

**EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
di RSU MATARAM**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Menempuh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :
SANTIKA AGUSTIN
NIM. 0310640050-64

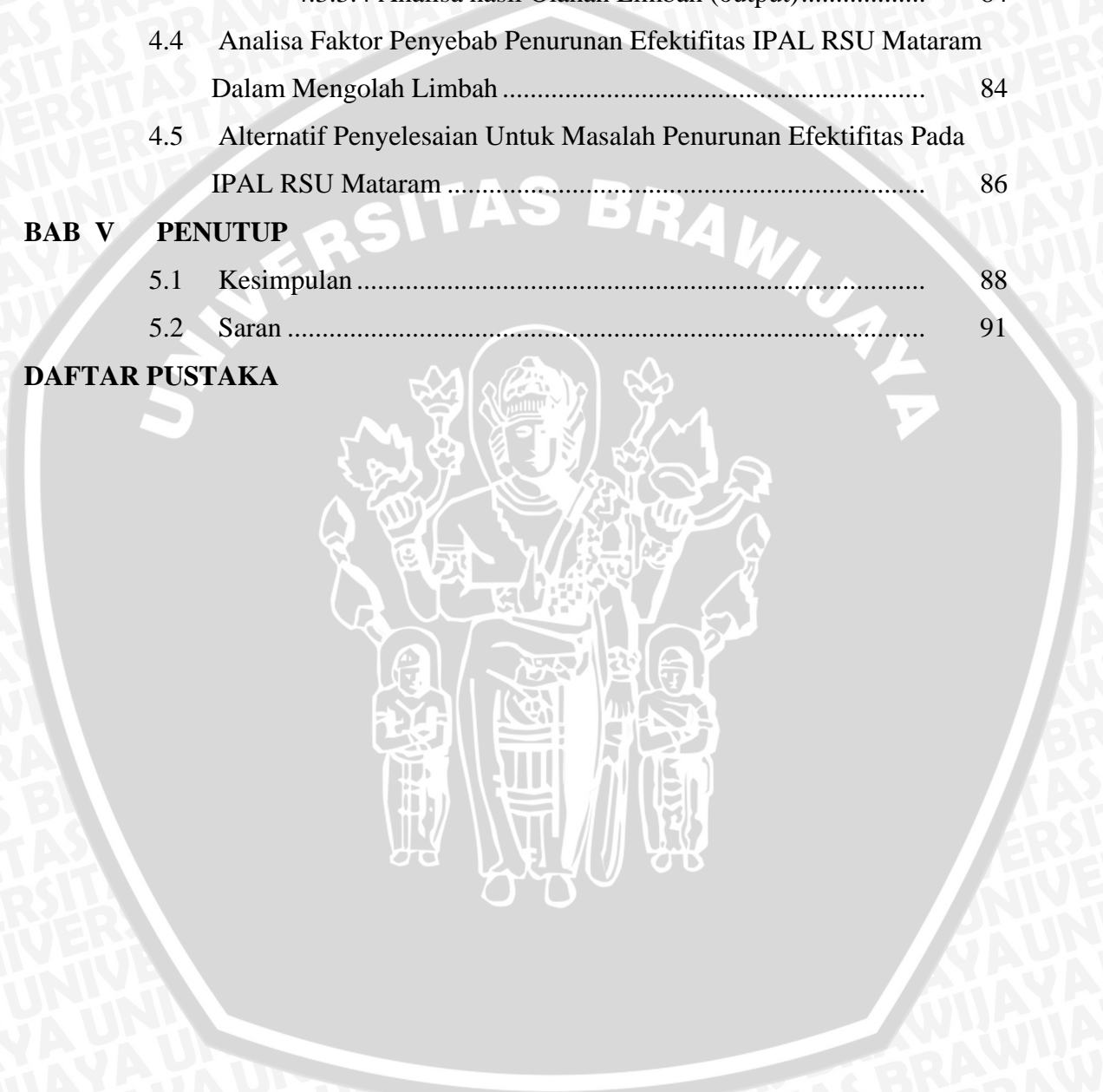
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2007

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	5
1.4. Rumusan Masalah	5
1.5. Tujuan dan Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Air Limbah	7
2.1.1. Pengertian Air Limbah	7
2.1.2. Pengertian Air Limbah Rumah Sakit	8
2.1.3. Karakteristik Air Limbah	9
2.2. Pengolahan Limbah Rumah Sakit	14
2.2.1. Pengelolaan Limbah Cair Rumah Sakit	14
2.2.1.1 Sumber-sumber Limbah Cair Rumah Sakit	15
2.2.1.2 Jenis dan Kuantitas Limbah Cair Rumah Sakit	16
2.2.1.3 Kualitas Limbah Cair Rumah Sakit	18
2.3. Unit-unit Pengolahan Air Limbah	20
2.3.1. Pengolahan Limbah Menurut Tingkatannya	23
2.3.2. Pengolahan Limbah Menurut Karakteristiknya	24
2.3.2.1. Metode Pengolahan Secara Fisik	24
2.3.2.2. Metode Pengolahan Secara Kimia	25
2.3.2.3 Metode Pengolahan Secara Biologis	26
2.4. Mekanisme Proses Pengolahan Pada Sistem Lumpur Aktif	30
2.5. Parameter-parameter Kualitas Air yang Dikaji	31
2.5.1. BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	31
2.5.2. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	32
2.5.3. Phospat	32
2.5.4. Amoniak	33

2.5.5.	<i>Total Suspended Solid</i> (Padatan tersuspensi).....	33
2.6	Evaluasi Efektifitas Pengurangan Parametr Limbah.....	34
2.6.1	Efektivitas Pengurangan BOD	34
2.6.2	Efektivitas Pengurangan COD.....	34
2.6.3	Efektivitas Pengurangan NH3	34
2.6.4	Efektivitas Pengurangan Phospat.....	34
2.6.5	Efektivitas Pengurangan TSS	35
2.7	Evaluasi dan Perhitungan Terhadap Sarana Pengolahan Air Limbah	
2.7.1	Bak Pengumpul.....	35
2.7.2	Bak Aerasi.....	35
2.7.3	Bak Pengendap ideal.....	41
2.7.4	Bak chlorinasi	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Lokasi Studi	43
3.2.	Data-data Yang Dibutuhkan	44
3.3.	Metode Pengolahan Data	44
3.4.	Langkah-langkah Penyelesaian Tugas Akhir	44
BAB IV PEMBAHASAN		
4.1	Data.....	50
4.2	Analisa Kualitas Air Hasil Pengolahan	59
4.2.1	Uji Homogenitas	59
4.3	Evaluasi Pengolahan Air Limbah RSUD Mataram	61
4.3.1	Analisa Beban Limbah.....	61
4.3.1.1	Perhitungan Efektifitas Pengurangan Parameter Limbah Berdasarkan Data Sekunder.....	61
4.3.1.2	Perhitungan Efektifitas Pengurangan Parameter Limbah Berdasarkan data Primer	69
4.3.2	Analisa bangunan Pengolah.....	71
4.3.2.1	Debit (input).....	71
4.3.2.2	Bak pengumpul (Bak Ekualisasi)	72
4.3.2.3	Bak Aerasi.....	73
4.3.2.4	Bak Sedimentasi	78
4.3.2.5	Bak chlorinasi	78
4.3.3	Analisa Proses Pengolah Limbah	79

4.3.3.1	Analisa Sistem Penyaluran	79
4.3.3.2	Analisa Sistem Pengumpulan	80
4.3.3.3	Analisa Proses Pengolahan Limbah Dengan Metode Lumpur Aktif Berdasarkan Kondisi Aktual di Lapangan.....	80
4.3.3.4	Analisa hasil Olahan Limbah (output).....	84
4.4	Analisa Faktor Penyebab Penurunan Efektifitas IPAL RSUD Mataram Dalam Mengolah Limbah	84
4.5	Alternatif Penyelesaian Untuk Masalah Penurunan Efektifitas Pada IPAL RSUD Mataram	86
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	88
5.2	Saran	91
DAFTAR PUSTAKA		



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kandungan senyawa organik dalam air buangan	11
Tabel 2.2.	Sifat-sifat fisik, kimia, biologis air limbah serta sumber asalnya	13
Tabel 2.3.	Konsentrasi rata-rata limbah cair rumah sakit berdasarkan sumber limbah	19
Tabel 2.4.	Kualitas limbah cair rata-rata	19
Tabel 2.5.	Baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit	20
Tabel 2.6.	Karakteristik operasional proses pengelolaan air limbah dengan proses biologis	28
Tabel 2.7	Oksigen terlarut (mg/l) pada berbagai suhu dan ketinggian.....	38
Tabel 2.8	Dimensi bak aerasi bentuk persegi untuk berbagai kapasitas aerator	39
Tabel 4.1	Data kualitas air parameter BOD	50
Tabel 4.2	Data kualitas air parameter COD	51
Tabel 4.3	Data kualitas air parameter Amoniak	51
Tabel 4.4	Data kualitas air parameter Phospat	52
Tabel 4.5	Data kualitas air parameter TSS	52
Tabel 4.6	Rekapitulasi parameter kualitas air terhadap baku mutu limbah rumah sakit	53
Tabel 4.7	Pemakaian rata-rata air bersih	53
Tabel 4.8	Perhitungan persentase penurunan parameter kualitas air	59
Tabel 4.9	Perhitungan variabel uji F	60
Tabel 4.10	Perhitungan analisa variansi uji F.....	60
Tabel 4.11	Analisa kualitas BOD	64
Tabel 4.12	Analisa kualitas COD	64
Tabel 4.13	Analisa kualitas TSS.....	65
Tabel 4.14	Analisa kualitas Amoniak.....	65
Tabel 4.15	Analisa kualitas Phospat.....	66
Tabel 4.16	Hasil uji air limbah pada titik inlet.....	69
Tabel 4.17	Hasil uji air limbah pada titik outlet.....	70
Tabel 4.18	Perbandingan ketentuan operasional dengan kondisi di lapangan	85
Tabel 5.1	Persentase paramater kualitas air terhadap baku mutu.....	88
Tabel 5.2	Rekapitulasi efektifitas pengurangan parameter kualitas air limbah..	89



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema pengelompokkan bahan yang terkandung di dalam air limbah.....	8
Gambar 2.2. Skema kegiatan di rumah sakit.....	18
Gambar 2.3. Skema proses pengelolaan air limbah rumah sakit	21
Gambar 2.4. Siklus nitrogen.....	39
Gambar 3.1. Peta lokasi studi.....	43
Gambar 3.2 Diagram alir pengerjaan skripsi.....	48
Gambar 3.3 Diagram alir pengambilan sampel kualitas air.....	49
Gambar 4.1 Denah alur proses pengolahan biologis air limbah.....	54
Gambar 4.2 Potongan A-A denah proses pengolahan biologis air limbah	55
Gambar 4.3 Potongan B-B denah proses pengolahan biologis air limbah.....	56
Gambar 4.4 Potongan C-C denah proses pengolahan biologis air limbah.....	57
Gambar 4.5 Potongan D-D denah proses pengolahan biologis air limbah	58
Gambar 4.6 Grafil penurunan BOD	67
Gambar 4.7 Grafik penurunan COD.....	67
Gambar 4.8 Grafik penurunan TSS	68
Gambar 4.9 Grafik penurunan Amoniak.....	68
Gambar 4.10 Grafik penurunan Phospat.....	69

RINGKASAN

SANTIKA AGUSTIN, 0310640050, Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2007, **EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH di RSUD MATARAM**. Dosen Pembimbing : Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS dan Riyanto Haribowo, ST, MT.

Instalasi Pengolahan Air Limbah di RSUD Mataram mulai digunakan pada tahun 1991. Setelah 12 (Dua belas) tahun beroperasi banyak ditemukan beberapa parameter kualitas air pada *effluent* berada di atas baku mutu Oleh karena itu diperlukan evaluasi yang bertujuan untuk menilai beban limbah pada instalasi pengolahan air limbah RSUD Mataram dan mengevaluasi secara detail sarana pengolahan limbah yang ada serta mengevaluasi efektifitas bangunan tersebut terhadap parameter kualitas air yang ada, mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan efektivitas unit instalasi pengolahan air limbah RSUD Mataram dalam mengolah limbah cair serta dapat mencari solusi yang terbaik. Sesuai dengan tujuan diatas, diharapkan bisa digunakan sebagai bahan rujukan atau masukan untuk pihak instansi terkait dalam hal ini adalah RSUD Mataram agar lebih meningkatkan kinerja dalam hal sistem operasional dan pemeliharaan pada unit instalasi pengolahan air limbah demi terciptanya lingkungan yang sehat dan juga sebagai bahan masukan untuk rekan-rekan mahasiswa lainnya.

Evaluasi instalasi pengolahan air limbah rumah sakit ini dimulai dari menganalisa beban limbah, analisa bangunan pengolah limbah (bak penampungan, bak aerasi, bak pengendapan dan bak *chlorinasi*) dan analisa proses dari lumpur aktif. Parameter kualitas air limbah yang dianalisa adalah kebutuhan oksigen biokimia (BOD), kebutuhan oksigen kimia (COD), kandungan total partikel suspensi (TSS), NH_3 dan P- PO_4 . Selain itu juga, faktor penyebab berkurangnya efektivitas IPAL juga dianalisa.

Hasil analisa beban limbah menunjukkan bahwa persentase nilai di outlet yang masih berada di atas baku mutu terhadap parameter Amoniak dan TSS sangat tinggi, dan untuk parameter BOD persentase nilai outlet yang dibawah baku mutu mencapai 91,64 % sedangkan Phospat mencapai 81,82 % dan COD 100 %. Untuk parameter TSS yang nilainya tinggi sekali di atas baku mutu disebabkan karena terjadi permasalahan di bak pengendapan dimana lumpur sulit untuk diendapkan sehingga keluar bersama *effluent*.

Hasil analisa pada proses dan bangunan pengolah limbah menunjukkan bahwa kurangnya waktu tinggal pada bak penampungan awal, sehingga harus mengubah dimensi agar dapat menambah waktu tinggal limbah sehingga bak penampungan awal dapat mengurangi kadar TSS hingga 95,5 %. Untuk menurunkan kadar amoniak hingga 44,85 mg/(l/hari) maka waktu tinggal harus mencapai 0,9 hari atau 21 jam 14 menit untuk itu debit yang masuk pada bak aerasi dibatasi 112.000 l/ hari. Sedangkan untuk faktor-faktor penyebab berkurangnya efisiensi IPAL sendiri diantaranya karena terbatasnya tenaga ahli, keterbatasan dan mahalnya peralatan lab, serta adanya kerusakan alat.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan jumlah penduduk yang pesat mengakibatkan semakin besar pula usaha untuk memenuhi kebutuhannya. Pembangunan sebagai salah satu usaha manusia untuk memenuhi kebutuhan membawa resiko terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan, sehingga struktur dan fungsi dasar ekosistem sebagai penunjang dapat rusak. Hal semacam ini dapat menjadi beban sosial, karena pada akhirnya masyarakat dan pemerintah yang harus menanggung beban pemulihannya. Oleh karena itu pemeliharannya merupakan tanggung jawab yang menuntut peran serta setiap anggota masyarakat untuk meningkatkan daya dukung lingkungan.

Istilah lingkungan hidup tidak mengenal batas wilayah negara maupun wilayah administrasi. Namun jika dikaitkan dengan pengelolaannya maka harus jelas batas pengelolaan tersebut. Oleh karena itu, lingkungan hidup merupakan sistem yang meliputi lingkungan alam hayati, lingkungan alam non hayati, lingkungan buatan dan lingkungan sosial yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup dan kesejahteraan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Pencapaian hasil pembangunan diharapkan mampu untuk meningkatkan kesejahteraan manusia lahir dan batin demi terciptanya masyarakat adil dan makmur, baik untuk generasi saat ini maupun generasi yang akan datang. Bertitik tolak dari harapan ini, dalam pelaksanaan pembangunan perlu dihindari terjadinya penurunan kualitas lingkungan hidup yang berakibat pada kehilangan keseimbangan lingkungan. Upaya untuk menjaga lingkungan adalah dengan pelestarian lingkungan itu sendiri. Dengan demikian akan tercapai kondisi lingkungan yang serasi dan seimbang.

Setiap komunitas dalam aktivitas sehari – harinya akan menghasilkan limbah baik berupa limbah padat maupun limbah cair. Limbah cair pada dasarnya berasal dari air bersih yang telah digunakan untuk berbagai keperluan bagi komunitas tersebut. Jika air limbah dibiarkan begitu saja tanpa pengolahan, maka akan terjadi dekomposisi (pembusukan) senyawa – senyawa organik yang terkandung didalam air limbah tersebut. Lebih lanjut, air limbah yang tidak diolah bisa menyebarkan penyakit akibat adanya bakteri–bakteri patogen yang terbawa dalam air limbah, atau dapat menimbulkan dampak lain terkait dengan aspek kesehatan manusia maupun lingkungan.

Air limbah seringkali mengandung nutrien–nutrien yang dapat mendorong tumbuh–tumbuhan akuatik berkembang pesat, atau tidak jarang pula air limbah mengandung senyawa – senyawa beracun dan berbahaya. Oleh karena itu, pengolahan air limbah tidak saja diinginkan akan tetapi memang diperlukan dalam suatu kehidupan masyarakat berkembang atau masyarakat maju.

Penurunan kualitas air, termasuk pencemaran air dan menurunnya kualitas lingkungan hidup, pada dasarnya merupakan salah satu masalah yang pelik dan rumit, yang terjadi di dunia pada umumnya. Masalah-masalah tersebut mempunyai keterkaitan yang bersumber pada satu masalah pokok, yaitu dinamika kependudukan pengembangan sumberdaya alam dan energi, pertumbuhan ekonomi, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta benturan tata lingkungan (Sudarmaji, 2006).

Masalah penurunan kualitas air dapat disebabkan oleh :

1. Pertambahan penduduk dengan akibat yang ditimbulkannya, termasuk pembuangan limbah, pengadaan sarana sanitasi dan pengembangan permukiman dengan segala kelengkapannya.
2. Perkembangan teknologi beserta penerapannya, sebagai contoh adalah penggunaan teknologi baru yang kurang baik penerapannya terutama ditinjau dari segi kelestarian lingkungan.
3. Perkembangan industri, baik jumlah maupun macamnya terutama industri yang banyak menghasilkan limbah, misalnya limbah yang berasal dari pabrik. Perkembangan industri kadang-kadang hanya mengejar produksi tanpa memperhatikan dampak negatif yang ditimbulkannya terhadap lingkungan sekitar. Pembuangan limbah yang mengandung zat kimia yang bersifat toksis tanpa disertai dengan pengolahan limbah lebih dahulu, akan mengakibatkan pencemaran daerah sekitarnya.

Bila limbah dibuang langsung ke perairan akan berpengaruh terhadap kualitas air perairan tersebut. Makin tinggi potensi pencemarannya, makin berat cara pengolahan limbah tersebut dan makin berat perairan menerima beban pencemaran. (Dix, 1981) mengemukakan efek pencemaran air antara lain:

1. Efek fisik, seperti partikel padat yang tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan air, proses pendinginan air yang menyebabkan kenaikan temperatur air dan perlapisan minyak pada permukaan air yang membatasi masuknya oksigen ke dalam air.

2. Pengaruh oksidasi yang disebabkan oleh aktivitas bakteri atau oksidasi dari zat organik maupun anorganik, yang kedua-duanya mengurangi oksigen terlarut dalam air.
3. Pengaruh zat kimia yang toksik yang disebabkan oleh sejumlah zat yang mengakibatkan perubahan fisik seketika maupun secara kumulatif dalam tumbuh-tumbuhan, binatang atau manusia.
4. Nutrisi kimia yang diakibatkan oleh kadar nitrat dan posfat yang tinggi.
5. Bibit penyakit yang disebabkan oleh adanya mikro organisme, yaitu bakteri dan virus yang terdapat dalam jumlah yang cukup tinggi. Sehingga membahayakan kesehatan.
6. Pengaruh radionuklida, yang disebabkan oleh akumulasi zat radioaktif dalam makanan organisme, yang dapat menyebabkan perubahan fisik pada tubuh manusia.

Perkembangan dunia kesehatan tidak lepas dari pengaruh kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat. Perkembangan tersebut hendaknya diiringi dengan peningkatan pengolahan limbah cair maupun limbah padat yang semakin beragam dari segi kualitas maupun kuantitas, khususnya yang bersumber dari rumah sakit.

