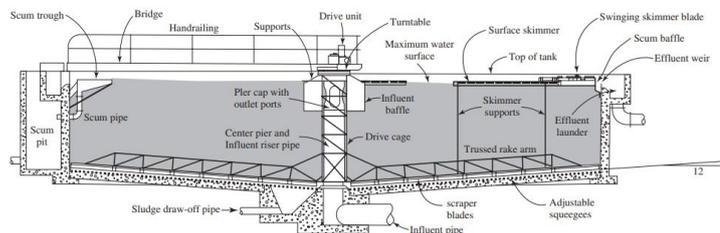
Dimensi bak ditentukan untuk mengakomodasi peralatan yang digunakan untuk menunjang kinerja bak sedimentasi. Dimensi dasar bak sedimentasi yang umum digunakan adalah berbentuk persegi panjang dan lingkaran. Perbedaan antara bak sedimentasi yang berbentuk lingkaran dan berbentuk persegi panjang adalah pola alirannya. Pada bak sedimentasi yang berbentuk lingkaran pola alirannya adalah radial. Air limbah akan masuk ke dalam bagian tengah bak yang kemudian aliran akan memasuki *feedwell* melingkar yang dirancang untuk mendistribusikan aliran air limbah secara merata ke segala arah. Adapun kelebihan dari bak sedimentasi berbentuk lingkaran adalah perawatan yang lebih sedikit, bantalan penggerak tidak berada di bawah air, dan biaya konstruksi yang lebih rendah. Adapun kekurangan dari bak sedimentasi berbentuk lingkaran adalah memerlukan lebih banyak lahan dan lebih banyak fasilitas perpipaan dan pemompaan. Untuk bak sedimentasi dengan bentuk

persegi panjang pola aliran yang dihasilkan adalah aliran longitudinal dimana air masuk dari inlet dan keluar melalui outlet. Sedangkan partikel akan mengendap pada bagian bawah. Air limbah dibawa ke dalam bak dalam saluran tertutup. Penyekat disediakan pada hilir saluran inlet untuk mengurangi kecepatan aliran memasuki saluran inlet yang kemudian aliran akan didistribusikan secara merata di seluruh luas penampang tangki



Gambar 4. Unit bak sedimentasi persegi panjang

Sumber : Davis, 2010



Gambar 5. Unit bak sedimentasi berbentuk lingkaran

Sumber : Davis, 2010

Tabel 9. Kriteria desain dimensi bak sedimentasi

Bentuk Bak	Kriteria	Range	Typical
Persegi Panjang	Panjang	10-100	25-60
	Rasio Panjang: Lebar	1-7,5	4
	Rasio Panjang: Tinggi	4,2-25	7-18
Lingkaran	Lebar	3-24	6-10
	Diameter	3-60	10-40
	Kedalaman sisi	3-6	4

Sumber: Qasim (1999)

5. Struktur inlet

Dalam mendesain struktur inlet ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain adalah pengontrolan aliran, penghilangan buih, dan perawatan fasilitas. Kecepatan aliran pada saluran inlet umumnya didesain sebesar 0,3 m/detik. Pemilihan desain struktur inlet didasarkan pada ukuran bak dan kondisi aliran. Terdapat komponen inlet yang perlu diperhatikan agar distribusi

aliran air limbah dapat berjalan dengan baik yaitu komponen sekat dan bak perata yang memiliki sistem distribusi sesuai dengan lebar bak. Perencanaan sekat harus dirancang dengan teliti sebab posisi sekat dapat mempengaruhi aliran yang akan mempengaruhi zona ruang lumpur dimana jika terjadi aliran turbulen maka lumpur yang mengendap dapat terangkat kembali dan menyebabkan lumpur ikut terbawa pada effluent bak sedimentasi. Perencanaan distribusi aliran air limbah disesuaikan dengan desain bak pengendap sehingga dapat memenuhi waktu detensi yang dipersyaratkan

6. Struktur outlet

Perencanaan struktur outlet bertujuan untuk mendistribusikan aliran yang seragam pada area yang luas dan meminimalkan adanya partikel yang sudah mengendap naik kembali. Jenis struktur outlet yang umum digunakan adalah bendung yang dapat disesuaikan untuk perataan. Bendung pada bak sedimentasi yang berbentuk persegi panjang diletakkan di bagian ujung struktur outlet sedangkan pada bak sedimentasi yang berbentuk lingkaran bendung diletakkan pada tengah bak sedimentasi.

7. Sistem pembuangan lumpur.

Lantai bak dibuat miring ke arah hopper dengan tujuan untuk memudahkan pengurasan bak dan pemindahan lumpur menuju hopper. Pada bak yang berbentuk persegi panjang kemiringan dibuat sekitar 1-2 % sedangkan pada bak sedimentasi yang berbentuk lingkaran kemiringan dibuat sekitar 40-100 mm/m diameter. Pada bak sedimentasi yang berbentuk persegi panjang terdapat beberapa peralatan untuk pengumpulan lumpur yaitu sepasang rantai konveyor tanpa ujung yang berjalan di atas sprocket yang terpasang pada poros ataupun pengumpul lumpur yang berupa jembatan bergerak yang memiliki pengikis untuk mendorong lumpur ke dalam hopper. Untuk bak sedimentasi yang berbentuk lingkaran peralatan pengumpul lumpur yang digunakan adalah mekanisme pengikisan lumpur dengan lengan radial yang memiliki bajak yang diatur miring dan ditempatkan pada bagian tengah membentang pada bak sedimentasi. Pada sistem pembuangan lumpur harus disediakan pompa penarik lumpur. Setiap penampung lumpur memiliki pipa penarikan lumpur.

Pengoperasian dan pemeliharaan yang baik sangat penting untuk menunjang kelancaran operasional bak sedimentasi. Berikut adalah beberapa permasalahan umum terkait dengan bak sedimentasi adalah:

1. Terdapat lumpur yang mengapung. Hal ini disebabkan oleh akumulasi lumpur yang berlebihan pada cekungan. Solusi yang dapat diberikan adalah memeriksa pengikis lumpur, jalur penarikan lumpur. Selain itu juga dapat meningkatkan frekuensi pembuangan lumpur
2. Rendahnya padatan yang terkandung pada lumpur dapat disebabkan oleh pengambilan lumpur yang berlebihan. Hal ini dapat diatasi dengan mengurangi frekuensi pengambilan lumpur, memasang baffle, dan memeriksa laju pemompaan
3. Lumpur yang berlebihan pada saluran inlet dapat disebabkan oleh kecepatan aliran yang rendah. Hal ini dapat diatasi dengan membersihkan saluran inlet
4. Kerusakan pada rantai pengikis dapat diperbaiki dengan mengganti peralatan yang rusak.

Adapun maintenance rutin yang dapat dilakukan untuk menjaga performa yang baik dari bak sedimentasi adalah :

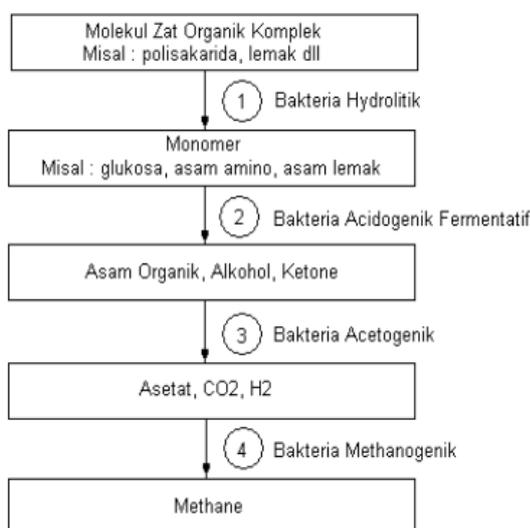
1. Membersihkan semua bagian dalam dinding dan saluran secara teratur
2. Memeriksa semua peralatan mekanis
3. Membersihkan lumpur secara rutin
4. Tentukan level lumpur dan konsentrasi aliran bawah dan sesuaikan rate pompa lumpur primer yang sesuai. Amati pengoperasian pompa buih dan sediakan selang sesuai kebutuhan
5. Periksa setiap hari motor listrik untuk operasi keseluruhan dan suhu bantalan. Periksa juga derer overload motor listrik setiap hari.
6. Periksa level oli pada gear reducer dan bearing secara teratur.
7. Kuras setiap cekungan utama setiap tahun
8. Periksa bagian bawah air dari beton struktur dan semua part mekanis