Rumah sakit adalah merupakan fasilitas publik yang tidak mungkin dapat dipisahkan dengan masyarakat, dan keberadaannya sangat diharapkan oleh masyarakat, karena masyarakat tentu menginginkan agar kesehatan tetap terjaga. Oleh karena itu rumah sakit mempunyai kaitan yang erat dengan keberadaan kumpulan masyarakat tersebut (Direktorat Jendral PPM & PL Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2003)

Seperti halnya bangunan lain, rumah sakit juga memerlukan adanya air bersih untuk kebutuhannya sehari-hari. Sehingga, rumah sakit juga menghasilkan limbah cair yang mempunyai karakteristik tertentu. Maka limbah tersebut perlu mendapat penanganan dan pengolahan yang baik agar tidak berbahaya bagi lingkungan sekitar, khususnya masyarakat sekitar rumah sakit. Dengan pertimbangan alasan tersebut, maka berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor KEP-58/MENLH/12/1995, tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit maka setiap rumah sakit diwajibkan menyediakan sarana pengelolaan limbah cair maupun limbah padat agar seluruh limbah yang akan dibuang ke saluran umum harus memenuhi baku mutu limbah yang telah ditetapkan.

Salah satu cara yang efektif untuk meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan adalah dengan membangun instalasi pengolahan limbah. Dengan memperhatikan kondisi limbah baik dari kualitas dan kuantitas yang perlu diolah sehingga diperlukan suatu sistem pengolahan limbah yang terpadu yang meliputi berbagai proses. Oleh karena itu apabila suatu sistem pengolahan limbah telah tersedia maka diperlukan suatu usaha dalam memanfaatkan sarana yang ada yaitu dengan cara selalu mematuhi dan melaksanakan petunjuk teknis pelaksanaan serta dilakukan perawatan yang berkala. Hal ini bertujuan supaya kondisi sarana pengolahan limbah yang ada selalu tetap terjaga, sehingga sarana tersebut dapat berfungsi sebagai mana mestinya.

1.2 Identifikasi Masalah

Pembangunan instalasi pengolahan air limbah di Rumah Sakit Umum Mataram adalah salah satu wujud dari usaha untuk menanggulangi terjadinya pencemaran lingkungan. Sebelum adanya instalasi pengolahan air limbah, RSUD Mataram masih menggunakan cara pembuangan limbah dengan membuang limbah pada *septic tank* dengan kapasitas dan kemampuan yang terbatas. Namun, seiring dengan semakin meningkatnya jumlah pasien dan rencana pembangunan rumah sakit pada tahun-tahun yang akan datang mengakibatkan semakin besar pula debit limbah yang dibuang, sehingga mengharuskan dibangunnya suatu sistem pengolahan limbah yang terpadu dengan kapasitas serta kemampuan yang lebih besar dari sebelumnya. Instalasi pengolahan air limbah ini dibangun pada tahun 1990 dan baru mulai beroperasi tahun 1991.

Pengolahan air limbah bertujuan untuk mengurangi kadar kimia yang terkandung, total padatan serta membunuh mikroba patogen untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun serta bahan yang tidak dapat diuraikan dalam air limbah. Maka dari itu pihak rumah sakit melakukan pengawasan terhadap hasil dari pengolahan limbah agar limbah cair yang dibuang oleh pihak rumah sakit ke saluran drainasi kota Mataram tidak mencemari lingkungan.

Untuk mengetahui seberapa efektifnya instalasi pengolahan air limbah ini, maka dari itu perlu diadakan evaluasi terhadap instalasi pengolahan air limbah tersebut mulai dari inlet, proses dan outlet

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada studi ini adalah:

1. Studi ini dilaksanakan di Instalasi Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit Umum Mataram.
2. Jenis limbah adalah limbah cair rumah sakit.
3. Hanya membahas sistem pengolahan limbah cair di Rumah Sakit Umum Mataram.
4. Pembahasan hanya meliputi mulai bak pengumpul limbah sampai saluran keluaran dari sistem pengolahan limbah.
5. Parameter yang dikaji adalah BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), Phospat, Amoniak dan TSS (*Total Suspended Solid*)
6. Tidak membahas kondisi saluran mulai kamar mandi, toilet, *laundry* ke dalam bak pengumpul.
7. Tidak membahas profil dan kondisi hidrolis bangunan
8. Tidak membahas analisis ekonomi dan stabilitas bangunan

1.4 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, maka permasalahan-permasalahan yang timbul dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air hasil pengolahan IPAL RSUD Mataram terhadap standar kualitas air yang berlaku?
2. Bagaimana efisiensi IPAL RSUD Mataram dalam mengolah air limbah, dengan menganalisa parameter BOD, COD, TSS, Phospat dan Amoniak?
3. Faktor apa saja yang menyebabkan penurunan kemampuan instalasi pengolahan limbah dalam mengolah limbah?
4. Alternatif penyelesaian apa sajakah yang diberikan oleh studi ini, melihat hasil analisa yang dilakukan?

1.5 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui kondisi kualitas air limbah Rumah Sakit Umum Mataram dan untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan efektivitas unit instalasi pengolahan air limbah RSUD Mataram dalam mengolah limbah cair serta dapat mencari solusi yang terbaik.

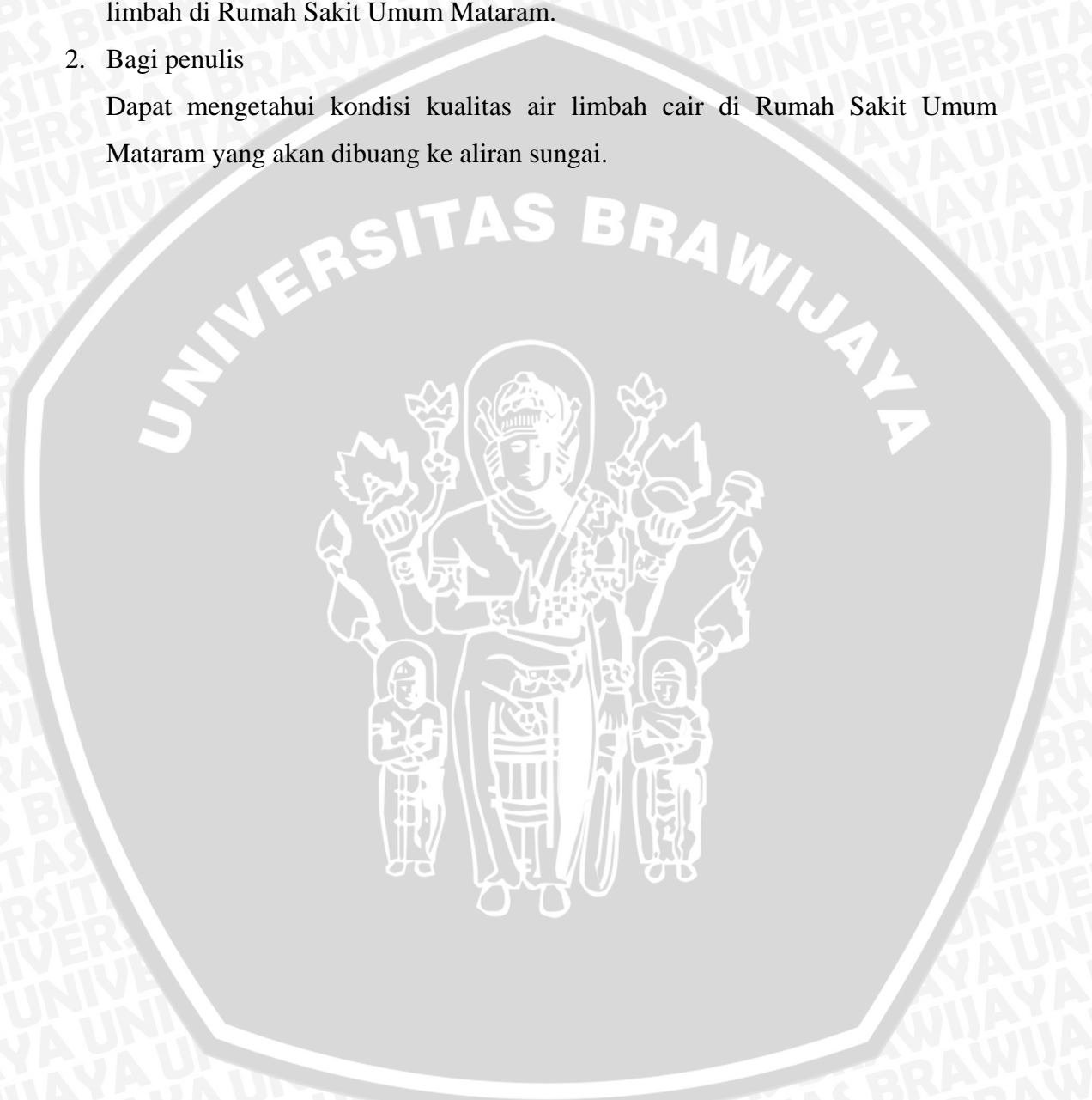
Manfaat dari studi ini adalah:

1. Bagi Rumah Sakit Umum Mataram

Sebagai masukan dalam rangka bahan pertimbangan agar dapat lebih meningkatkan upaya penanganan limbah cair sesuai ketentuan yang berlaku, serta dapat digunakan sebagai acuan dalam rangka pemantauan kualitas air limbah di Rumah Sakit Umum Mataram.

2. Bagi penulis

Dapat mengetahui kondisi kualitas air limbah cair di Rumah Sakit Umum Mataram yang akan dibuang ke aliran sungai.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

2.1.1 Pengertian Air Limbah

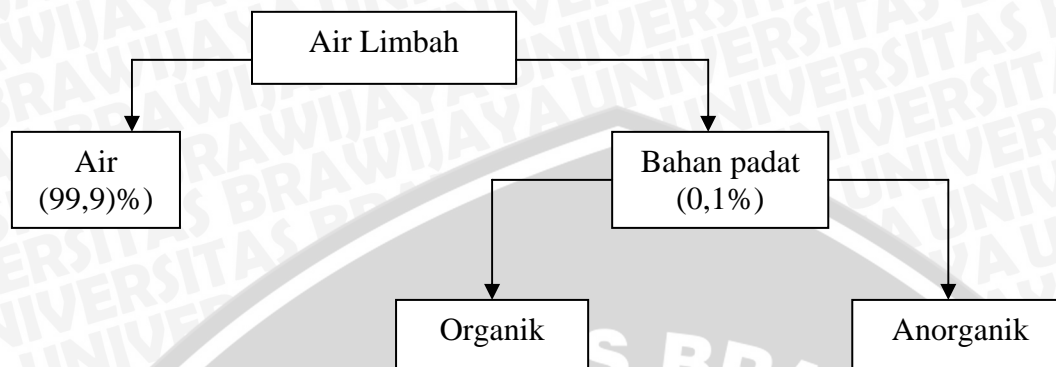
Batasan yang banyak dikemukakan mengenai air buangan umumnya meliputi komposisi serta dari mana air tersebut berasal, misalnya air buangan industri, rumah tangga, daerah pertanian, perdagangan, dan lain-lain.

Sebelum membicarakan lebih lanjut tentang air limbah, maka perlu diketahui beberapa pengertian air limbah, dari beberapa sumber yang memiliki batasan yang berbeda namun secara umum mengandung pengertian yang sama, yaitu sebagai berikut

1. Okun dan Ponghis (Suparman, S., 2002), menyatakan bahwa air limbah, seharusnya dipakai untuk mengartikan semua limbah cair rumah tangga, termasuk air kotor dan semua limbah industri yang dibuang ke sistem saluran limbah cair, kecuali air hujan dan drainase permukaan.
2. Tchobanoglous dan Eliassen (Suparman, S., 2002), mendefinisikan air limbah sebagai gabungan cairan atau sampah yang terbawa air dari tempat tinggal, kantor, bangunan perdagangan, industri, serta air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.
3. Menurut Willgooso (Djabu, U., 1991) mengartikan air limbah adalah air yang membawa sampah dari tempat tinggal, bangunan perdagangan, dan industri, serta berupa campuran air dan bahan padat terlarut atau bahan tersuspensi.
4. Menurut *Environmental Protection Agency* (Djabu, u., 1991), menyatakan air limbah adalah air yang membawa bahan padat terlarut atau tersuspensi, dari tempat tinggal, kebun, perdagangan dan industri.

Dari beberapa pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa air limbah merupakan gabungan atau campuran air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan dan perdagangan), sumber industri, dan pada saat tertentu tercampur air tanah, air permukaan, atau air hujan, yang terjadi karena sistem saluran air limbah tersebut rusak atau retak, sehingga harus diperhitungkan upaya penanganannya.

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat didalam air limbah dapat dikelompokkan seperti berikut



Gambar 2.1. Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah

2.1.2 Pengertian Air Limbah Rumah Sakit

Pengertian limbah rumah sakit menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia 1998 adalah bahan atau barang buangan padat sebagai aktifitas di dalam rumah sakit sehingga dibuang sebagai barang yang tidak berguna

Air limbah rumah sakit adalah seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan rumah sakit yang meliputi (Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2004):

- Limbah medis padat adalah limbah padat yang terdiri dari limbah infeksius, limbah patologi, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitoksis, limbah kimiawi, limbah radioaktif.
- Limbah padat non medis adalah limbah padat yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit di luar medis yang berasal dari dapur, perkantoran, taman dan halaman yang dapat dimanfaatkan kembali.
- Limbah cair adalah semua air buangan termasuk tinja yang berasal dari rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun dan radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan.
- Limbah gas adalah semua limbah yang berbentuk gas yang berasal dari kegiatan pembakaran di rumah sakit seperti *incinerator*, dapur, perlengkapan generator.

- Limbah infeksius adalah limbah yang terkontaminasi organisme patogen yang tidak secara rutin ada di lingkungan dan organisme tersebut dalam jumlah yang cukup untuk menularkan penyakit pada manusia.
- Limbah sitoksis adalah limbah dari bahan yang terkontaminasi dari persiapan dan pemberian obat sitoksis untuk kemoterapi kanker yang mempunyai kemampuan untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan sel hidup.

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

Ukuran, fungsi dan kegiatan rumah sakit mempengaruhi kondisi air limbah yang dihasilkan. Secara umum air limbah rumah sakit mengandung buangan pasien, bahan otopsi jaringan hewan yang digunakan di laboratorium, sisa makanan dari dapur, limbah *laundry*, limbah laboratorium.

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 BOD, COD, TSS.

2.1.3 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air buangan sangat penting untuk diketahui guna menentukan cara pengolahan yang tepat, terbaik dan efektif. Berikut ini akan dijelaskan beberapa macam karakteristik air buangan (Eddy dan Metcalf, 1979), yaitu:

1. Karakteristik fisik

a. Warna

Berdasarkan sifat-sifat penyebabnya, warna dalam air dibagi menjadi 2 jenis, yaitu warna sejati dan warna semu. Warna sejati disebabkan oleh koloida-koloida organik atau zat-zat terlarut. Sedang warna semu disebabkan oleh suspensi partikel-partikel penyebab kekeruhan. Warna juga merupakan ciri kualitatif untuk mengkaji kondisi umum air limbah. Jika coklat, umur air kurang dari 6 jam. Warna abu-abu muda sampai abu-abu setengah tua tandanya air sedang mengalami pembusukan oleh bakteri. Jika abu-abu tua hingga kehitaman berarti sudah busuk akibat bakteri. Air yang berwarna dalam batas tertentu akan mengurangi segi estetika dan tidak dapat diterima oleh masyarakat.

b. Bau dan rasa

Air yang memenuhi standar kesehatan harus terbebas dari bau yang biasanya disebabkan oleh bahan-bahan organik yang membusuk selain itu juga bau timbul karena adanya aktifitas mikroorganisme yang menguraikan zat organik atau reaksi kimia yang terjadi dan menghasilkan gas tertentu. Bau biasanya timbul pada limbah yang sudah lama, tetapi juga ada yang muncul pada limbah baru. Hal ini dikarenakan sumber pencemar yang berbeda.

c. Suhu

Suhu dari air limbah sangat berpengaruh terhadap kecepatan reaksi kimia dan tata kehidupan dalam air. Pembusukan terjadi pada suhu tinggi serta tingkat oksidasi yang juga lebih besar. Pengukuran suhu penting karena pada umumnya instalasi pengolah air limbah meliputi proses biologis yang bergantung suhu.

d. Kekeruhan

Air dikatakan keruh jika air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna atau rupa yang berlumut dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini antara lain yaitu: tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik dan partikel-partikel kecil yang tersuspensi lainnya. Kekeruhan biasanya disebabkan karena butiran halus yang melayang.

2. Karakteristik Kimia

Air yang mengandung bahan kimia yang berbahaya dapat merugikan kehidupan manusia, hewan dan binatang. Bahan organik terlarut dapat menghasilkan oksigen dalam air serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada air. Selain itu akan lebih berbahaya apabila bahan terlarut merupakan bahan yang beracun. Bahan kimia yang penting dan berada dalam air pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Sugiharto, 1987 : 23):

a. Senyawa Organik

Senyawa organik berasal dari kombinasi karbon, hidrogen, dan oksigen serta nitrogen dalam berbagai senyawa. Urea sebagai kandungan bahan terbanyak, di dalam urin merupakan bagian lain yang penting dalam bahan organik, sebab bahan ini diuraikan secara cepat dan jarang didapati urea yang tidak terurai berada di dalam air limbah. Semakin lama jumlah dan jenis bahan organik semakin banyak, hal ini akan mempersulit dalam pengelolaan air limbah sebab beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (Sugiharto, 1987 : 25)

Tabel 2.1 Kandungan Senyawa Organik Dalam Air Buangan

Senyawa Organik	Persentase
Protein	40% - 60%
Karbohidrat	25%- 50%
Lemak dan Minyak	10%

Sumber: Sugiharto, 1987

b. Senyawa Anorganik

Beberapa komponen anorganik dari air limbah dan air alami adalah sangat penting untuk peningkatan dan pengawasan kualitas air minum. Jumlah kandungan bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh formasi geologi dari asal air limbah berasal. Secara umum bahan anorganik yang ada dalam air terbagi dalam tiga macam yaitu: bahan butiran, bahan garam-garam mineral dan bahan metal.

Selain itu akan lebih berbahaya apabila bahan kimia tersebut merupakan bahan yang beracun. Bahan kimia yang penting yang ada di dalam air pada umumnya meliputi bahan organik, kandungan gas klorida, sulfur, deterjen, logam berta dan nitrogen.

3. Karakteristik Biologis

Baik tidaknya kualitas air secara biologis ditentukan oleh jumlah mikroorganisme patogen dan nonpatogen. Mikroorganisme patogen bisa berwujud bakteri, virus atau spora pembawa bibit penyakit. Sebaliknya yang nonpatogen, meskipun relatif tidak berbahaya bagi kesehatan, kehadirannya akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak enak. Pemeriksaan biologis di dalam air bertujuan untuk mengetahui apakah ada mikroorganisme patogen berada di dalam air.

Kelompok mikroorganisme terpenting dalam air buangan ada tiga macam, yaitu kelompok protista, tumbuh-tumbuhan, dan kelompok hewan. Kelompok protista terdiri dari protozoa, sedangkan kelompok tumbuh-tumbuhan terdiri dari paku-pakuan dan lumut. Bakteri berperan penting dalam air buangan, terutama pada proses biologis. Sedangkan protozoa dalam air buangan berfungsi untuk mengontrol semua bakteri sehingga terjadi keseimbangan. Alga sebagai penghasil oksigen pada proses fotositesis juga dapat mengurangi nitrogen yang terdapat dalam air. Namun alga juga dapat menimbulkan gangguan pada permukaan air karena kondisinya yang menguntungkan (sampai kedalaman 1

meter di bawah permukaan air) sehingga dapat tumbuh dengan cepat dan menutupi permukaan air, sehingga sinar matahari tidak mampu menembus permukaan air

Sifat-sifat fisik, kimia, biologis air limbah serta sumber asalnya ditunjukkan pada tabel 2.2



Tabel 2.2. Sifat-sifat Fisik, Kimia, Biologis Air Limbah Serta Sumber asalnya

Sifat-sifat Air Limbah	Sumber Air Limbah
- Sifat fisik :	
Warna	Air buangan rumah tangga dan industri serta bangkai benda organis.
Bau	Pembusukan air limbah dan limbah industri.
Endapan	Penyediaan air minum, air limbah rumah tangga dan industri, erosi tanah, aliran air rembesan.
Temperatur	Air limbah rumah tangga dan industri.
- Sifat kimia	
a. Organik	
Karbohidrat	Air limbah rumah tangga, perdagangan serta limbah industri.
Minyak, lemak	Air limbah rumah tangga, perdagangan serta limbah industri.
Pestisida	Air limbah pertanian.
Fenol	Air limbah industri.
Protein	Air limbah rumah tangga, perdagangan.
Deterjen	Air limbah rumah tangga, industri.
Lain-lain	Bahan bangkai organik alamiah
b. Anorganik	
Kesadahan	Air limbah dan air minum rumah tangga serta rembesan air tanah.
Klorida	Air limbah dan air minum rumah tangga, rembesan air tanah dan pelunak air.
Logam berat	Air limbah industri.
Nitrogen	Air limbah rumah tangga dan pertanian.
pH	Air limbah industri.
Fosfor	Air limbah rumah tangga dan industri serta limpahan air hujan.
Belerang	Air limbah dan air minum rumah tangga, limbah industri.