2.5.5 Unit Biofilter Anaerob-Aerob

Biofilter Anaerob-Aerob merupakan salah satu pengolahan biologis dengan biakan melekat dimana proses nya menggabungkan antara proses biofilter anaerob

dan aerob. Prinsip proses pengolahan air limbah dengan menggunakan biofilter ialah untuk mengalirkan air limbah ke dalam reaktor yang terdapat media untuk perkembangbiakan mikroorganisme dimana posisi media ini tercelup di bawah permukaan air. Air limbah akan dialirkan ke reaktor biofilter anaerob terlebih dahulu dimana akan terjadi penguraian bahan-bahan organik oleh bakteri yang bersifat anaerobik. Kemudian air limbah tadi akan dialirkan menuju ke reaktor biofilter aerob dimana mikroorganisme yang ada akan melakukan penguraian terhadap zat-zat organik yang masih tersisa dimana penguraian ini dilakukan dengan bantuan oksigen dari blower. Sehingga air limbah akan mengalami kontak dengan mikroorganisme yang menyebabkan efisiensi penghilangan polutan akan semakin meningkat. Proses aerob terjadi pada bagian akhir sebab beban pengolahan pada proses ini lebih rendah jika dibandingkan dengan proses anaerob.

Menurut Said dan Hartaja (2015) Proses biofilter anaerob menyebabkan bahan organik yang terkandung dalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida (CO_2) dan metana (CH_4) tanpa menggunakan oksigen. Pada prosesnya, hampir semua polimer organik dapat diuraikan menjadi senyawa karbon tunggal. Sebelum memasuki proses anaerobik perlu dilakukan tahap pre-treatment air limbah yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa yang beracun bagi mikroorganisme anaerobik. Reaksi yang terjadi selama proses penguraian polutan secara anaerob dapat dilihat pada Gambar 6.



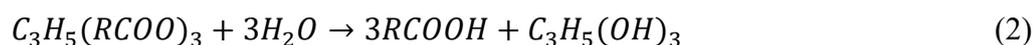
Gambar 6. Mekanisme penguraian polutan pada proses anaerobik

Sumber : Said dan Hartaja, 2015

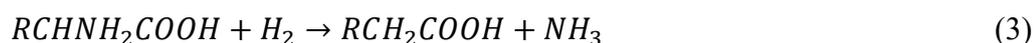
1. Hidrolisa dan pembentukan asam

Polutan organik kompleks seperti lemak, protein, dan karbohidrat akan di hidrolisa oleh enzim hydrolase pada kondisi anaerob. Hasil dari hidrolisa ini disebut dengan monomer yang berupa asam amino, peptide, dan gliserin. Kemudian monomer-monomer ini akan terurai menjadi asam-asam lemak dan gas hidrogen. Adapun reaksi dari dekomposisi ini dapat dilihat pada persamaan 2-4.

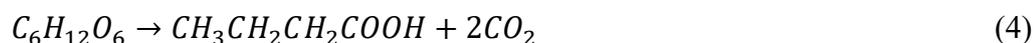
Dekomposisi lemak:



Dekomposisi protein:

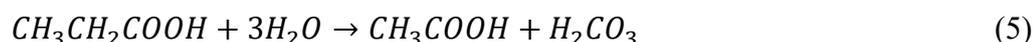


Dekomposisi Karbohidrat:



2. Pembentukan asam asetat dan hidrogen

Dekomposisi asam propionate oleh *Syntrophobacter Wolinii*:



Dekomposisi asam butirrat oleh *Syntrophomonas Wolfei*:



Dekomposisi asam laktat oleh *Clostridium Formicoaceticum*:

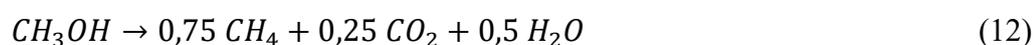
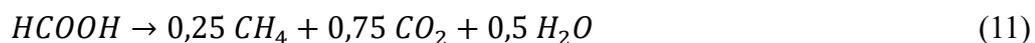


Reaksi H₂ oleh *Clostridium Aceticum* dan *Acetobacter Woodii*:



3. Pembentukan gas metan

Gas metan dihasilkan dari asam asetat, H₂, dan CO₂. Selain itu, gas metan juga dapat dihasilkan dari konversi asam formiat dan methanol. Untuk reaksi pembentukan gas metan dapat dilihat pada reaksi 9-12.



Pada proses biofilter aerob bahan organik yang tersisa akan diurai menjadi gas karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O) serta beberapa polutan seperti amoniak dan

fosfat yang tidak terurai pada proses biofilter anaerob akan tersisihkan. Penguraian polutan ini dilakukan dengan bantuan oksigen dimana kebutuhan oksigen yang diperlukan harus sebanding dengan senyawa polutan yang akan diuraikan. Adapun reaksi penguraian polutan secara aerob dapat dilihat pada persamaan 13-17.

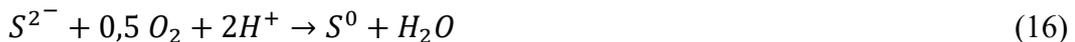
Reaksi penguraian organik :



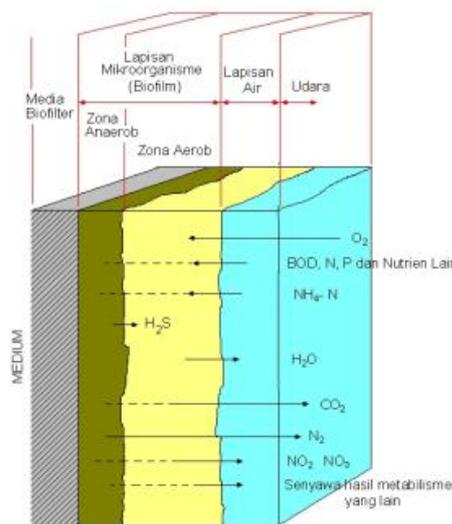
Reaksi nitrifikasi :



Reaksi Oksidasi Sulfur :



Pada biofilter akan terbentuk lapisan biofilm yang berisi mikroorganisme yang akan menguraikan polutan. Pertumbuhan mikroorganisme pada lapisan biofilm akan terus terjadi hingga lapisan biofilm menebal hingga batas maksimum. Pada batas maksimum, makanan dan oksigen tidak mampu lagi mencapai permukaan padat sehingga akan membentuk lapisan aerob dan lapisan anaerob. Jika lapisan biofilm ini cukup tebal, maka bagian luar lapisan akan berada pada kondisi aerobik sedangkan pada bagian dalam lapisan akan berada pada kondisi anaerobik. Mekanisme proses yang terjadi pada sistem biofilter dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Mekanisme proses penghilangan polutan pada biofilter

Sumber : Said dan Hartaja, 2015

Pada lapisan biofilm akan terdapat empat bagian yaitu bagian aerobik, bagian mikro-aerofilik, bagian fakultatif anaerobik, dan bagian aerobik. Pada bagian aerobik akan terjadi reaksi oksidasi heterotropik terhadap senyawa organik serta terjadi reaksi nitrifikasi dan oksidasi sulfida. Pada bagian mikro-aerofilik akan terjadi reaksi denitrifikasi dan reaksi fermentasi senyawa organik. Pada bagian fakultatif anaerobik akan terjadi reaksi reduksi sulfat dan reaksi fermentasi organik. Pada bagian anaerobik akan terjadi reaksi fermentasi senyawa organik dan reaksi metanogenesis.

Terdapat beberapa kelebihan dari penggunaan biofilter anaerob-aerob antara lain adalah pengelolannya yang mudah, biaya operasionalnya rendah sebab tidak membutuhkan banyak energi, biofilter aerob-anaerob dapat mengolah air limbah dengan beban organik yang cukup besar, dan tidak memerlukan lahan yang luas.

Media pada biofilter merupakan hal yang penting dalam proses pengolahan air limbah dengan menggunakan biofilter anaerob-aerob sebab bakteri yang akan mengurai polutan akan menempel pada media tersebut. Oleh sebab itu, pemilihan media biofilter yang sesuai dengan jenis air limbah yang akan diolah menjadi sangat penting dalam tahap perencanaan.

Adapun media filter yang umumnya digunakan pada biofilter anaerob-aerob merupakan material organik dan anorganik. Material anorganik ini dapat berupa batu kerikil, batu pecah, dan batu marmer. Sedangkan untuk material organik dapat berbentuk sarang tawon, bentuk jarring, dan bentuk tali. Terdapat beberapa kriteria untuk memilih media biofilter yaitu luas spesifik permukaan media, harga media, tingkat kemudahan pemeliharaan, kekuatan mekanis dan fleksibilitas media, dan bahan media. Untuk kriteria desain bak biofilter anaerob-aerob dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kriteria desain biofilter anaerob-aerob

	Parameter Perencanaan	Nilai	Satuan
Biofilter Anerob*	Organic loading	4-5	kgCOD/m ³ .hari
	Tinggi air di atas media	20	cm
	Waktu tinggal hidrolis dalam filter	0,5-4	hari
	Ukuran media padat	2-6	cm
	Kedalaman media filter	90-150	cm
	Luas permukaan media filter	90-300	m ² /m ³