Sifat-sifat Air Limbah	Sumber Air Limbah
c. Gas-gas	
Hidrogen sulfida	Pembusukan limbah rumah tangga
Metan	Pembusukan limbah rumah tangga
Oksigen	Penyediaan air minum rumah tangga serta perembesan air permukaan
- Sifat biologis	
Binatang	Saluran terbuka dan bangunan pengolah
Tumbuh-tumbuhan	Saluran terbuka dan bangunan pelimpah
Protista	Air limbah rumah tangga dan bangunan pengolah
Virus	Air limbah rumah tangga

Sumber: Sugiharto, 1987

2.2 Pengolahan Limbah Rumah Sakit

Air limbah yang berasal dari limbah rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran air yang sangat potensial. Hal ini disebabkan karena limbah rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi juga kemungkinan mengandung senyawa-senyawa kimia lain serta mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit terhadap masyarakat di sekitarnya. Oleh karena potensi dampak air limbah rumah sakit terhadap kesehatan masyarakat sangat besar, maka setiap rumah sakit diharuskan mengolah air limbahnya sampai memenuhi persyaratan standar yang berlaku.

Dengan adanya peraturan yang mengharuskan bahwa setiap rumah sakit harus mengolah air limbah sampai standar yang diijinkan, maka kebutuhan akan teknologi pengolahan air limbah rumah sakit khususnya perlu dikembangkan. Untuk rumah sakit dengan kapasitas besar umumnya dapat membangun unit alat pengolah air limbahnya sendiri karena mereka mempunyai dana yang cukup. Tetapi untuk rumah sakit tipe kecil sampai dengan tipe sedang umumnya sampai saat ini masih membuang air limbahnya ke saluran umum tanpa pengolahan sama sekali.

2.2.1 Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair Rumah Sakit termasuk salah satu sumber pencemar utama, disamping limbah cair industri dan Rumah Tangga. Limbah cair Rumah Sakit sebagian besar mengandung zat organik, disamping mikroorganisme patogen yang

dikategorikan sebagai Bahan Beracun dan Berbahaya (B3), sehingga perlu diolah dengan baik dan benar agar tidak menimbulkan gangguan atau pencemaran lingkungan.

2.2.1.1 Sumber-sumber Limbah Cair Rumah Sakit

Sumber air limbah rumah sakit diantaranya adalah dari kamar pasien, ruang operasi, kamar bersalin, ruang gawat darurat, dan toilet memiliki kisaran yang sama dengan komposisi limbah kota yang ditunjukkan pada kandungan BOD, COD, nitrogen, dan fosfor.

1. Air Limbah dari Ruang Rawat Inap

Pada ruang rawat inap, limbah dihasilkan dari wastafel, kamar mandi dan toilet. Sumber dan kuantitas limbah cair disini sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain :

- a. Jumlah tempat tidur
- b. Pemakaian per bulan dari tempat tidur
- c. Jenis kegiatan yang ada
- d. Jumlah karyawan
- e. dan lain-lain

tetapi diantara kelima faktor tersebut, yang paling mempengaruhi adalah jumlah pasien yang rawat inap disini. Semakin bertambah jumlah pasien, maka limbah yang dihasilkan semakin besar pula.

2. Air Limbah dari Dapur (Kitchen)

Air limbah dari dapur (*Kitchen*) banyak mengandung lemak dan minyak dalam mentega. Lemak (*Fat*) adalah satu diantara senyawa organik yang stabil dan tidak mudah didekomposisi oleh bakteri. Lemak dan minyak merupakan bahan yang memiliki viskositas (Kekentalan) tinggi dan menghambat perpindahan oksigen ke air limbah. Pada sisi lain *fluidized bed* yang dimasuki lemak dan minyak, fungsinya bisa menjadi tidak normal. Bahan-bahan yang dapat menghambat transfer oksigen ke air limbah ini harus dihilangkan dengan cara pengolahan pendahuluan (*Pre-Treatment*).

3. Air Limbah dari Ruang Cuci (*Laundry*)

Air limbah dari ruang cuci (*Laundry*) memiliki karakteristik pH > 9. Kisaran pH optimum untuk proses pengolahan biologis adalah 6,5 – 8,5. pH limbah dari *laundry* harus dinetralkan menjadi 6,5 – 9 dengan air limbah lain dalam tangki *buffer*. Air limbah laundry mengandung ABS dan minyak. Jumlah material-material ini tergantung pada jenis kekotoran dan konsentrasinya. ABS dan beberapa minyak dihilangkan pada sistem *pre-treatment* untuk air limbah. Bubuk pembersih ABS mempunyai konsentrasi

fosfor tinggi. Sebagian besar fosfor dalam air limbah dihasilkan dari penggunaan bubuk ABS untuk pembersihan di dapur, laboratorium, dan *laundry*.

4. Air Limbah dari Ruang Isotop (Radiologi dan Laboratorium)

Limbah dari ruang pemrosesan ruang X terdiri dari campuran limbah *fixing agent* dan limbah larutan berkembang (*developing solution*). Limbah *fixing agent* mengandung perak (Ag) dalam konsentrasi tinggi. Limbah larutan berkembang mengandung berbagai macam senyawa kimia. Perak dan senyawa kimia merupakan senyawa racun bagi bakteri. Limbah dari ruang pemrosesan sinar X dipisahkan dan dibuang keluar dari rumah sakit.

Air limbah dari ruang radio isotop sangat berbahaya untuk manusia dan binatang. Jika rumah sakit memiliki ruang radio isotop limbahnya harus dipisahkan dan dibuang keluar dari rumah sakit. Bangunan pengolahan limbah ini tidak termasuk pengolahan limbah dari ruang radio isotop.

Dari berbagai sumber penyebab limbah cair, kegiatan di *laundry* merupakan kegiatan penghasil limbah cair paling besar, dimana sekitar 50-60% volume limbah cair berasal dari kegiatan ini, kegiatan dapur 20%, toilet 20% serta kegiatan lain-lain 10%.

Antiseptik berasal dari prosedur pencucian, sedang antibiotik dihasilkan dari air buangan pasien dan prosedur pengolahan medis. Antiseptik dan antibiotik dilarutkan dengan air limbah lain dalam tangki *buffer*. Namun mikroorganisme tidak dapat berfungsi di tempat yang memiliki konsentrasi yang dapat menghalangi fungsi.

Logam berat dan senyawa kimia dihasilkan terutama dari ruang tes patologi dan klinik serta laboratorium lain. Bila logam berat dan senyawa kimia dibuang ke sistem air limbah pada konsentrasi yang sangat tinggi. Sistem pengolahan biologis dapat dipengaruhi bahan-bahan tersebut. Asam kuat atau basa kuat mungkin juga dibuang dari laboratorium. Seperti yang dibandingkan dengan total air limbah, jika volume beban yang tinggi dihasilkan, maka material-material ini tidak boleh langsung dibuang ke saluran air limbah, namun harus dibuang secara terpisah.

2.2.1.2 Jenis dan Kuantitas Limbah Cair Rumah Sakit

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi jenis dan kuantitas limbah rumah sakit. Banyaknya limbah rumah sakit tergantung kebijakan tentang suplai dan perlengkapan maupun tipe dari spesialisasi medis yang dilaksanakan. Faktor yang mempengaruhi jenis dan kuantitas limbah cair rumah sakit antara lain:

1. Tingkat pelayanan medis

Tingkat pelayanan medis sangat berpengaruh terhadap limbah yang dihasilkan oleh suatu rumah sakit. Bagi Rumah Sakit Umum Mataram yang termasuk rumah sakit tipe B dengan pelayanan medisnya yang cukup komplit, limbah yang dihasilkan akan lebih banyak baik volume maupun jenisnya bila dibandingkan rumah sakit yang melayani beberapa pelayanan medis.

2. Jumlah kunjungan

Meliputi kunjungan poliklinik dan kunjungan keluarga yang menjenguk pasien rawat inap. Karena mereka membawa makan dan minuman dari luar maka semakin banyak dan beragam pula jenis limbah yang dihasilkan.

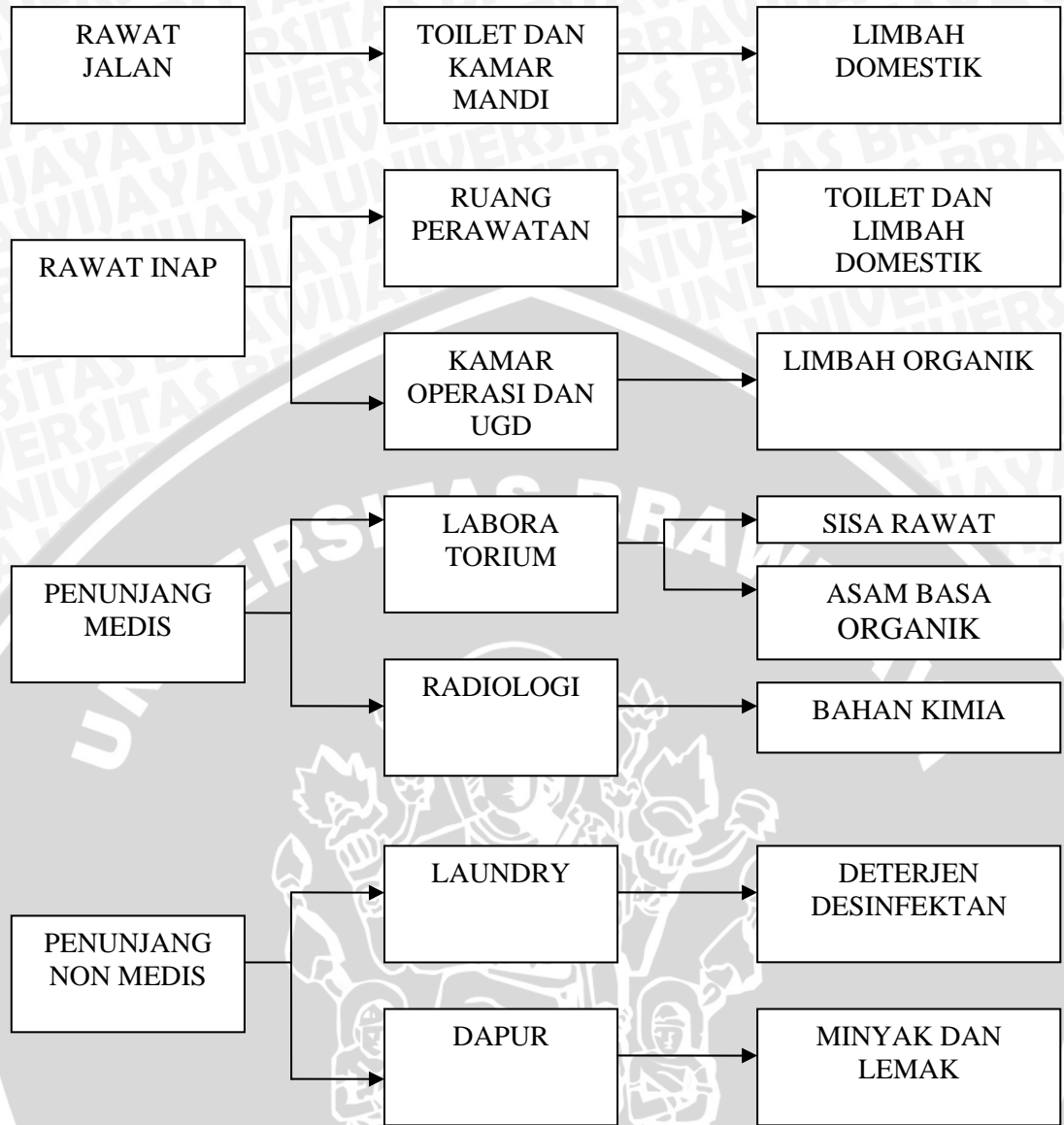
3. Jenis penyakit

Jenis penyakit akan mempengaruhi jenis limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit, misalnya limbah pasien yang menderita penyakit *typhus* akan lebih sedikit tapi lebih berbahaya dibanding limbah yang dihasilkan oleh pasien yang menderita luka akibat kecelakaan.

4. Jumlah pasien

Banyaknya jumlah pasien yang rawat inap di rumah sakit juga mempengaruhi jenis dan banyaknya limbah cair yang dihasilkan rumah sakit, maka semakin bertambah pula jumlah limbah cair yang dihasilkan.

Dari berbagai sumber penyebab limbah cair di rumah sakit, kegiatan laundry merupakan kegiatan penghasil limbah cair paling besar, dimana sekitar 50%-60% volume limbah cair berasal dari kegiatan *laundry*, kegiatan dapur 20% dan toilet 20% serta kegiatan lain 10%.



Gambar 2.2 Skema Kegiatan di Rumah sakit

Karakteristik limbah cair Rumah Sakit secara umum hampir sama dengan limbah Rumah Tangga, yaitu banyak mengandung zat organik yang ditunjukkan oleh parameter BOD, COD, TSS, amonia dan mikroorganisme pathogen.

2.2.1.3 Kualitas Limbah Cair Rumah Sakit

Dari beberapa data sekunder maupun primer, kualitas limbah cair dari beberapa sumber limbah, ditunjukkan pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Konsentrasi rata-rata limbah cair RS berdasarkan sumber limbah

No	Parameter Utama	Satuan	Konsentrasi Rata-rata				
			Dapur	Laundry	R.Radio	R.rawat	UGD
1	pH		6	12,5	6,2	6,8	5,9
2	BOD	ppm	302,0	215,0	187,0	127,0	154,0
3	COD	ppm	642,0	629,0	371,0	429,0	188,0
4	TSS	ppm	269,0	110,0	64,0	44,0	36,0
5	NH3 bebas	ppm	0,24	0,31	0,21	0,36	2,2
6	PO4	ppm	6,32	6,79	7,91	11,5	20

Sumber : Hasil penelitian Lab Tek.Penyehatan dan Lingkungan FTUI data dari 6 RS di DKI tahun 1993

Hasil pencampuran limbah cair dari berbagai sumber di atas menghasilkan kualitas limbah cair rata-rata umumnya ditunjukkan pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Kualitas Limbah Cair Rata-rata

No.	Parameter	Satuan	Influen	rata-rata
1	pH		6,5-7,5	7,1
2	BOD5	mg/l	260-645	420
3	COD	mg/l	344-980	612
4	TSS	mg/l	18,5-65	38
5	NH3	mg/l	19,6-61	40
6	Detergent anionik	mg/l	0,05-0,7	0,3
7	Phospat	mg/l	0,37	0,37
8	Phenol	mg/l	0,07-0,61	0,3
9	Sisa khlor bebas	mg/l	0	0
10	MPN Total kuman Golongan col/100 ml		160	160

Sumber : Hasil Penelitian Lab Tek.Penyehatan dan Lingkungan FTUI

Baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit berdasarkan Kepmen LH No.Kep-58/MENLH/12/1995 adalah seperti yang tercantum pada tabel 2.5 berikut

Tabel 2.5 Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Rumah Sakit

Parameter	Kadar Maksimum
FISIKA	
Suhu	30° C
KIMIA	
pH	6 – 9
BOD ₅	30 mg / L
COD	80 mg / L
TSS	30 mg / L
NH ₃ Bebas	0,1 mg / L
PO ₄	2 mg / L
MIKROBIOLOGIK	
MPN-Kuman Gol Koli / 100 ml	10.000
RADIOAKTIF	
³² P	7 x 10 ² Bq / L
³⁵ S	2 x 10 ³ Bq / L
⁴⁵ Ca	3 x 10 ² Bq / L
⁵¹ Cr	7 x 10 ⁴ Bq / L
⁶⁷ Ga	1 x 10 ³ Bq / L
⁸⁵ Sr	4 x 10 ³ Bq / L
⁹⁹ Mo	7 x 10 ³ Bq / L
¹¹³ Sn	3 x 10 ³ Bq / L
¹²⁵ I	1 x 10 ⁴ Bq / L
¹³¹ I	7 x 10 ⁴ Bq / L
¹⁹² Ir	1 x 10 ⁴ Bq / L
²⁰¹ Tl	1 x 10 ⁵ Bq / L

Sumber : Anonim, 2007

2.3 Unit-unit Pengolahan Air Limbah

Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, COD, partikel terlarut, membunuh mikroorganisme yang bersifat patogen serta menetralkan atau meminimalkan zat kimia yang bersifat racun. Selain itu, diperlukan juga tambahan pengolahan untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun, serta bahan yang

tidak dapat didegradasikan agar konsentrasi yang ada menjadi rendah. Untuk itu diperlukan pengolahan secara bertahap agar bahan tersebut di atas dapat dikurangi.

Secara garis besar tahap-tahap pengolahan limbah cair Rumah Sakit dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- Pengolahan Tahap I (Pengolahan secara fisik)
- Pengolahan Tahap II (Pengolahan secara biologis)
- Pengolahan Tahap III (Desinfeksi)

Limbah cair rumah sakit yang berupa pelarut jika dibuang bersama-sama dengan limbah cair dapat mengganggu proses biologis di dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Oleh karena itu pengelolaannya dapat dilakukan dengan cara pembakaran pada suhu tinggi dengan *incinerator* atau dapat dilakukan dengan cara pengolahan limbah B3. Proses pengolahan limbah cair rumah sakit secara umum dapat dilihat pada skema 2.3



2.3.1 Pengolahan Limbah Menurut Tingkatannya

Tingkatan pengolahan limbah tergantung dari jenis dan kondisi limbah. Adapun secara umum pengolahan menurut tingkatannya dibagi menjadi empat bagian utama yaitu: (Suparman dan Suparmin, 2002 : 106)

1. Pengolahan Pendahuluan

Pengolahan pendahuluan digunakan untuk memisahkan padatan kasar, mengurangi ukuran padatan, memisahkan minyak atau lemak, dan proses menyetarakan fluktuasi aliran bak penampung. Unit yang terdapat dalam pengolahan pendahuluan adalah:

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

2. Pengolahan Tahap Pertama

Pengolahan tahap pertama bertujuan untuk mengurangi kandungan padatan tersuspensi melalui proses pengendapan (*sedimentation*). 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 padatan tersuspensi berkurang sampai 60%. Pengurangan BOD dan padatan pada tahap awal ini selanjutnya akan membantu mengurangi beban pengolahan tahap kedua.

3. Pengolahan Tahap Kedua

Pengolahan kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya, dimana air buangan kontak dengan media yang ditumbuhi lapisan bakteri. Proses aerobik terjadi karena adanya diffuser yang mengalirkan udara dari bawah bak. Pada unit ini diperkirakan terjadi pengurangan kandungan BOD dalam rentang 35-95% bergantung pada kapasitas unit pengolahannya. Reaktor pengolah lumpur aktif dan saringan penjernihan biasanya dipergunakan dalam tahap ini. Pada proses penggunaan lumpur aktif (*actived sludge*), air limbah yang telah lama ditambahkan pada tangki aerasi dengan tujuan untuk memperbanyak jumlah bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat.

4. Pengolahan Tahap Ketiga atau Pengolah lanjutan

Beberapa standar *effluent* membutuhkan pengolahan tahap ketiga ataupun pengolahan lanjutan untuk menghilangkan kontaminan tertentu ataupun menyiapkan limbah cair tersebut untuk pemanfaatan kembali. Pengolahan tahap ini lebih difungsikan sebagai upaya peningkatan kualitas limbah cair dari pengolahan tahap kedua agar dapat dibuang ke badan air penerima dan penggunaan kembali *effluent* tersebut.

Pengolahan tahap ketiga, disamping masih dibutuhkan untuk menurunkan kandungan BOD, juga dimaksudkan untuk menghilangkan senyawa fosfor dengan bahan kima sebagai koagulan, menghilangkan sisa bahan organik dan senyawa penyebab warna melalui proses absorpsi menggunakan karbon aktif, menghilangkan padatan terlarut melalui proses pertukaran ion, osmosis balik maupun elektrodialisis.

2.3.2 Pengolahan Limbah Menurut Karakteristiknya

Menurut sifat limbah, maka proses pengolahannya dapat digolongkan menjadi 3 proses, yaitu proses fisika, kimia dan biologis. Proses ini tidak berjalan sendiri-sendiri, namun terkadang harus dilaksanakan secara kombinasi.

2.3.2.1 Metode Pengolahan Secara Fisik

Metode ini meliputi penyaringan, pengecilan ukuran, pembuangan serpih, pengendapan dan filtrasi.

1. Penyaringan

Tujuan utama dari penyaringan adalah memisahkan padatan tidak terlarut dan bahan kasar lain dengan ukuran yang cukup besar. Ukuran saringan juga bervariasi, yaitu saringan kasar (ϕ 50 mm), saringan sedang (ϕ 12mm-40mm), dan saringan halus (ϕ 1,6 mm-3 mm). Bahan saringan umumnya adalah kawat baja yang dianyam atau jeruji besi. Penyaringan akan membuang sekitar 20 % bahan padat terapung yang ada dalam air limbah.

2. Pengecilan Ukuran

Padatan kasar dihaluskan agar menjadi kecil dengan menggunakan alat pencacah. Karena ukuran bahan padat diperkecil, maka mereka akan lolos melalui saringan menuju pengolahan selanjutnya.

3. Pembuangan Serpih

Kolam serpih yang direncanakan secara khusus digunakan untuk membuang partikel-partikel anorganik (berat jenis kira-kira 1.6-2.65), misalnya pasir, kerikil, kulit telur, tulang dan lain-lain. Tujuan kolam ini lebih utama untuk

mencegah kerusakan pompa dan untuk mencegah penumpukan bahan tersebut di dalam kolam lumpur aktif.

4. Pengendapan

Fungsi utama dari kolam pengendapan adalah untuk membuang bahan terlarut dari air limbah yang masuk.

Proses pengendapan dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

- *Discrete Settling*

Proses pengendapan yang terjadi yaitu pengendapan partikel tanpa mengalami perubahan bentuk, ukuran maupun berat partikel.

- *Floculet Settling*

Proses pengendapan ini pada dasarnya sama dengan *discrete settling*, namun perhitungan secara matematis sulit dilakukan. Hal ini terutama mengingat sulitnya menetapkan diameter partikel yang ukurannya bervariasi karena selama partikel bergerak akan menarik partikel lain untuk bergabung sehingga kecepatan pengendapannya berbeda-beda. Kebanyakan partikel tersuspensi yang berasal dari limbah industri umumnya mengandung sifat ini.

- *Zone Settling*

Zone settling merupakan proses pengendapan secara kimia karena pada tahap ini digunakan zat kimia yang bersifat koagulan. Proses ini adalah proses pengendapan partikel dimana gerakan partikel saat mengendap terjadi secara serentak dan bersamaan. Bahan koagulan yang umum dipakai adalah *Alum* [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$].

2.3.2.2 Metode Pengolahan Secara Kimia

Proses pengolahan secara kimia adalah menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar dalam limbah. Proses utama dilakukan dalam metode ini adalah pengendapan kimiawi dan klorinasi.

1. Pengendapan Kimiawi

Dapat digunakan untuk meningkatkan pembuangan bahan tersuspensi atau jika pengendapan secara fisik tidak berfungsi secara optimal. Bahan koagulan yang sering dipakai adalah *Alum* atau dikenal dengan tawas dan *lime* (kapur) CaO .

Pengendapan kimiawi akan berhasil dengan baik jika perbandingan antara koagulan dengan air tepat. Manfaat tahap ini adalah sebagai usaha untuk meningkatkan kapasitas dari bak pengendap biasa yang kelebihan beban namun kerugiannya adalah menambah biaya operasional.

2. Klorinasi

Klorinasi digunakan untuk mengurangi bakteri yang bersifat patogen. Mekanismenya yaitu dengan merusak enzim utama yang ada dalam sel bakteri sehingga dinding selnya menjadi rusak atau bahkan hancur. Akibatnya bakteri akan mati. Klorinasi dapat digunakan sebagai langkah akhir dalam pengolahan air limbah.

2.3.2.3 Metode Pengolahan Secara Biologis

Untuk mengolah air limbah yang mengandung senyawa organik umumnya menggunakan teknologi pengolahan air limbah secara biologis atau gabungan antara proses biologis dengan proses kimia dan fisika. Tujuannya mengurangi zat organik melalui biokimia oksidasi dengan cara memanfaatkan mikroorganisme. Pengolahan limbah dengan cara ini terdiri dari 3 kondisi, yaitu:

1. Proses secara *aerob* yang merupakan pengolahan limbah pada kondisi tersedia oksigen bagi bakteri untuk menguraikan limbah. Proses biologis *aerob* biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar. Pengolahan air limbah secara biologis aerob secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

a. Proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*)

Adalah sistem dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Contoh proses pengolahan dengan sistem ini adalah proses lumpur aktif.

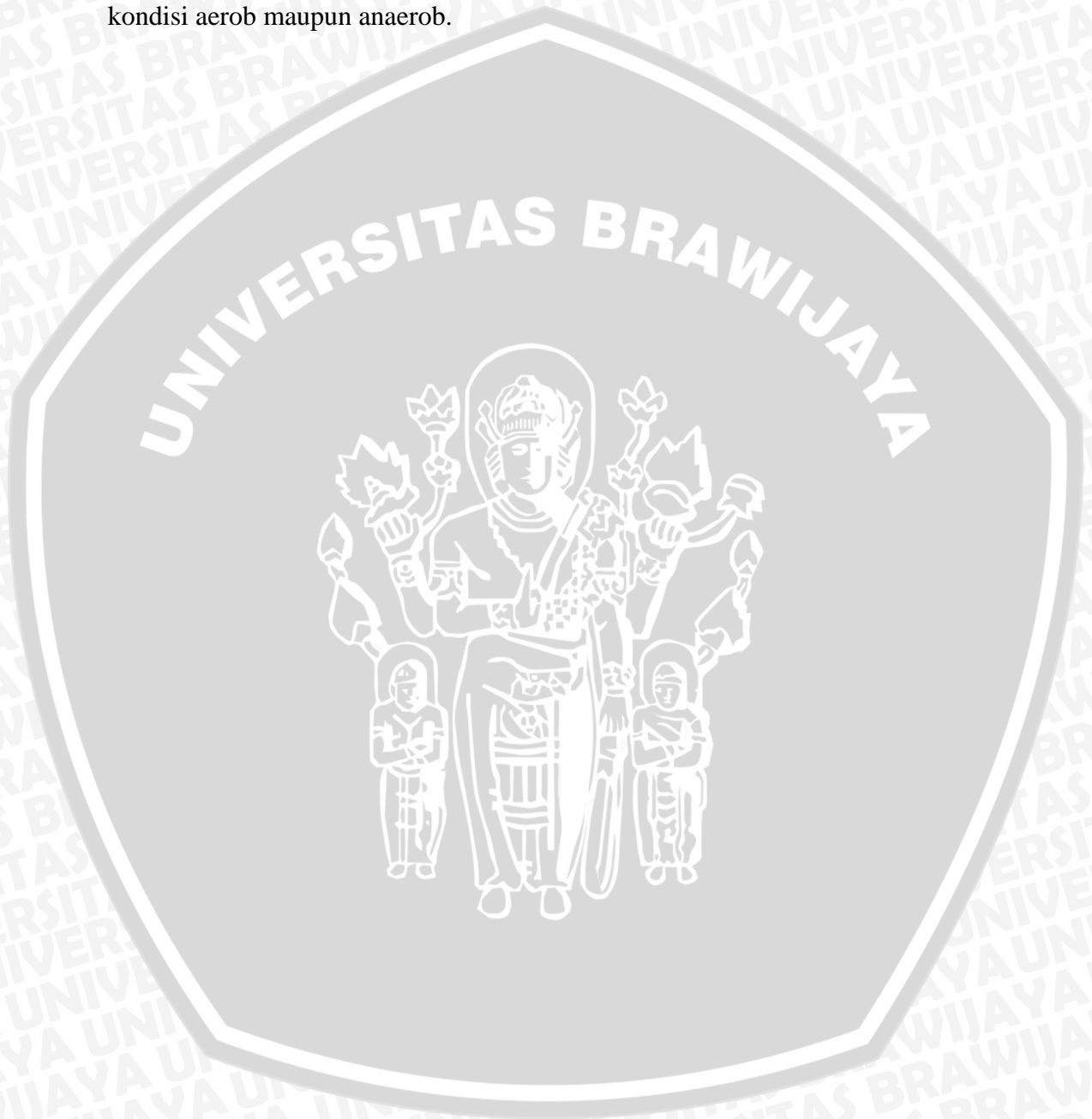
b. Proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*)

Adalah proses pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah dengan cara ini antara lain: *trickling filter* atau biofilter, *rotating biological contactor* (RBC).

c. Proses biologis dengan kolam atau lagoon

Proses pengolahan air limbah dengan kolam atau lagoon adalah dengan menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga dengan aktifitas mikroorganisme yang tumbuh secara alami, senyawa polutan yang ada dalam air akan terurai.

2. Proses secara anaerob, yaitu pengolahan pada kondisi tanpa adanya oksigen sehingga bakteri anaerob menguraikan zat organik menjadi gas metan dan gas CO₂.
3. Proses fakultatif, yaitu pengolahan limbah dimana bakteri yang ada mempunyai kemampuan adaptasi tinggi, dimana bakteri tersebut mampu bertahan pada kondisi aerob maupun anaerob.



Tabel 2.6 Karakteristik Operasional Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biologis

JENIS PROSES	EFISIENSI PENGHILANGAN BOD (%)	KETERANGAN
1. PROSES BIOMASA TERSUSPENSI		
- 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
- 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
2. PROSES BIOMASA MELEKAT		
- TRICKLING FILTER	80 - 90	Sering timbul lalat dan bau. Proses operasinya mudah
- 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 fospor.
- BIOFILTER ANAEROBIC	65 - 80	Memungkinkan waktu tinggal yang lama, lumpur yang terjadi kecil.
3. LAGOON	60 - 80	Memerlukan waktu tinggal yang lama dan area yang dibutuhkan sangat luas.

Sumber: Direktorat Jendral PPM & PL Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2003

Unit yang digunakan dalam pengolahan secara biologis yaitu unit aerasi (reaktor lumpur aktif) dan kolam stabilisasi.

1. Unit aerasi

Sebuah kolam aerasi pada dasarnya merupakan unit pengolahan limbah dimana oksigen dimasukkan dengan menggunakan aerator mekanik sehingga tidak mengandalkan produksi oksigen dari udara bebas ataupun hasil fotosintesis. Fungsi dari kolam aerasi adalah:

- Sebagai tambahan oksigen
- Untuk membuang CO₂ dan gas-gas terlarut lainnya
- Untuk membuang H₂S guna mengurangi bau serta mereduksi Fe.

Untuk memenuhi fungsi tersebut maka diperlukan transfer oksigen yang cukup dalam air limbah. Transfer oksigen adalah perpindahan oksigen dari wujud gas menjadi cair sehingga dapat meningkatkan kandungan oksigen terlarut. Aerator berfungsi mempercepat proses transfer. Aerator digunakan jika kadar BOD > 50 mg/liter. Kapasitas dalam mentransfer oksigen dengan suhu 20° C (kw/jam). Besar kecilnya oksigen yang terlarut dalam air limbah dipengaruhi oleh:

- Suhu
- Pergolakan permukaan air
- Luas daerah permukaan
- Tekanan atmosfer dan persentase oksigen di udara

2. Kolam Stabilisasi

Dalam kondisi ini terjadi hubungan simbiosis mutualisme antara ganggang dan mikroorganisme. Ganggang melalui proses fotosintesis menghasilkan oksigen. Dari oksigen yang dihasilkan digunakan bakteri untuk oksidasi bahan organik yang nantinya dapat digunakan sebagai makanan ganggang dan oksigen tersebut dapat pula digunakan untuk proses respirasi atau pernafasan ganggang itu sendiri. Hasil akhirnya adalah karbondioksida, amonia dan fosfat. Kolam stabilisasi sebaiknya tidak dibangun di dekat pemukiman penduduk untuk menghindari keluhan baunya.

2.4 Mekanisme Proses Pengolahan Pada Sistem Lumpur Aktif

Sistem ini merupakan proses penanganan limbah cair secara oksidasi biologis, maka proses lumpur aktif tergantung pada aktivitas metabolik dari mikroba yang menggunakan limbah organik sebagai substansi respirasi dan sintesa sel.

Mekanisme umum yang terjadi pada sistem lumpur aktif adalah sebagai berikut: limbah cair yang mengandung bahan organik sebagai pasokan nutrisi dialirkan ke dalam tangki aerasi. Bakteri akan memanfaatkan bahan organik tersebut untuk pertumbuhan dengan memanfaatkan oksigen terlarut dan melepaskan karbon dioksida. Protozoa yang ada akan memangsa bakteri, padatan tersuspensi dan padatan terlarut untuk menghasilkan energi dan reproduksi. Cairan hasil proses tersebut dialirkan ke tangki pengendapan flok mikroba dipisahkan secara gravitasi dan *effluent* yang jernih dialirkan ke pembuangan limbah. Flok mikroba dapat dikembalikan ke tangki aerasi, sehingga proses penghilangan bahan organik limbah dapat berlangsung dengan lebih cepat.

Adapun deskripsi proses pengolahan sistem lumpur aktif dapat diuraikan sebagai berikut: (Departemen Kesehatan RI Direktorat Jenderal PPL & PLP)

1. Limbah cair dari sumber pembuangan limbah di RS dialirkan ke saluran pipa penerima melalui bak-bak kontrol, kemudian mengalir menuju ke bak-bak penampungan atau bak pengangkat terdekat
2. Limbah cair dari bak-bak pengangkat dialirkan ke bangunan instalasi pengolahan air limbah secara otomatis dengan bantuan pompa, apabila volume limbah cair dalam bak pengangkat telah mencapai ketinggian tertentu.
3. Pada instalasi pengolahan air limbah, pertama kali limbah cair rumah sakit dialirkan ke dalam bak aerasi setelah terlebih dahulu dilewatkan melalui unit-unit pengolahan pendahuluan yang dapat berupa saringan kasar, bak penangkap lemak, bak pengendap pasir (*Grit Chamber*). Pada bak aerasi, limbah cair diberi oksigen dari udara melalui *blower* atau aerator, sehingga kandungan oksigen terlarut (DO) cukup untuk kehidupan mikroorganisme aerob, yaitu minimal 2mg/L dan diharapkan tidak melebihi 4 mg/L, karena dapat menghambat proses denitrifikasi.
4. Limbah cair yang telah diaerasi dan telah mempunyai kandungan oksigen yang cukup, dialirkan ke dalam bak pengendap untuk memberi kesempatan mikroorganisme menguraikan bahan-bahan organik menjadi biomassa yang nampak sebagai flok-flok mengendap ke dasar bak dalam bentuk lumpur dan selanjutnya dialirkan ke bak pengumpul lumpur. Lumpur ini mengandung banyak mikroorganisme yang pada suatu saat akan kehabisan oksigen terlarut dan bahan makanannya. Oleh karena itu sebagian atau seluruh

lumpur dikembalikan atau diresirkulasi ke bak aerasi agar memperoleh nutrisi atau makanan dari limbah cair yang baru dan mendapatkan lagi tambahan oksigen.

5. Cairan supernatan yang meluap dari bak pengendap menuju bak kontak klorin disertai pemberian larutan kaporit agar terjadi kontak antara limbah limbah cair yang terolah dengan klor, sehingga diharapkan dapat mematikan bakteri-bakteri yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia, apabila limbah cair hasil pengolahan ini dialirkan ke lingkungan.
6. Pada kondisi kandungan lumpur di bak aerasi sesudah berlebihan sehingga jumlah mikroorganismenya terlalu banyak atau tidak sebanding dengan tersedianya bahan-bahan organik yang akan dirombaknya, maka lumpur dari bak pengendap atau bak pengumpul atau bak pengental lumpur dialirkan dengan pompa menuju ke tempat pengeringan lumpur (*Sand Drying Bed*)

2.5 Parameter-parameter Kualitas Air Yang Dikaji

2.5.1 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau milligram per liter (mg/L) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali (Sugiharto, 198:6). Apabila dalam air banyak mengandung bahan-bahan organik, akan mengakibatkan semakin banyaknya oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan bahan-bahan organik tersebut, sehingga kandungan oksigen dalam air akan semakin menurun. Pemeriksaan kadar BOD pada limbah Rumah Sakit sangat penting, karena nilai BOD merupakan parameter pencemar air limbah yang dapat menunjukkan derajat pengotoran air limbah dan BOD juga merupakan petunjuk dari pengaruh yang diperkirakan terjadi pada badan air penerima berkaitan dengan pengurangan kandungan oksigennya. Secara umum, derajat pengolahan yang dicapai oleh bangunan dipilih sedemikian rupa sehingga BOD *effluent* tidak akan menurunkan derajat kandungan oksigen sampai tingkat tertentu pada badan air penerima agar badan air dapat tetap berfungsi sebagaimana peruntukannya.

Bila terdapat oksigen dalam jumlah cukup, maka pembusukan biologis secara aerobik dari limbah organik akan terus berlangsung sampai semua bahan organik yang ada habis. Bila hanya oksidasi pada karbon organik dalam air limbah saja yang diperhitungkan, maka BOD tertinggi adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan air limbah.

Dalam suatu kajian perancangan instalasi pengolahan air limbah parameter BOD memiliki peran penting antara lain :

1. Untuk menentukan pendekatan kuantitas oksigen yang diperlukan secara biologi untuk menstabilkan materi organik yang ada
2. Menentukan kapasitas fasilitas pengolahan air limbah
3. Menentukan efisiensi beberapa proses pengolahan dan
4. Menentukan debit air limbah yang diperlukan

2.5.2 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau millimeter per liter (mg/L) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi (Sugiharto, 1987:6). Pemeriksaan kadar COD penting, karena angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen di dalam air. Oleh karena itu dibutuhkan bantuan yang kuat dalam kondisi asam. Besarnya perbandingan COD dan BOD tergantung ada atau tidaknya zat racun yang mengganggu kerja bakteri.

Meskipun diharapkan bahwa nilai BOD tertinggi akan mendekati COD, namun hal itu jarang terjadi dalam praktek. Sebab terjadinya perbedaan tersebut antara lain:

1. Banyak zat-zat organik yang dapat dioksidasi secara kimiawi tapi tidak dapat secara biologis.
2. Zat-zat anorganik yang dioksidasi dengan dichromat menaikkan kandungan zat organik yang nampak.
3. Zat-zat organik tertentu yang mungkin merupakan racun bagi mikroorganisme.
4. Nilai COD yang tinggi mungkin terjadi karena adanya zat-zat pengganggu.

2.5.3 Phospat

Phospat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Karakteristik fosfor sangat berbeda dengan unsur-unsur utama lain yang merupakan penyusun biosfer karena unsur ini tidak terdapat di atmosfer. Fosfor total menggambarkan jumlah total fosfor, baik berupa partikulat maupun terlarut, anorganik maupun organik. Fosfor organik banyak terdapat pada perairan yang banyak mengandung bahan organik. Semua polifosfat mengalami hidrolis membentuk ortofosfat. Perubahan ini tergantung suhu. Perubahan polifosfat menjadi ortofosfat pada air limbah yang mengandung bakteri berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan perubahan yang terjadi pada air bersih.

Tingginya kandungan fosfat akan merangsang pertumbuhan tumbuhan air yang berakibat oksigen terlarut dalam air sungai berkurang. Senyawa ini umumnya berasal dari sisa deterjen. Fosfat tidak bersifat toksik bagi manusia maupun hewan. Namun keberadaan fosfat secara berlebihan akan dapat mengakibatkan ledakan pertumbuhan alga pada perairan (*algae bloom*). Alga yang berlimpah ini dapat membentuk lapisan pada permukaan air, yang selanjutnya akan menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari sehingga kurang menguntungkan bagi ekosistem perairan.

2.5.4 Amonia (NH₃)

Amonia dan garam-garamnya bersifat mudah larut dalam air. Sumber amonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik yang terdapat di dalam tanah dan air yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur.

Tinja dari biota akuatik yang merupakan limbah aktivitas metabolisme juga banyak mengeluarkan amonia. Sumber amonia yang lain adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri, dan domestik. Amonia yang terdapat dalam mineral masuk ke badan air melalui erosi tanah. Di perairan alami, pada suhu dan tekanan normal amonia berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan gas ammonium.

2.5.5 Total Suspended Solid (Padatan Tersuspensi)

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen. Air buangan Rumah Sakit mengandung jumlah padatan tersuspensi dalam jumlah yang sangat bervariasi. Limbah cair Rumah Sakit mengandung padatan tersuspensi maupun larutan yang akan mengalami perubahan fisik, kimia dan hayati serta akan menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhan kuman. Jika air limbah ini dibiarkan akan menjadi coklat kehitaman serta berbau busuk. Padatan tersuspensi dalam air akan mengurangi cahaya yang masuk kedalam air sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fermentasi.