	Parameter Perencanaan	Nilai	Satuan
	Ukuran media padat	2-6	cm
	Beban BOD per satuan media (L_A)	5-30	gBOD/m ² hari
	Beban BOD	0,5-4	kgBOD/m ³ media
Biofilter Aerob**	Waktu tinggal total rata-rata	6-8	Jam
	Tinggi ruang lumpur	0,5	m
	Tinggi bed media pembiakan mikroba	1,2	m
	Tinggi air di atas bed media	20	cm
	Ratio Sirkulasi (<i>Recycle Ratio</i>)	25 – 50	%

* Buku B SPALDT Kementerian PUPR, 2018

** Said, 2017

2.5.6 Disinfeksi

Disinfeksi pada air limbah sangat penting sebab air limbah mengandung mikroorganisme patogen yang dapat menjadi sumber penyakit. Mekanisme kerja dari proses disinfektan adalah dengan merusak dinding sel kemudian mengubah permeabilitas sel sehingga sifat koloidal pada protoplasma akan berubah dan aktivitas enzim akan terhambat yang menyebabkan komponen penting dari sel seperti enzim, protein, DNA, dan RNA akan teroksidasi sehingga mikroba akan mati akibat dari rusaknya sel dan inti sel. Beberapa hal yang mempengaruhi efektivitas disinfeksi adalah konsentrasi atau intensitas bahan disinfeksi, waktu kontak, suhu, dan jumlah dan jenis mikroorganisme yang akan dihilangkan. Metode disinfeksi terdiri dari metode secara fisika dan kimia.

1. Disinfeksi secara fisika

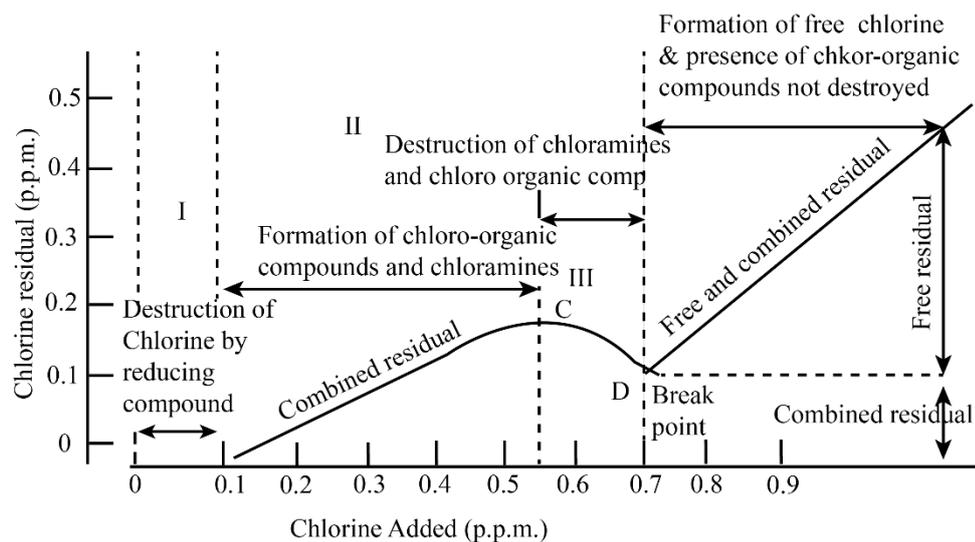
Disinfeksi secara fisika dilakukan dengan memberikan perlakuan fisik terhadap mikroba. Disinfeksi dengan cara ini umumnya menggunakan radiasi sinar UV maupun sinar gamma. Pada disinfeksi sinar UV proses disinfeksi menggunakan lampu merkuri tekanan rendah yang tertutup dalam tabung *quartz*. Tabung ini kemudian akan dicelupkan ke dalam air sehingga air ini akan mendapatkan radiasi UV dengan panjang gelombang 2.573 Å yang kemudian akan merusak RNA dan DNA dalam sel organisme yang menyebabkan inaktivasi mikroorganisme. Beberapa keunggulan menggunakan sinar UV ialah tidak meninggalkan residu kimia yang bersifat beracun, tidak menimbulkan masalah rasa dan bau. Adapun kekurangan dari penggunaan sinar UV adalah membutuhkan biaya operasional yang sangat besar dan sulit untuk menentukan dosis UV. Pada disinfeksi sinar gamma proses disinfeksi

menggunakan pancaran radiasi dari sumber radioaktif seperti kobalt 60. Meskipun penggunaan sinar gamma dianggap efektif akan tetapi radiasi yang dipancarkan dapat berpotensi negatif terhadap kesehatan dan keselamatan.