2.6. Evaluasi Efektivitas Pengurangan Parameter Limbah

2.6.1. Efektivitas Pengurangan BOD₅

Perhitungan efektivitas pengurangan BOD₅ pada IPAL ini adalah sebagai berikut :

$$\eta_{BOD_5} = \frac{BOD_{inlet} - BOD_{outlet}}{BOD_{inlet}} \cdot 100\% \quad (2-1)$$

Dimana BOD_{inlet} = Kadar BOD di inlet

BOD_{outlet} = Kadar BOD di outlet

2.6.2. Efektivitas Pengurangan COD

Perhitungan efektivitas pengurangan COD pada IPAL ini adalah sebagai berikut

$$\eta_{COD} = \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \cdot 100\% \quad (2-2)$$

Dimana COD_{inlet} = Kadar COD di inlet

COD_{outlet} = Kadar COD di outlet

2.6.3. Efektivitas Pengurangan NH₃

Perhitungan efektivitas pengurangan NH₃ pada IPAL ini adalah sebagai berikut

$$\eta_{NH_3} = \frac{NH_{3inlet} - NH_{3outlet}}{NH_{3inlet}} \cdot 100\% \quad (2-3)$$

Dimana NH_{3inlet} = Kadar NH₃ di inlet

$NH_{3outlet}$ = Kadar NH₃ di outlet

2.6.4. Efektivitas Pengurangan P-PO₄

Perhitungan efektivitas pengurangan P-PO₄ pada IPAL ini adalah sebagai berikut

$$\eta_{P-PO_4} = \frac{P-PO_{4inlet} - P-PO_{4outlet}}{P-PO_{4inlet}} \cdot 100\% \quad (2-4)$$

Dimana $P-PO_{4inlet}$ = Kadar $P-PO_{4inlet}$ di inlet

$P-PO_{4outlet}$ = Kadar $P-PO_{4outlet}$ di outlet

2.6.5. Efektifitas Pengurangan TSS

Perhitungan efektifitas pengurangan TSS pada IPAL ini adalah sebagai berikut

$$\eta_{TSS} = \frac{TSS_{inlet} - TSS_{outlet}}{TSS_{inlet}} \cdot 100\% \quad (2 - 5)$$

Dimana TSS_{inlet} = Kadar TSS_{inlet} di inlet

TSS_{outlet} = Kadar TSS_{outlet} di outlet

2.7. Evaluasi dan Perhitungan Terhadap Sarana Pengolahan Air Limbah.

Tinjauan dalam evaluasi perhitungan bangunan pengolahan air limbah yang ada meliputi segi hidrolis dan biologis.

2.7.1. Bak Pengumpul

Bak pengumpul berfungsi untuk menampung limbah sementara sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Berfungsi juga untuk menjaga kestabilan aliran limbah pada saat pengaliran limbah kedalam proses pengolahan serta menghomogenkan limbah dari berbagai macam masukan limbah yang berbeda-beda. Tetapi biasanya sebelum masuk ke bak pengumpul dilakukan pengolahan pendahuluan (*Pre Treatment*), terutama untuk limbah yang berasal dari *laundry* (penyucian) dan *kitchen* (dapur) sebagaimana yang sudah diutarakan diatas bahwa *pre treatment* dilakukan untuk menghilangkan lemak dan busa yang dapat mengganggu pada saat berada di IPAL.

2.7.2 Kolam Aerasi

Air limbah telah melewati bak pengendap kemudian dialirkan ke kolam aerasi untuk memulai proses aerasi selama 20 – 24 jam secara kontinyu. Suatu kolam aerasi pada dasarnya adalah sistem kolam untuk pengolahan air limbah oksigen dimasukkan dengan aerator-aerator mekanik sehingga mempunyai kesempatan berhubungan seluas-luasnya dengan udara dan tidak hanya mengandalkan produksi oksigen dari proses fotosintesis.

Proses oksidasi dalam kolam aerasi memerlukan penambahan oksigen dari udara yang dilakukan dengan bantuan aerator. Jumlah pemakaian aerator pada setiap kolam aerasi disesuaikan dengan keadaan beban pencemaran air limbah yang masuk. Pemakaian aerator tersebut berhubungan dengan jumlah oksigen yang dibutuhkan. Jadi fungsi aerator dalam kolam aerasi secara umum adalah:

1. Mendispersikan oksigen ke kolam aerasi serta mempercepat transfer oksigen

2. Sebagai pengadukan air limbah

Dengan teraduknya air limbah oleh baling-baling aerator, akan membantu bakteri di dalam air limbah untuk berkontak dengan limbah baru. Dalam hal ini bakteri akan terus tumbuh karena nutrisinya terpenuhi sehingga proses pengolahan dapat berlangsung terus.

3. Menjaga kontinuitas aliran air limbah, sehingga tidak menimbulkan endapan lumpur di dasar kolam aerasi. Jika terjadi endapan lumpur akan menyebabkan suasana anaerob yang dapat mengganggu proses pengolahan.

Untuk kegunaan desain maka nilai transfer oksigen tersebut harus disesuaikan dengan kondisi lapang yang tergantung pada ketinggian tempat dan temperatur. Adapun persamaan yang diberikan adalah (Steel, 1979:505):

$$N = N_o \frac{(\beta \cdot C_{ws} - C_1)}{C_{s_{20}}} 1.024^{T_w - 20} \quad (2 - 6)$$

- Dimana: N = Transfer oksigen pada kondisi lapang (kg Oz.kW⁻¹.jam⁻¹)
 N_o = Transfer oksigen pada kondisi standar (kg Oz.kW⁻¹.jam⁻¹)
 β = Factor koreksi ketinggian, biasanya 1.
 C_{ws} = Konsentrasi oksigen jenuh yang tergantung pada ketinggian dan suhu T (mg.l⁻¹)
 C₁ = Konsentrasi kelarutan oksigen pada suhu T (mg.l⁻¹)
 C_{s₂₀} = Konsentrasi oksigen jenuh pada suhu 20°C
 = 9.17 (mg.l⁻¹)
 T_w = Suhu kolam (°C)
 α = Faktor koreksi transfer oksigen untuk limbah (0.82 – 0.98)

Besar kecilnya oksigen yang larut dalam air limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

1. Suhu
2. Pergolakan permukaan air
3. Luas daerah permukaan
4. Tekanan atmosfer dan persentase oksigen di udara

Kecepatan perpindahan oksigen dalam kolam aerasi dipengaruhi oleh perubahan suhu dalam kolam aerasi, sedang kolam aerasi dipengaruhi oleh suhu dari limbah yang masuk kolam dan suhu udara bebas. Beberapa persamaan telah dikembangkan untuk

mengestimasi suhu dalam kolam aerasi. Persamaan berikut ini dapat digunakan untuk mengestimasi dengan maksud mendimensi kolam aerasi (Wesley, 1966) :

$$T_1 = \frac{D.T_1 + f.t.T_a}{f.t + D} \quad (2-7)$$

Dimana : t = Waktu penahanan (hari)

D = Kedalaman kolam (m)

T_i = Suhu air limbah (°F)

T_a = Suhu udara rata-rata

T_w = Suhu dalam kolam (° F)

F = Faktor angka penyesuaian karena pengaruh angin, kelembaban dan penggunaan aerator (sekita 0.5)



Tabel 2.7. Oksigen Terlarut (mg/l) Pada Berbagai Suhu dan Ketinggian

Suhu °C	Elevasi (Feet)					
	0	1000	2000	3000	4000	5000
0	14.6	14.1	13.8	13.1	12.6	12.1
2	13.8	13.3	12.8	12.4	11.9	11.5
4	13.1	12.6	12.2	11.8	11.4	10.9
6	12.5	12	11.6	11.2	10.8	10.4
8	11.9	11.4	11.0	10.6	10.2	9.9
10	11.3	10.9	10.5	10.1	9.8	9.4
12	10.8	10.4	10.1	9.7	9.4	9
14	10.4	10	9.6	9.3	8.9	8.6
16	10	9.6	9.2	8.9	8.6	8.3
18	9.5	9.2	8.9	8.5	8.2	7.9
20	9.2	8.8	8.5	8.2	7.9	7.6
22	8.8	8.5	8.2	7.9	7.9	7.3
24	8.5	8.2	7.9	7.6	7.3	7.1
26	8.2	7.9	7.6	7.3	7.1	6.8
28	7.9	7.6	7.3	7.1	6.8	6.6
30	7.6	7.3	7.1	6.8	6.6	6.3
32	7.3	7.1	6.8	6.6	6.3	6.1
34	7.1	6.8	6.6	6.3	6.1	5.9
36	7	6.7	6.3	6.3	6	5.8
38	6.8	6.6	6.3	6.1	5.9	5.6
40	6.6	6.4	6.1	5.7	5.7	5.5

Sumber: Eckenfelder, 1966

Semua proses biologi tergantung suhu. Laju reaksi dari proses biologi akan bertambah dengan suhu sekitar 4 sampai 39° C yang dimana pada suhu tersebut kebanyakan mikroorganisme dapat bekerja dengan baik. Koefisien dari penyisihan BOD per hari pada suhu T dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$K_{tw} = K_{20} (1,035)^{tw-20} \quad (2-8)$$

Dimana:

K_{tw} = Koefisien penyisihan BOD per hari pada suhu T_w

K_{20} = Koefisien penyisihan BOD per hari pada suhu 20°C

Konsentrasi pengurangan BOD tergantung pada laju oksidasi bahan organik oleh mikroorganisme. Hubungan itu dapat diberikan dalam persamaan (Eckenfelder 2000:328)

$$Rr = a' . Sr + b' Xv.t \quad (2-9)$$

- Dimana :
- Rr = kebutuhan oksigen (kg oksigen/hari)
 - a' = koefisien kebutuhan oksigen untuk oksidasi bahan organik sampai hasil akhir.
 - b' = tingkat autooksidasi lumpur
 - Xv = konsentrasi *biological solids* (VSS) (mg/l)
 - = $a \cdot S_r / (1 + b \cdot t)$ (2.10)
 - t = waktu penahanan (hari)

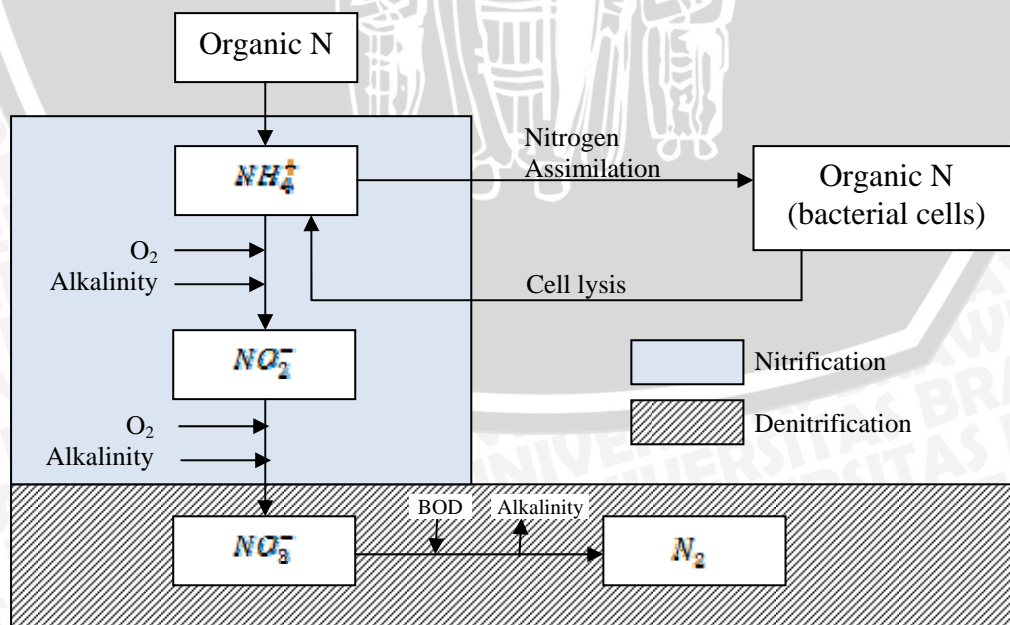
Dalam perencanaan bak aerasi, kapasitas aerator ikut menentukan dimensi ideal dari bak yang digunakan, hubungan antara kapasitas aerator dan dimensi ideal bak dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8. Dimensi bak aerasi bentuk persegi untuk beberapa kapasitas aerator

Kapasitas		Tinggi bak		Lebar bak	
Hp	kW	ft	m	ft	m
10	7,5	10-12	3-3,6	30-40	9-12
20	15	12-14	3,6-4,2	35-50	10,5-15
30	22,5	13-15	3,9-4,5	40-60	12-18
40	30	12-17	3,6-5,1	45-65	13,5-20
50	37,5	15-18	4,5-5,5	45-75	13,5-23
75	56	15-20	4,5-6	50-85	15-26
100	75	15-20	4,5-6	60-90	18-27

Sumber :Metcalf & Eddy (2003)

Dalam instalasi pengolahan biologis perlu diperhitungkan adanya proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Tujuan akhirnya adalah mengubah bentuk nitrogen terlarut menjadi gas (N_2).



Gambar 2.5. Siklus nitrogen

Tingkat nitrifikasi dalam IPAL yang memanfaatkan lumpur aktif bergantung pada konsentrasi amonium *effluent* dan *dissolved oxygen*. Tingkat nitrifikasi pada suhu 20°C dapat dihitung dengan persamaan 2.11 (Eckenfelder, 2000:279).

$$q_{n(20^{\circ}\text{C})} = q_{n(\text{maks})} \cdot \frac{\text{NH}_3\text{N}}{0,4 + \text{NH}_3\text{N}} \cdot \frac{\text{DO}}{0,2 + \text{DO}} \quad (2.11)$$

Dimana :

- q_n = tingkat nitrifikasi pada suhu 20°C (/hari)
- q_{nm} = tingkat nitrifikasi maksimum (/hari)
- NH_3 = nilai amonium *effluent*
- DO = nilai DO pada bak
- K_N = koefisien saturasi nitrogen (0,4)
- K_O = koefisien saturasi oksigen (0,2)

Dan tingkat nitrifikasi pada suhu T_w dapat dihitung dengan persamaan 2.12 (Eckenfelder 2000: 279).

$$q_{n(T_w)} = q_{n(20^{\circ}\text{C})} \cdot 1,09^{(T_w-20)} \quad (2.12)$$

Dimana

- $q_{n(T_w)}$ = tingkat nitrifikasi pada suhu T_w (/hari)
- $q_{n(20^{\circ}\text{C})}$ = tingkat nitrifikasi pada suhu 20°C (/hari)
- T_w = suhu bak (°C)

Fraksi nitrifikasi dapat dihitung dengan persamaan 2.13 (Eckenfelder 2000:280).

$$f_N = \frac{0,15 \cdot \text{NO}_x}{aH \cdot \text{Sr} + 0,15 \cdot \text{NO}_x} \quad (2.13)$$

Dimana

- f_N = fraksi nitrifikasi
- Sr = penurunan organik (BOD atau COD)
- NO_x = jumlah nitrogen yang dioksidasi

Tingkat nitrifikasi total dapat dihitung dengan persamaan 2.14 (Eckenfelder 2000:280).

$$R_n = q_n \cdot f_N \cdot X_v \quad (2.14)$$

Dimana

- q_n = tingkat nitrifikasi
- f_N = fraksi nitrifikasi
- X_v = konsentrasi VSS

Waktu tinggal yang diperlukan untuk nitrifikasi dapat dihitung dengan persamaan 2.15 (Eckenfelder 2000:280).

$$t_N = \text{NO}_x / R_N \quad (2.15)$$

Dan oksigen yang diperlukan untuk nitrifikasi dirumuskan dengan persamaan 2.16 (Eckenfelder 2000:280).

$$O_2 = 4.33 NO_x \quad (2.16)$$

Proses pengolahan secara biologis yang berlangsung di kolam aerasi ini untuk memecah bahan-bahan organik dalam air limbah oleh aktivitas mikroorganisme secara aerobik menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Proses oksidasi dibutuhkan untuk menambahkan jumlah oksigen yang akan menciptakan ruang hidup bagi bakteri yang akan menguraikan bahan organik dari polutan karena tanpa penambahan oksigen maka penguraian bahan-bahan polutan tersebut tidak akan berjalan dengan baik. Dalam pertumbuhan dan perkembangannya di kolam oksidasi, mikroba akan menghasilkan *biological flock* (gumpalan) yang tidak larut dalam air. *Biological flock* tersebut biasa disebut dengan lumpur (*sludge*), yang kaya akan selulosa dan di dalamnya terdapat mikroorganisme. Semakin lama, lumpur yang dihasilkan semakin banyak.

2.7.3 Bak Pengendap Ideal

Pengendapan di sini dimaksudkan untuk mendapatkan hasil endapan yang optimal melalui pengaturan besar kecilnya bak yang akan dibangun. Dengan demikian, air limbah yang ada akan meninggalkan bak tersebut setelah berhasil mengendapkan partikel kandungannya, dengan demikian bak tidak terlalu besar atau terlalu kecil. Untuk membangun bak yang dimaksud secara skematis dibagi menjadi 4 bagian antara lain (Sugiharto, 1987 : 103) :

1. Daerah pemasukan

Pada daerah ini diharapkan air limbah dapat disebarkan secara merata sejenis sehingga pada setiap titik konsentrasi campuran dan besarnya partikel adalah sama.

2. Daerah pengendapan

Pada daerah ini diharapkan partikel mengendap dengan kecepatan yang sama. Aliran yang ada di daerah ini dibuat secara horisontal bergerak dengan kecepatan aliran yang sama dan konstan pada setiap titik, sehingga memungkinkan partikel bergerak secara horisontal dengan arah ke bawah sebagai akibat adanya gaya gravitasi.

3. Daerah pengeluaran

Air yang telah dijernihkan dikumpulkan secara serempak melalui saluran yang ada di atas.

2.7.4 Bak Chlorinasi

Bak *chlorinasi* adalah bak tempat terjadinya proses pengolahan kimia yaitu dengan menambahkan sejumlah zat *chlorine* pada air limbah yang ada. Tujuan dari penambahan *chlorine* adalah menghilangkan bakteri pathogen dan mereduksi nitrogen yang terdapat pada air limbah sebelum air limbah tersebut dialirkan ke badan air penerima.

Rumus yang digunakan:

- Konsentrasi larutan : 10% dosis *chlorine* untuk desinfektan

$$\text{Dosis } chlorine = Q \times \text{dosis } chlorine \quad (2 - 17)$$

- Kadar *Chlorine*

$$\text{Kadar } chlorine = \frac{\text{dosis } chlorine}{\text{kandungan } chlorine} \quad (2 - 18)$$

- Volume *Chlorine*

$$\text{Volume } Chlorine = \frac{\text{Kadar } Chlorine}{\rho} \quad (2 - 19)$$



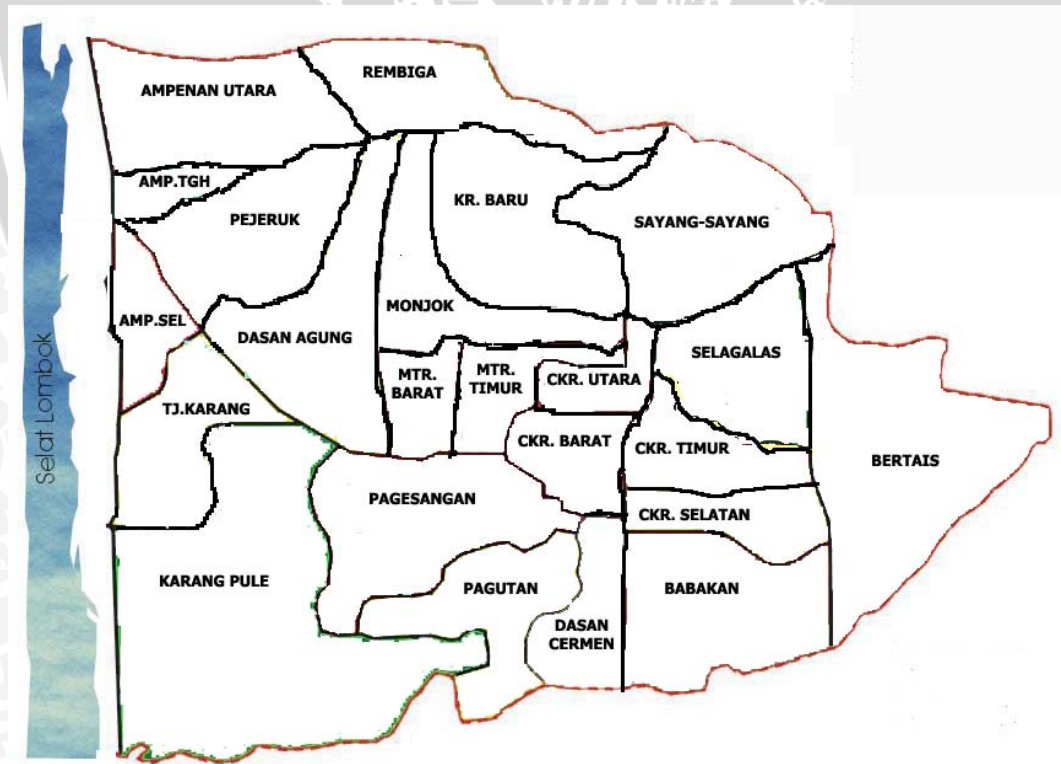
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Studi

Obyek studi ini adalah pada Instalasi Pengolahan Air Limbah RSU Mataram yang berada pada Kecamatan Mataram, Kota Mataram, Propinsi Nusa Tenggara Barat. Secara geografis, wilayah ini terletak pada $116^{\circ}04'$ sampai $116^{\circ}10'$ BT dan $08^{\circ}33'$ sampai $08^{\circ}38'$ LS. Adapun batas-batas administrasi wilayah Kota Mataram adalah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kecamatan Gunung Sari
Sebelah Selatan : Kecamatan Labu Api
Sebelah Timur : Kecamatan Sweta
Sebelah Barat : Kecamatan Ampenan

Rumah Sakit Umum Mataram berdiri pada tanggal 1 November 1969 dengan tipe rumah sakit kelas B pendidikan. RSU Mataram adalah rumah sakit rujukan bagi institusi pelayanan kesehatan yang ada di wilayah propinsi Nusa Tenggara Barat.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Studi

3.2. Data Yang Dibutuhkan

1. Parameter pencemar air limbah RSU

Meliputi kebutuhan oksigen biokimia (BOD), kebutuhan oksigen kimia (COD), TSS, fospat dan amoniak.

2. Ukuran dimensi pengolah limbah yang ada

3. Data Administrasi

Data-data yang termasuk data administrasi RSU Mataram yang digunakan sebagai data pelengkap untuk analisa debit air buangan terutama untuk penggunaan kamar mandi meliputi :

- a. Jumlah dari tempat tidur
- b. Jumlah karyawan
- c. Jumlah pasien per hari

3.3. Metode Pengolahan Data

Data parameter pencemar air limbah diambil dari analisis Instalasi Kesehatan Lingkungan RSU Mataram. Analisis laboratorium tersebut meliputi : kebutuhan oksigen biokimia (BOD), kebutuhan oksigen kimia (COD), kandungan total partikel suspensi (TSS), Amoniak, Fospat. Data tersebut nantinya akan dibandingkan dengan standar baku mutu air limbah yang telah ditetapkan oleh pemerintah, sehingga dapat memberikan penilaian berdasarkan karakteristik air limbah. Kemudian dihitung efektivitas pengurangannya untuk mengetahui seberapa efektifnya kinerja IPAL tersebut.

3.4. Langkah-langkah Penyelesaian Tugas Akhir

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

1. Pengumpulan data

Sumber data yang diperlukan dalam pengerjaan skripsi ini diperoleh dari instansi terkait, yaitu pada Instalasi Kesehatan Lingkungan RSU Mataram. Adapun data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Data Sekunder, antara lain:
 - a. Kandungan limbah yang meliputi parameter BOD, COD, TSS, Amoniak dan Phospat yang didapat dari Instalasi Kesehatan Lingkungan RSUD Mataram.
 - b. Data teknis, yang meliputi
 - Peta *Lay Out* Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Mataram
 - c. Data penunjang, antara lain:
 - Jumlah dari tempat tidur
 - Jumlah karyawan
 - Jumlah pasien per hari
- Data primer, yang meliputi:
 - a. Pengambilan sampel air limbah pada titik inlet dan titik outlet. Jenis sampel yang diambil adalah sampel sesaat, yaitu sampel yang diambil secara langsung dari titik-titik yang ditentukan yaitu pada inlet dan outlet. Sampel ini hanya menggambarkan karakteristik air pada saat pengambilan sampel. Sampel yang telah diambil dari lokasi diserahkan pada Balai Laboratorium Kesehatan untuk mengetahui besarnya nilai parameter kualitas air yang meliputi BOD, COD, Phospat dan TSS.
 - Lokasi Pengambilan Sampel
Pengambilan sampel dilaksanakan di RSUD Mataram, tepatnya pada pengolahan limbah cair yang berada di bawah bagian Instalasi Kesehatan Lingkungan RSUD Mataram.
 - Waktu Pengambilan Sampel
Pengambilan sampel dilaksanakan pada tanggal 8 Mei 2007.
 - Peralatan Pengambilan Sampel
Peralatan yang digunakan pada waktu pengambilan sampel adalah sarung tangan dan botol penampung air. Untuk pengujian sampel untuk menguji parameter BOD, COD, Phospat dan TSS diserahkan pada Laboratorium.
 - Ketentuan Pengambilan Sampel
Pengambilan sampel dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Menyiapkan alat pengambilan sampel yang sesuai dengan keadaan sumber air.
- Mencelupkan botol dengan hati-hati ke dalam air dengan posisi mulut botol searah dengan aliran air, sehingga air masuk ke dalam botol dengan tenang.
- Mengisi botol sampai penuh dan menghindari terjadinya turbulensi dan gelembung udara selama pengisian air ke dalam botol, kemudian botol ditutup.
- Sampel siap dianalisis.

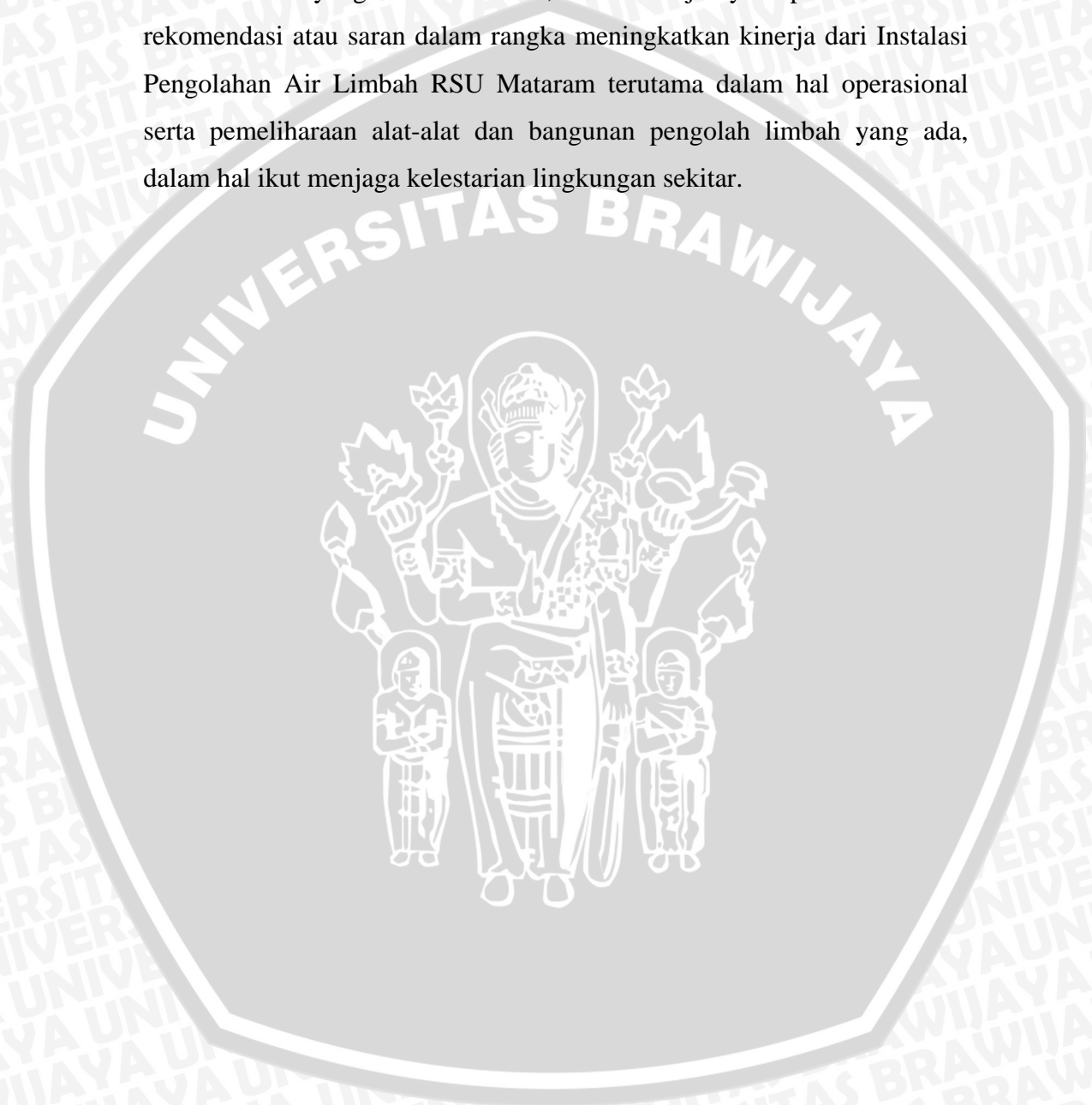
2. Pengolahan data

- a. Melakukan analisa terhadap beban limbah berdasarkan data sekunder yang meliputi karakteristik fisik dan biologi. Berdasarkan hasil analisa dari laboratorium akan didapat nilai parameter pencemar secara kualitas dan kuantitas, serta berdasarkan pengertian dari sifat fisik, dan biologi dapat dilakukan penganalisaan terhadap kondisi air limbah.
- b. Melakukan analisa efektivitas pengurangan parameter kualitas air limbah.
 - Analisa terhadap efektivitas pengurangan BOD₅, COD, TSS, Amoniak dan Phospat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar (%) efektivitas IPAL dalam kerjanya. Hasil akhir analisa dibandingkan dengan baku mutu yang ada.
 - Melakukan evaluasi terhadap faktor-faktor yang kemungkinan dapat mengurangi kemampuan dari Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Mataram dalam kegiatannya serta alternatif penyelesaian masalah yang dapat diambil. Faktor-faktor ini meliputi jumlah karyawan di IPAL, jadwal pembagian tugas, peralatan pendukung yang digunakan (Alat-alat dan mesin).
 - Sampel yang telah diambil dari lokasi diserahkan pada Balai Laboratorium Kesehatan untuk mengetahui besarnya nilai parameter kualitas air yang meliputi BOD, COD, Phospat dan TSS. Setelah hasil pengujian kualitas air diterima, dilakukan analisa berdasarkan parameter kualitas air limbah. Kemudian dihitung

besarnya persentase efektifitas pengolahan air limbah dan dibandingkan dengan baku mutu yang ada.

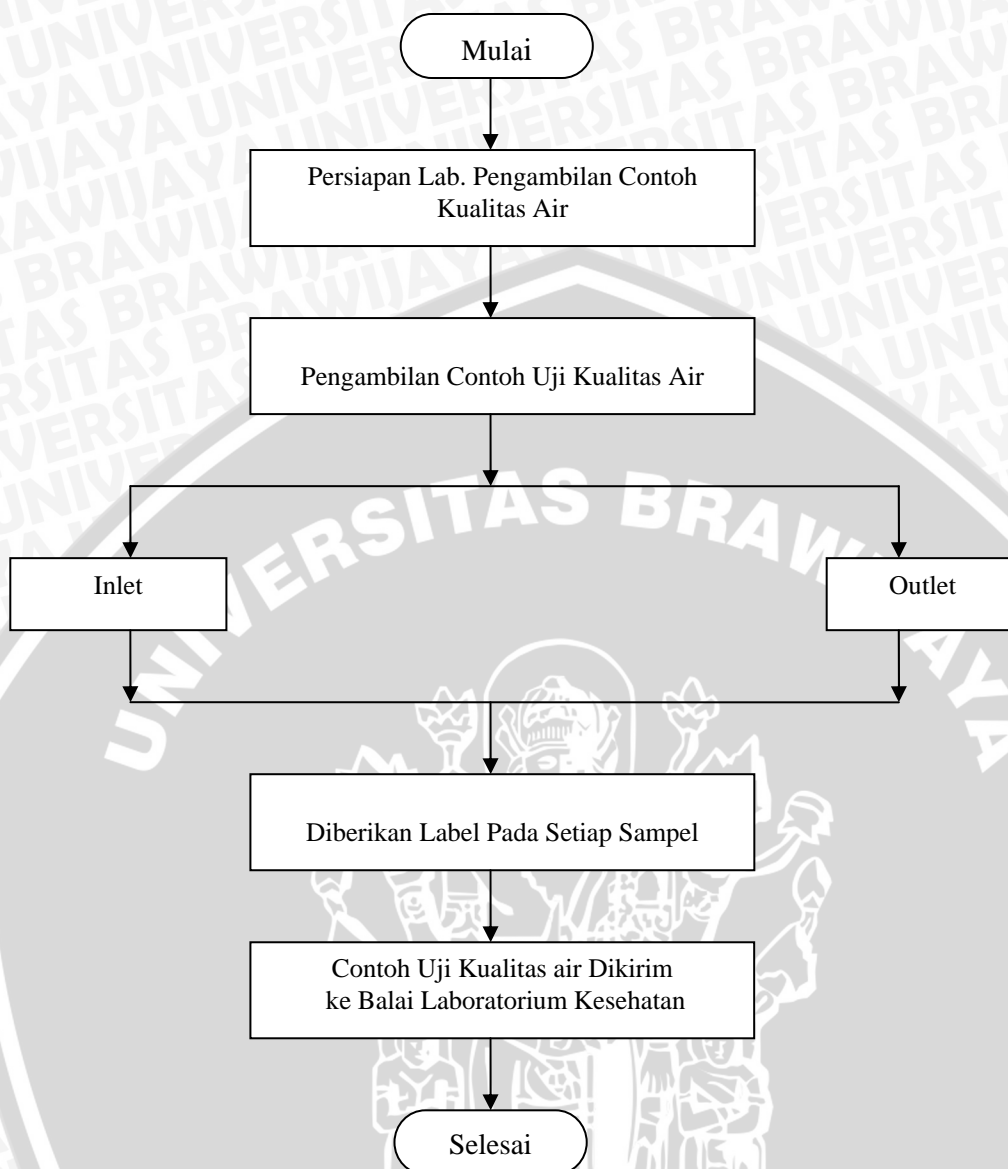
c. Rekomendasi yang dapat diusulkan sebagai bahan pertimbangan.

Berdasarkan hasil evaluasi pada Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Mataram yang telah dilakukan, maka selanjutnya dapat dibuat suatu rekomendasi atau saran dalam rangka meningkatkan kinerja dari Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Mataram terutama dalam hal operasional serta pemeliharaan alat-alat dan bangunan pengolah limbah yang ada, dalam hal ikut menjaga kelestarian lingkungan sekitar.





Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi



Gambar 3.3 Diagram Alir Pengambilan Sampel Kualitas Air



BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Data

Pengambilan data diperoleh dari Instalasi Pengolahan Air Limbah RSU Mataram. Data-data ini merupakan bagian terpenting untuk menunjang keberhasilan dalam studi ini. Adapun data-data yang diperoleh antara lain :

- Data Laporan Kualitas Air (BOD, COD, Amoniak, Phospat, TSS)

Dari hasil analisis laboratorium IPAL RSU Mataram diperoleh data-data kualitas air limbah yang ditabelkan.

Tabel 4.1 Data Kualitas Air Limbah Parameter BOD

Tahun	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	Keterangan
Juni (2001)	26,4	2,3	30	Di bawah baku mutu
Desember (2001)	33,8	3,8	30	Di bawah baku mutu
Juni (2002)	48,5	4,2	30	Di bawah baku mutu
November (2002)	162	14	30	Di bawah baku mutu
Mei (2003)	87	12	30	Di bawah baku mutu
Oktober (2003)	198	12	30	Di bawah baku mutu
Mei (2004)	45	19	30	Di bawah baku mutu
Oktober (2004)	350	14	30	Di bawah baku mutu
Mei (2005)	374	26	30	Di bawah baku mutu
November (2005)	98	14	30	Di bawah baku mutu
Juni (2006)	370	38	30	Di atas baku mutu
Oktober (2006)	98	12	30	Di bawah baku mutu

Sumber: Instalasi Kesehatan Lingkungan RSU Mataram

Berdasarkan data di atas, nilai pada outlet yang berada di bawah baku mutu mencapai 91,66 % dari 12 kali pengambilan sampel dan nilai pada outlet yang berada di atas baku mutu hanya 8,34 %.

Tabel 4.2 Data Kualitas Air Limbah Parameter COD

Tahun	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Baku Mutu (Mg/L)	Keterangan
Juni (2001)	116	20	80	Dibawah baku mutu
Desember (2001)	41	17	80	Dibawah baku mutu
Juni (2002)	155	19	80	Dibawah baku mutu
November (2002)	162	2	80	Dibawah baku mutu
Mei (2003)	295	38	80	Dibawah baku mutu
Oktober (2003)	451	29	80	Dibawah baku mutu
Mei (2004)	19	30	80	Dibawah baku mutu
Oktober (2004)	1780	32	80	Dibawah baku mutu
Mei (2005)	690	61	80	Dibawah baku mutu
November (2005)	290	27	80	Dibawah baku mutu
Juni (2006)	875	73	80	Dibawah baku mutu
Oktober (2006)	287	31	80	Dibawah baku mutu

Sumber: Instalasi Kesehatan Lingkungan RSUD Mataram

Berdasarkan data di atas, nilai pada outlet yang berada di bawah baku mutu mencapai 100 % dari 12 kali pengambilan sampel.

Tabel 4.3 Data Kualitas Air Limbah Parameter Amoniak

Tahun	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	Keterangan
Juni (2001)	2,5	1,9	0,1	Diatas baku mutu
Desember (2001)	3,21	0,07	0,1	Dibawah baku mutu
Juni (2002)	3,9	0,01	0,1	Dibawah baku mutu
November (2002)	4,6	0,02	0,1	Dibawah baku mutu
Mei (2003)	6,75	5,78	0,1	Diatas baku mutu
Oktober (2003)	13,63	7,32	0,1	Diatas baku mutu
Mei (2004)	31,17	8,63	0,1	Diatas baku mutu
Oktober (2004)	31,54	1,75	0,1	Diatas baku mutu
Mei (2005)	26,8	2,2	0,1	Diatas baku mutu
November (2005)	41,15	14,79	0,1	Diatas baku mutu
Juni (2006)	34,01	21,86	0,1	Diatas baku mutu
Oktober (2006)	32,96	11,09	0,1	Diatas baku mutu

Sumber: Instalasi Kesehatan Lingkungan RSUD Mataram

Berdasarkan data di atas, nilai pada outlet yang berada di bawah baku mutu hanya 25 % dari 12 kali pengambilan sampel dan nilai pada outlet yang berada di atas baku mutu mencapai 75 %.

Tabel 4.4 Data Kualitas Air Limbah Parameter Phospat

Tahun	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	Keterangan
Juni (2001)	1,6	0,7	2	Dibawah baku mutu
Desember (2001)	36,1	26,6	2	Diatas baku mutu
Juni (2002)	-	-	-	-
November (2002)	30,8	15,8	2	Diatas baku mutu
Mei (2003)	0,26	0,03	2	Dibawah baku mutu
Oktober (2003)	0,46	0,03	2	Dibawah baku mutu
Mei (2004)	0,55	0,1	2	Dibawah baku mutu
Oktober (2004)	0,1	0,6	2	Dibawah baku mutu
Mei (2005)	0,6	0,1	2	Dibawah baku mutu
November (2005)	0,6	0,1	2	Dibawah baku mutu
Juni (2006)	1,4	0,33	2	Dibawah baku mutu
Oktober (2006)	0,1	0,06	2	Dibawah baku mutu

Sumber: Instalasi Kesehatan Lingkungan RSUD Mataram

Berdasarkan data di atas, nilai pada outlet yang berada di bawah baku mutu mencapai 81,82 % dari 11 kali pengambilan sampel dan nilai pada outlet yang berada di atas baku mutu hanya 18,18 %.