2. Disinfeksi secara kimia

Metode disinfeksi secara kimia dilakukan dengan memberikan bahan kimia ke dalam air olahan yang nantinya akan membuat mikroba menjadi mati akibat adanya kontak antara bahan kimia dengan mikroba. Bahan kimia yang dapat antara lain adalah klorin, ozon, bromin, dan bahan kimia lainnya. Tetapi bahan kimia yang populer digunakan sebagai bahan disinfeksi adalah klorin sebab klorin mudah untuk didapatkan dan harganya juga lebih murah. Pada disinfeksi dengan menggunakan klor proses yang terjadi adalah merusak membran sel. Perusakan membran sel kemudian akan menyebabkan sel kehilangan permeabilitas sehingga menyebabkan terjadinya kebocoran protein, DNA, dan RNA. Disinfeksi dengan menggunakan klor dapat menyisihkan bakteri hingga 98-99%. Disinfeksi menggunakan klorin umumnya menggunakan gas klorin (Cl_2), kalsium hipoklorit [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$], sodium hipoklorit (NaOCl), dan klorin dioksida (ClO_2).

Pada saat klorin dibubuhkan pada air limbah terjadi reaksi kimia pada air limbah dimana klorin akan menghasilkan asam hipoklorit dan ion hipoklorit yang disebut dengan residu klor bebas. Pada proses klorinasi ada yang disebut dengan *breakpoint chlorination* (BPC) yang merupakan kebutuhan jumlah klor yang diperlukan pada reaksi disinfeksi yang mengakibatkan semua zat menjadi teroksidasi, ammonia akan berubah menjadi gas nitrogen, dan masih ada sisa residu klor aktif yang konsentrasinya dianggap cukup untuk mendisinfeksi mikroorganisme yang terkandung pada air limbah. Untuk proses breakpoint chlorination dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Proses breakpoint chlorination

Sumber : Qasim, 1999

Pada proses klorinasi kemampuan disinfeksi dipengaruhi oleh waktu kontak, dosis klor, pH, dan suhu. Pada disinfeksi air limbah residu klorin yang digunakan adalah 0,5 mg/L dengan waktu kontak selama 20-30 menit. Selain itu pH air limbah harus diperhatikan sebab semakin rendah nilai pH akan semakin mudah untuk dilakukan disinfeksi.

2.6 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

Baku mutu air limbah merupakan ukuran batas atau kadar unsur pencemar yang dapat ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang ke media air dan tanah dari suatu usaha dan atau kegiatan (PP Nomor 21 Tahun 2021). Penetapan baku mutu merupakan upaya untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan sehingga yang merupakan batasan dari masing-masing parameter pencemar. Untuk baku mutu air limbah disesuaikan dengan masing-masing sumber air limbahnya karena tiap sumber air limbah memiliki baku mutu yang berbeda. Untuk baku mutu yang digunakan rumah sakit mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 Tahun 206 untuk air limbah domestik dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 untuk air limbah bahan berbahaya dan beracun yang dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11. Baku mutu air limbah bagi fasilitas pelayanan kesehatan yang melakukan pengolahan limbah domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 Tahun 2016

Tabel 12. Baku mutu air limbah bagi fasilitas pelayanan kesehatan yang melakukan pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Kimia		
pH		6-9
Besi, terlarut (Fe)	mg/L	5
Mangan, terlarut (Mn)	mg/L	2
Barium (Ba)	mg/L	2
Tembaga (Cu)	mg/L	2
Seng (Zn)	mg/L	5
Krom valensi enam (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,1
Krom total (Cr)	mg/L	0,5
Cadmium (Cd)	mg/L	0,05
Merkuri (Hg)	mg/L	0,002
Timbal (Pb)	mg/L	0,1
Stanum (Sn)	mg/L	2
Arsen (As)	mg/L	0,1
Selenium (Se)	mg/L	0,05
Nikel (Ni)	mg/L	0,2
Kobalt (Co)	mg/L	0,4
Sianida (Cn)	mg/L	0,05
Sulfida (S=)	mg/L	0,05
Fluoride (F-)	mg/L	2
Klorin bebas (Cl ₂)	mg/L	1
Amonia bebas (NH ₃ -N)	mg/L	1
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	20
Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	1
Senyawa aktif biru metilen (MBAS)	mg/L	5
Fenol	mg/L	0,5
AOX	mg/L	0,5
PCBs	mg/L	0,005
PCDFs	mg/L	10
PCDDs	mg/L	10

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014