Tabel 4.5 Data Kualitas Air Limbah Parameter TSS

Tahun	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	Keterangan
Juni (2001)	184	58	30	Diatas baku mutu
Desember (2001)	956	100	30	Diatas baku mutu
Juni (2002)	620	48	30	Diatas baku mutu
November (2002)	108	22	30	Dibawah baku mutu
Mei (2003)	540	42	30	Diatas baku mutu
Oktober (2003)	480	78	30	Diatas baku mutu
Mei (2004)	360	37	30	Diatas baku mutu
Oktober (2004)	468	294	30	Diatas baku mutu
Mei (2005)	184	28	30	Dibawah baku mutu
November (2005)	270	106	30	Diatas baku mutu
Juni (2006)	38	36	30	Diatas baku mutu
Oktober (2006)	122	82	30	Diatas baku mutu

Sumber: Instalasi Kesehatan Lingkungan RSUD Mataram

Berdasarkan data di atas, nilai pada outlet yang berada di bawah baku mutu hanya 16,67% dari 12 kali pengambilan sampel dan nilai pada outlet yang berada di atas baku mutu mencapai 83,33%.

Tabel 4.6. Rekapitulasi parameter kualitas air terhadap baku mutu limbah rumah sakit

Parameter	Persentase di atas baku mutu (%)	Persentase di bawah baku mutu (%)
BOD	8,34	91,64
COD	0	100
Phospat	18,18	81,82
Amoniak	75	25
TSS	83,33	16,67

Sumber: Hasil Perhitungan

Dapat dilihat pada tabel 4.6 di atas persentase nilai di outlet yang masih berada di atas baku mutu terhadap parameter Amoniak dan TSS sangat tinggi, dan untuk parameter BOD persentase nilai outlet yang sesuai dengan baku mutu mencapai 91,64 % sedangkan Phospat mencapai 81,82 % dan COD 100 %.

- Data administrasi yang meliputi jumlah karyawan, jumlah tempat tidur dan jumlah pasien RSUD Mataram.

Data yang diperoleh dari RSUD Mataram adalah sebagai berikut:

1. Jumlah tempat tidur = 289 buah
2. Jumlah karyawan = 964 orang
3. Jumlah pasien rawat jalan = 216 orang/hari
4. Jumlah keluarga pasien = 3 orang/hari

Data mengenai pemakaian rata-rata air bersih adalah sebagai berikut:

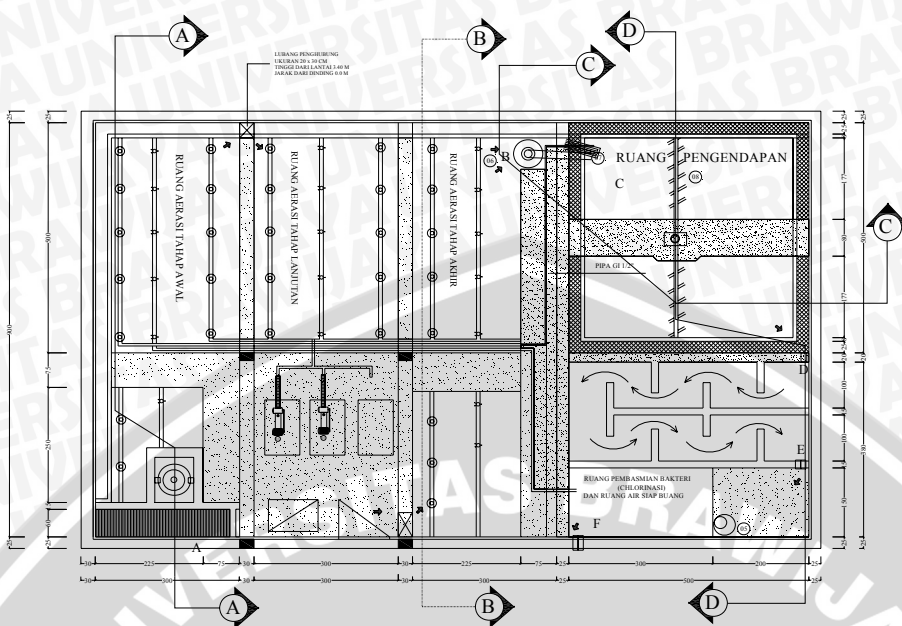
Tabel 4.7 Pemakaian Rata-rata Air Bersih

No	Jenis Gedung	Pemakaian Air Rata-rata Sehari (liter)	Keterangan
1	Rumah Sakit	350-500	Pegawai = 120 liter Pasien luar = 8 liter Kelurga pasien = 160 liter

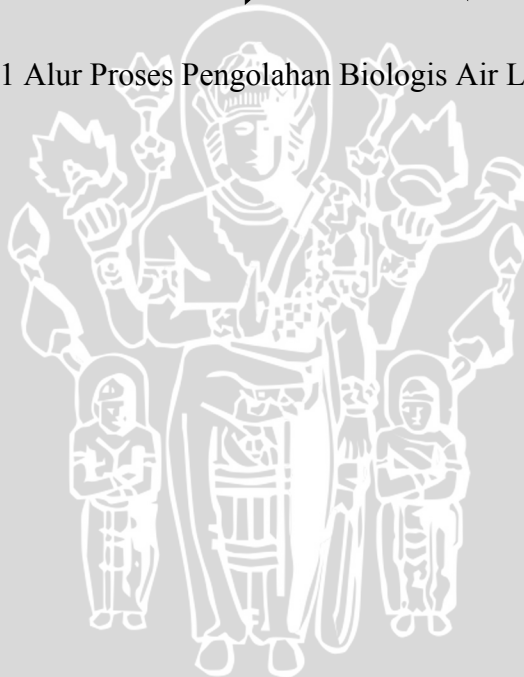
Sumber: Takeo Marimura, Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing, 1996

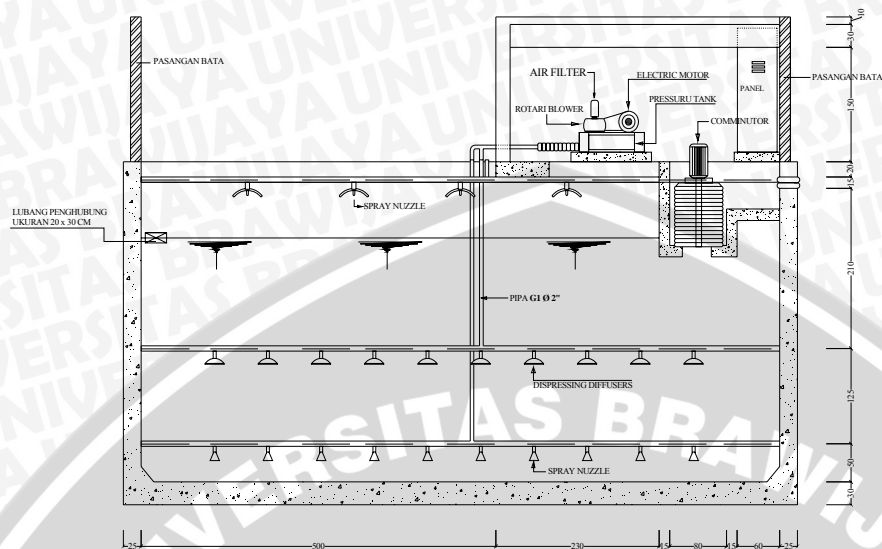
- Layout dan Dimensi IPAL

Adapun layout dan dimensi IPAL RSUD Mataram dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah



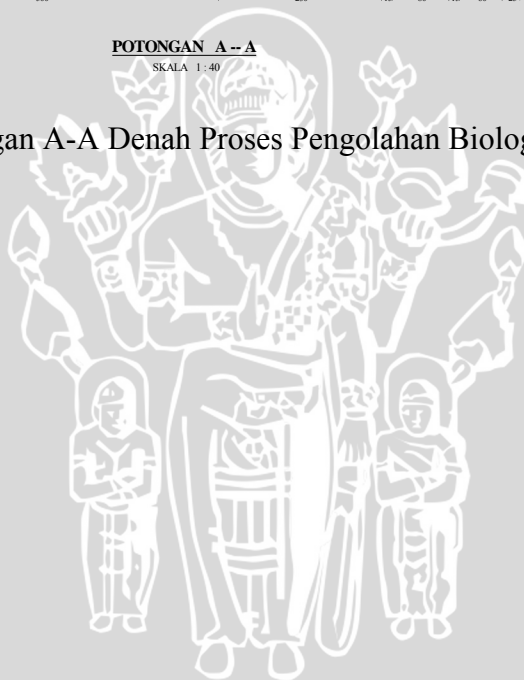
Gambar 4.1 Alur Proses Pengolahan Biologis Air Limbah

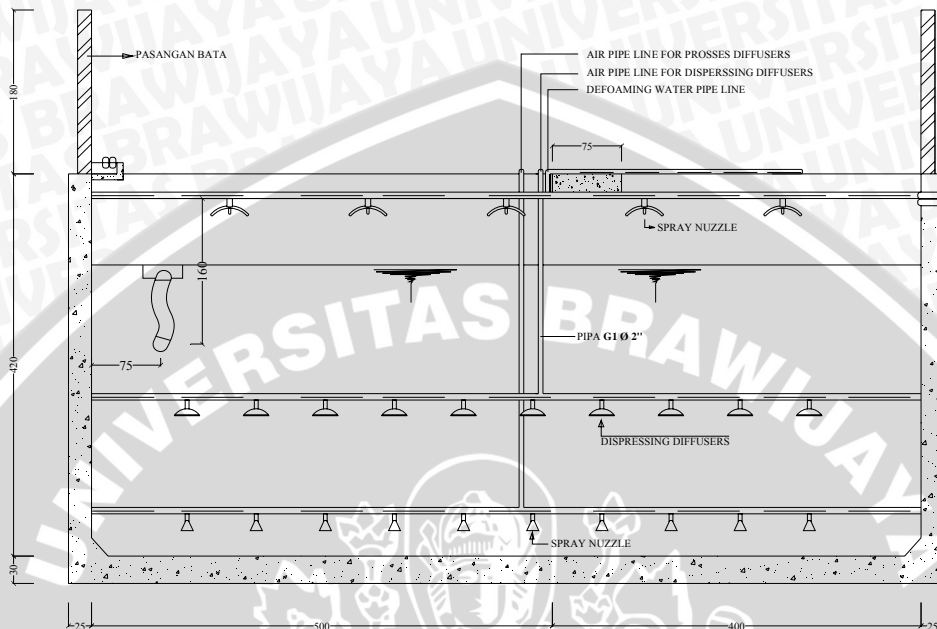




POTONGAN A -- A
SKALA 1:40

Gambar 4.2 Potongan A-A Denah Proses Pengolahan Biologis Air Limbah

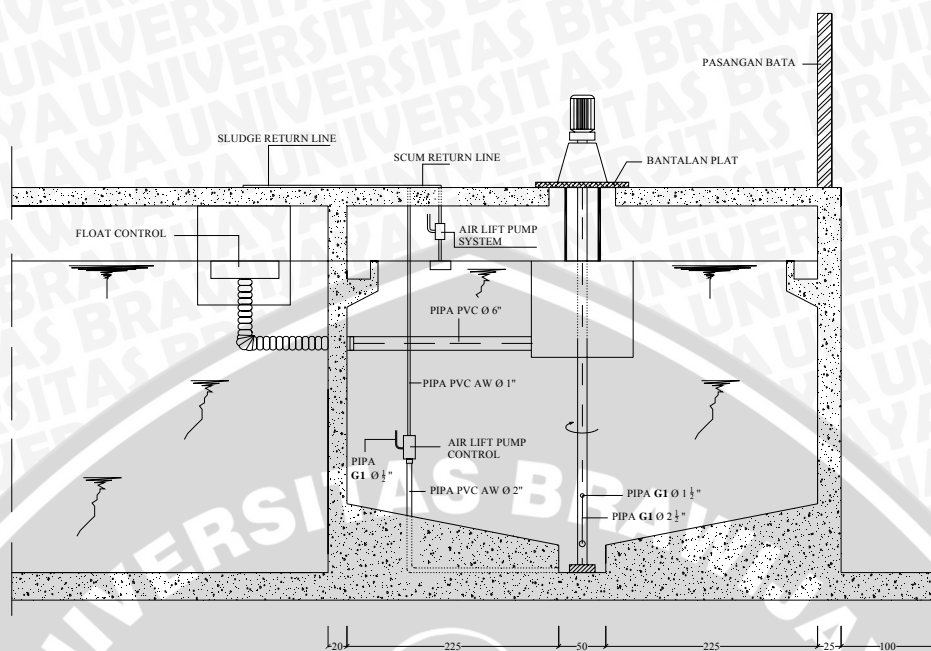




POTONGAN B--B

SKALA 1 : 40

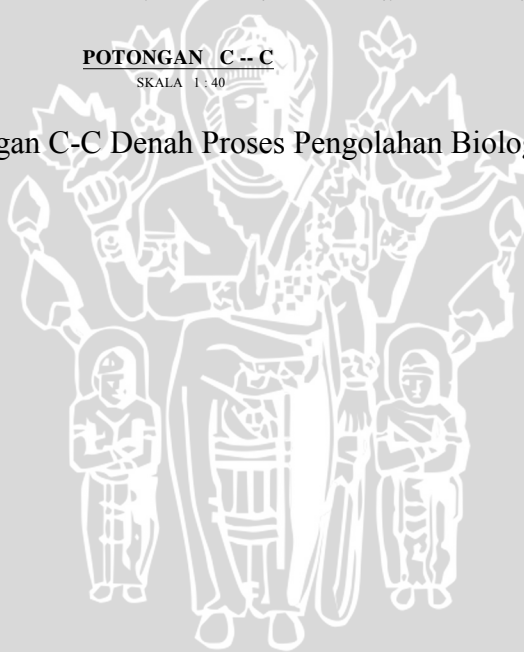
Gambar 4.3 Potongan B-B Denah Proses Pengolahan Biologis Air Limbah

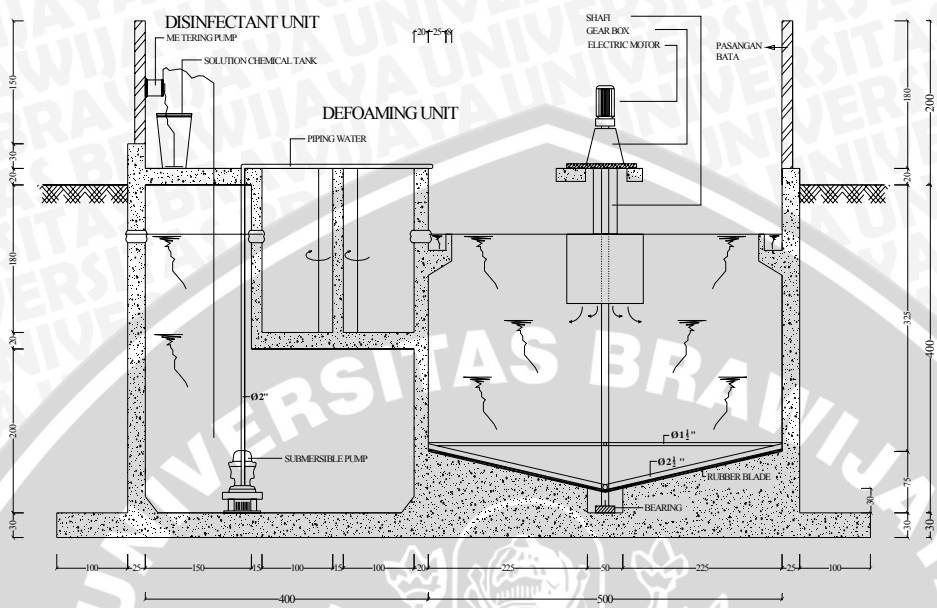


POTONGAN C--C

SKALA 1 : 40

Gambar 4.3 Potongan C-C Denah Proses Pengolahan Biologis Air Limbah





POTONGAN D-D
SKALA 1:40

Gambar 4.4 Potongan D-D Denah Proses Pengolahan Biologis Air Limbah



4.2. Analisa Kualitas Air Hasil Pengolahan

4.2.1 Uji Homogenitas

Dari hasil uji laboratorium yang dilakukan didapat data kualitas air masukan dan keluaran IPAL, seperti yang terlihat pada tabel 4.8.

Uji homogenitas dilakukan pada persentase penurunan nilai masing-masing parameter kualitas air yang diuji, untuk mengetahui konsistensi proses pengolahan di IPAL RSUD Mataram.

Tabel 4.8. Perhitungan Persentase Penurunan Parameter Kualitas Air

Tahun	Effisiensi Parameter				
	BOD	COD	TSS	Phospat	Amoniak
Juni (2001)	91,29	82,76	68,48	56,25	24,00
Desember (2001)	88,76	58,54	89,54	26,32	99,78
Juni (2002)	91,34	87,74	92,26	0,00	99,74
November (2002)	91,36	98,77	79,63	48,70	99,96
Mei (2003)	86,21	87,12	92,22	98,85	14,37
Oktober (2003)	93,94	93,57	83,75	99,35	46,29
Mei (2004)	57,78	36,67	89,72	81,82	72,31
Oktober (2004)	96,00	98,20	37,18	83,33	94,45
Mei (2005)	93,05	91,16	84,78	83,33	91,79
November (2005)	85,71	90,69	60,74	83,33	64,06
Juni (2006)	89,73	91,66	5,26	76,43	35,72
Oktober (2006)	87,76	89,20	32,79	40,00	66,35

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari data kualitas air masukan dan keluaran didapat nilai persentase penurunan parameter-parameter kualitas air di IPAL RSUD Mataram seperti yang terlihat pada tabel 4.8.

Untuk menganalisa homogenitas penurunan parameter-parameter kualitas air digunakan analisa variansi uji F yang bersifat dua arah yaitu secara golongan parameter dan secara bulanan.

Perhitungan uji F :

Hipotesa

H_0 = Semua perlakuan (baris) memiliki nilai tengah yang sama (homogen)

H_1 = Semua perlakuan (baris) tidak memiliki nilai tengah yang sama
(tidak homogen)

Perhitungan uji F :

Tabel 4.9. Perhitungan variabel uji F

Bulan	BOD	COD	TSS	Phospat	Amoniak
ags	24,1	96	126	0,9	0,6
sep	30	24	856	9,5	3,203
okt	44,3	136	572	0	3,89
nop	148	160	86	15	4,598
des	75	257	498	0,257	0,97
jan	186	422	402	0,457	6,31
feb	26	11	323	0,45	22,54
mar	336	1748	174	0,5	29,79
apr	348	629	156	0,5	24,6
mei	84	263	164	0,5	26,36
jun	332	802	2	1,07	12,15
jul	86	256	40	0,04	21,87
Jumlah baris	1719,4	4804	3399	29,174	156,881
Kuadrat Jumlah	2956336	23078416	11553201	851,1223	24611,648

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.10. Perhitungan analisa variansi uji F

Variasi	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F
Antar perlakuan $V_B = 1431590,278$	$a-1 = 4$	$\hat{S}_B^2 = 357897,5694$	$F = \hat{S}_B^2 / \hat{S}_w^2$ $= 5,6214$
Dalam Perlakuan $V_w = V - V_B$ $= 3501633$	$a(b-1) = 55$	$\hat{S}_w^2 = 63666,06299$	
Total $V = 4933224$	$ab-1=59$		

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel f dengan $v_1 = 4$ dan $v_2 = 55$ dengan *level of significant* 5% didapat F tabel sebesar 2,54.

Karena $F_1 < F$ tabel maka persentase nilai penurunan parameter-parameter kualitas air tidak homogen. Sehingga parameter-parameter tersebut menghasilkan perolehan yang berbeda.

4.3. Evaluasi Pengolahan Air Limbah di RSUD Mataram

4.3.1 Analisa Beban Limbah

4.3.1.1 Perhitungan Efektifitas Pengurangan Parameter Limbah Berdasarkan Data Sekunder

1. Efektivitas Pengurangan BOD

Perhitungan efektivitas pengurangan BOD pada IPAL ini adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\eta_{BOD_5} &= \frac{BOD_{inlet} - BOD_{outlet}}{BOD_{inlet}} \cdot 100\% \\ &= \frac{26,4 - 2,3}{26,4} \cdot 100\% \\ &= 91,29 \%\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisa perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa kinerja IPAL RSUD Mataram sangat efektif terhadap pengurangan BOD, dimana hal ini bisa terlihat dari hasil perhitungan menghasilkan evektivitas pengurangan BOD_5 sebesar 91,29 % dengan nilai BOD_5 di outlet sebesar 2,3 mg/l. Nilai ini masuk kedalam kategori aman dari standar baku mutu yang ada, yaitu sebesar < 30 mg/l. Untuk nilai BOD yang lainnya ditabelkan.

2. Efektivitas Pengurangan COD

Perhitungan efektivitas pengurangan COD pada IPAL ini adalah sebagai berikut :

$$\eta_{COD} = \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \cdot 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{116 - 20}{116} \cdot 100\% \\
 &= 82,76 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisa perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa kinerja IPAL RSUD Mataram juga sangat efektif terhadap pengurangan COD, dimana hal ini bisa terlihat dari hasil perhitungan menghasilkan efektivitas pengurangan COD sebesar 82,76 % dengan nilai COD di outlet sebesar 20 mg/l. Nilai ini masih sesuai dari standar baku mutu yang ada, yaitu sebesar < 80 mg/l. Untuk nilai COD yang lainnya ditabelkan.

3. Efektivitas Pengurangan Total Suspended Solid (TSS)

Perhitungan efektivitas pengurangan COD pada IPAL ini adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \eta_{TSS} &= \frac{TSS_{inlet} - TSS_{outlet}}{TSS_{inlet}} \cdot 100\% \\
 &= \frac{194 - 58}{184} \cdot 100\% \\
 &= 68,48 \%
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat di tabel. Dapat dilihat dengan jelas, bahwa untuk efektivitas pengurangan TSS disini kurang efektif, terbukti hasil efektivitas pengurangan TSS berkisar 5% - 92%. Hal ini membuktikan bahwa IPAL RSUD Mataram ini belum bekerja dengan optimal. Pada bulan Oktober 2004 kandungan TSS pada outlet sangat tinggi sekali yaitu 294 mg/L, jauh dengan standar baku mutu yang ada yaitu sebesar < 30 mg/L. Tingginya kadar TSS pada outlet disebabkan karena *pre treatment* di dapur belum sempurna.

4. Efektivitas Pengurangan NH₃

Perhitungan efektivitas pengurangan NH₃ pada IPAL ini adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \eta_{NH_3} &= \frac{NH_{3inlet} - NH_{3outlet}}{NH_{3inlet}} \cdot 100\% \\
 &= \frac{2,5 - 1,9}{2,5} \cdot 100\% \\
 &= 24 \%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa kinerja IPAL RSU Mataram dalam mengurangi kadar NH_3 hanya mencapai 24 %. Pada bulan-bulan selanjutnya pengurangan kadar NH_3 mencapai 99,78 %

5. Efektivitas Pengurangan P- PO_4

Perhitungan efektivitas pengurangan P- PO_4 pada IPAL ini adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\eta_{P-PO_4} &= \frac{P-PO_{4inlet} - P-PO_{4outlet}}{P-PO_{4inlet}} \cdot 100\% \\ &= \frac{1,6 - 0,7}{1,6} \cdot 100\% \\ &= 56,25 \%\end{aligned}$$

Hasil yang ditunjukkan dari perhitungan diatas adalah hanya berkisar 56,25 % saja efektivitas pengurangan kandungan P- PO_4 , tetapi jika dilihat nilai P- PO_4 di outlet menunjukkan 1,0236 mg/l. Nilai tersebut masih memenuhi standar baku mutu yang diijinkan oleh pemerintah yaitu < 2 mg/l sehingga masih dapat dikatakan layak. Tetapi pada bulan-bulan tertentu seperti pada bulan Desember 2001 nilai Phospat di outlet mencapai 26,6 mg/L ini disebabkan karena kandungan deterjen yang berasal dari ruang cuci (*Laundry*) sangat tinggi.



Tabel 4.11 Analisa Kualitas BOD

Tahun	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Δ =Inlet-Outlet	Eff (%)
Juni (2001)	26,4	2,3	24	91,29
Desember (2001)	33,8	3,8	30	88,76
Juni (2002)	48,5	4,2	44	91,34
November (2002)	162	14	148	91,36
Mei (2003)	87	12	75	86,21
Oktober (2003)	198	12	186	93,94
Mei (2004)	45	19	26	57,78
Oktober (2004)	350	14	336	96,00
Mei (2005)	374	26	348	93,05
November (2005)	98	14	84	85,71
Juni (2006)	370	38	332	89,73
Oktober (2006)	98	12	86	87,76

Sumber : Data dan Perhitungan

Tabel 4.12 Analisa Kualitas COD

Tahun	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Δ =Inlet-Outlet	(Eff%)
Juni (2001)	116	20	96	82,76
Desember (2001)	41	17	24	58,54
Juni (2002)	155	19	136	87,74
November (2002)	162	2	160	98,77
Mei (2003)	295	38	257	87,12
Oktober (2003)	451	29	422	93,57
Mei (2004)	30	19	11	36,67
Oktober (2004)	1780	32	1748	98,20
Mei (2005)	690	61	629	91,16
November (2005)	290	27	263	90,69
Juni (2006)	875	73	802	91,66
Oktober (2006)	287	31	256	89,20

Sumber : Data dan Perhitungan

Tabel 4.13 Analisa Kualitas TSS

Tahun	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Δ =Inlet-Outlet	Eff(%)
Juni (2001)	184	58	126	68,48
Desember (2001)	956	100	856	89,54
Juni (2002)	620	48	572	92,26
November (2002)	108	22	86	79,63
Mei (2003)	540	42	498	92,22
Oktober (2003)	480	78	402	83,75
Mei (2004)	360	37	323	89,72
Oktober (2004)	468	294	174	37,18
Mei (2005)	184	28	156	84,78
November (2005)	270	106	164	60,74
Juni (2006)	38	36	2	5,26
Oktober (2006)	122	82	40	32,79

Sumber : Data dan Perhitungan

4.14 Analisa Kualitas NH₃

Tahun	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Δ =Inlet-Outlet	Eff (%)
Juni (2001)	2,5	1,9	0,6	24,00
Desember (2001)	3,21	0,07	3,2	99,78
Juni (2002)	3,9	0,01	3,9	99,74
November (2002)	4,6	0,02	4,6	99,96
Mei (2003)	6,75	5,78	1,0	14,37
Oktober (2003)	13,63	7,32	6,3	46,29
Mei (2004)	31,17	8,63	22,5	72,31
Oktober (2004)	31,54	1,75	29,8	94,45
Mei (2005)	26,8	2,2	24,6	91,79
November (2005)	41,15	14,79	26,4	64,06
Juni (2006)	34,01	21,86	12,2	35,72
Oktober (2006)	32,96	11,09	21,9	66,35

Sumber : Data dan Perhitungan

4.15 Analisa Kualitas P-PO₄

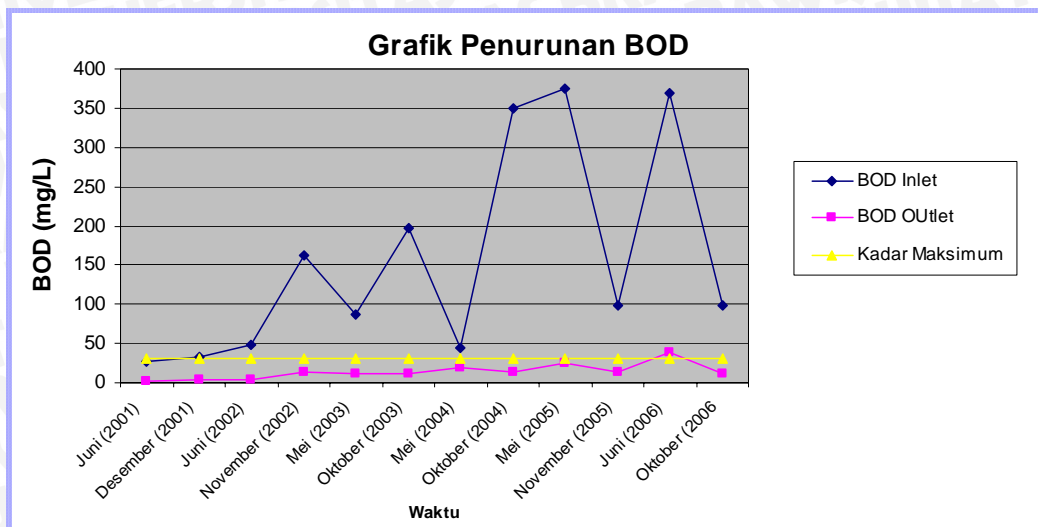
Tahun	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Δ =Inlet-Outlet	(Eff%)
Juni (2001)	1,6	0,7	0,90	56,25
Desember (2001)	36,1	26,6	9,50	26,32
Juni (2002)	-	-	-	-
November (2002)	30,8	15,8	15,00	48,70
Mei (2003)	0,26	0,03	0,26	98,85
Oktober (2003)	0,46	0,03	0,46	99,35
Mei (2004)	0,55	0,1	0,45	81,82
Oktober (2004)	0,6	0,1	0,50	83,33
Mei (2005)	0,6	0,1	0,50	83,33
November (2005)	0,6	0,1	0,50	83,33
Juni (2006)	1,4	0,33	1,07	76,43
Oktober (2006)	0,1	0,06	0,04	40,00

Sumber : Data dan Perhitungan

Dari tabel 4.11 sampai tabel 4.15 dapat disimpulkan bahwa selama periode Juni 2001 sampai dengan Oktober 2006 :

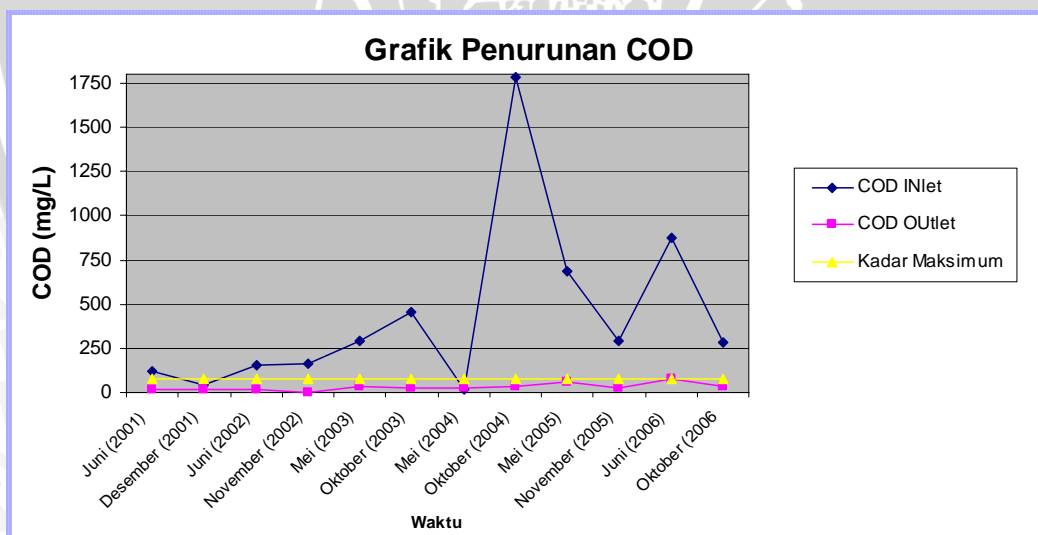
- Effisiensi penurunan nilai parameter BOD berkisar antara 57 % - 96 % dengan rata-rata 87 %.
- Effisiensi penurunan nilai parameter COD berkisar antara 36 % - 98 % dengan rata-rata 83 %.
- Effisiensi penurunan nilai parameter TSS berkisar antara 5 % - 92 % dengan rata-rata 68 %.
- Effisiensi penurunan nilai parameter Amoniak berkisar antara 24 % - 99 % dengan rata-rata 67 %.
- Effisiensi penurunan nilai parameter Phospat berkisar antara 26 % - 99 % dengan rata-rata 64 %.

Untuk melihat seberapa besar fluktuasi efektivitas IPAL dalam menurunkan kadar COD, BOD, NH₃, P-PO₄, TSS maka ditampilkan contoh analisa kualitas air dalam grafik berikut :



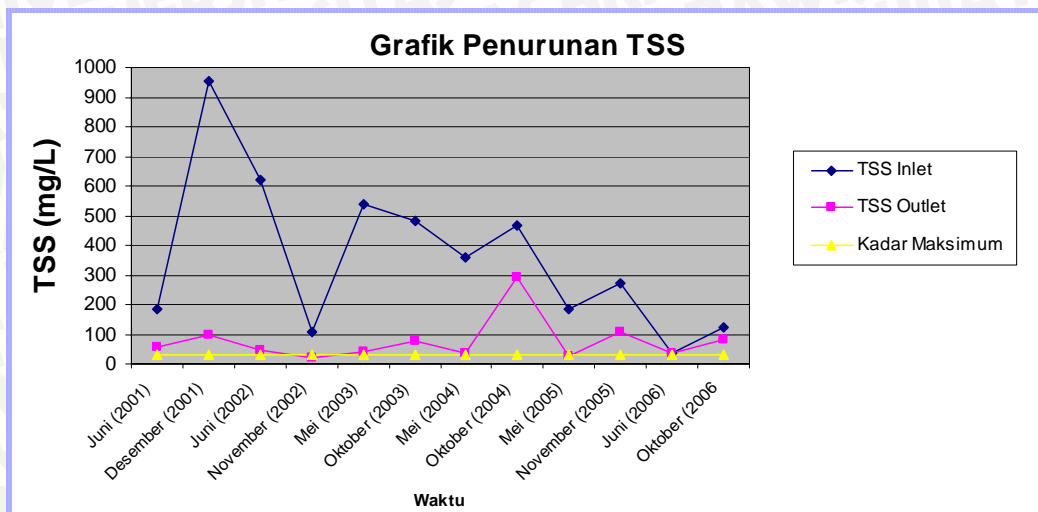
Gambar 4.5 Grafik Penurunan BOD
 Sumber : Data IPAL RSU Mataram dan Analisa

Untuk pengurangan BOD dapat disimpulkan bahwa hasil outletnya berkisar 2,3 – 38 mg/l. Pada bulan oktober nilai BOD di outlet mencapai 38 mg/L, nilai ini masih di atas standar maksimum yang diijinkan 30 mg/l, tetapi pada bulan-bulan lain nilai BOD di outlet di bawah standar maksimum, sehingga bisa dikatakan IPAL ini efektif untuk mengurangi kadar COD sampai dengan 90%.



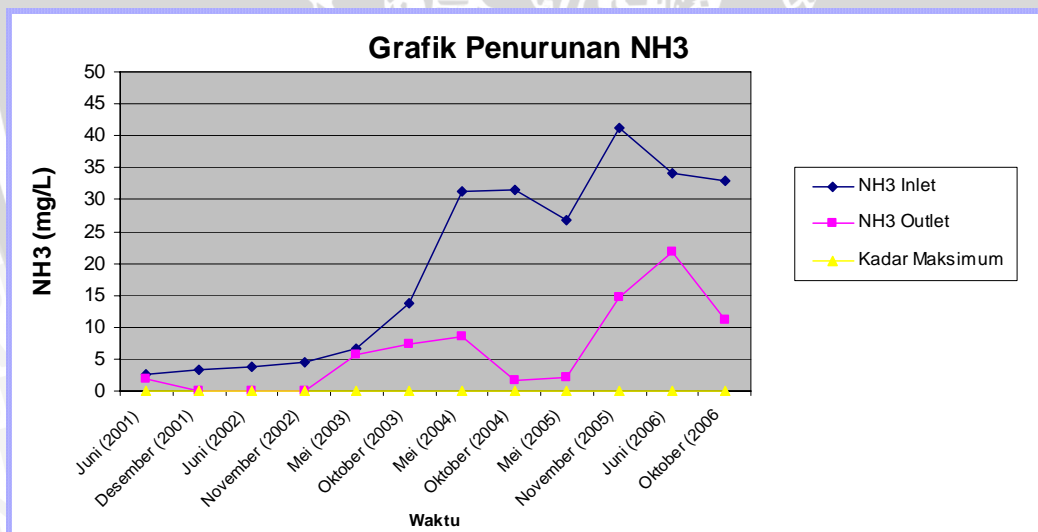
Gambar 4.6. Grafik Penurunan BOD
 Sumber : Data IPAL Rsu Mataram dan Analisa

Dari grafik diatas dapat dilihat kenaikan kadar COD tertinggi di outlet terjadi pada Bulan Juni tahun 2006 berkisar 73 mg/l, tetapi masih dibawah batas maksimum yang diijinkan yaitu 80 mg/L.



Gambar 4.7. Grafik Penurunan TSS
 Sumber : Data IPAL RSU Mataram dan Analisa

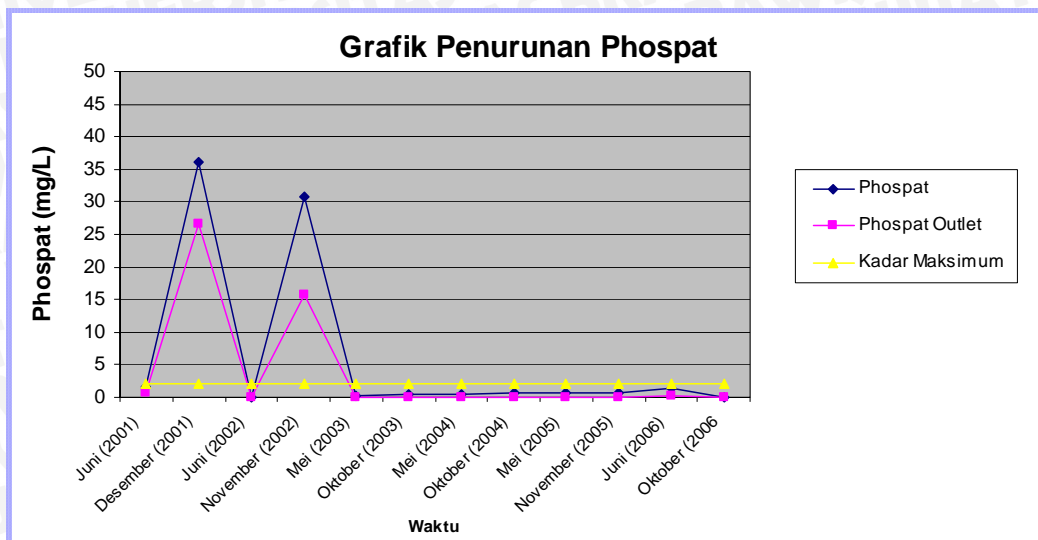
Pada bulan Oktober 2004 kandungan TSS pada outlet sangat tinggi sekali yaitu 294 mg/L, jauh dengan standar baku mutu yang ada yaitu sebesar < 30 mg/L. Tingginya kadar TSS pada outlet disebabkan karena *pre treatment* di dapur belum sempurna.



Gambar 4.8. Grafik Penurunan NH₃
 Sumber : Data IPAL RSU Mataram dan Analisa

Dari hasil perhitungan dan analisa diperoleh rata-rata 67 % efektifitas bangunan dalam mengurangi kadar NH₃. Pada bulan-bulan tertentu nilai NH₃ di outlet masih di atas kadar maksimum yang ditetapkan.





Gambar 4.9. Grafik Penurunan P-PO₄
 Sumber : Data IPAL RSU Mataram dan Analisa

Dari hasil perhitungan dan analisa diperoleh berkisar antara 26% – 99% efektivitas bangunan dalam mengurangi kadar P-PO₄, tetapi outlet yang dihasilkan banyak yang masih di atas standar maksimum yang diijinkan, seperti pada bulan Desember 2001 dan November 2002. Terdapat nilai nol di atas menunjukkan tidak dilakukan pengujian, sehingga pada tahun 2002 hanya dilakukan sekali pengujian.

4.3.1.2 Perhitungan Efektifitas Pengurangan Parameter Limbah Berdasarkan Data Primer

Berdasarkan hasil pengujian sampel air limbah RSU Mataram di Instalasi Pengolahan Air Limbah diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.16 Hasil Uji Air Limbah RSU Mataram Pada Titik Inlet

No	Parameter	Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit KEP-58 / MEN LH / 12 / 1995	Hasil
1	BOD ₅	30 mg/l	146 mg/l
2	COD	80 mg/l	350 mg/l
3	TSS	30 mg/l	128 mg/l
4	Phospat	2 mg/l	1,86 mg/l

Sumber: Hasil Pengujian

Tabel 4.17 Hasil Uji Air Limbah RSUD Mataram Pada Titik Outlet

No	Parameter	Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit KEP-58 / MEN LH / 12 / 1995	Hasil
1	BOD ₅	30 mg/l	12 mg/l
2	COD	80 mg/l	20 mg/l
3	TSS	30 mg/l	16 mg/l
4	Amoniak	2 mg/l	1,71 mg/l

Sumber: Hasil Pengujian

1. Pengurangan BOD₅

Perhitungan efektifitas pengurangan BOD₅ menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\eta_{BOD_5} &= \frac{BOD_{inlet} - BOD_{outlet}}{BOD_{inlet}} \cdot 100\% \\ &= \frac{146 - 12}{146} \cdot 100\% \\ &= 91,78 \%\end{aligned}$$

2. Pengurangan COD

Perhitungan efektifitas pengurangan COD menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\eta_{COD} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \cdot 100\% \\ &= \frac{350 - 20}{350} \cdot 100\% \\ &= 94,29\%\end{aligned}$$

3. Pengurangan TSS

Perhitungan efektifitas pengurangan TSS menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}\eta_{TSS} &= \frac{TSS_{inlet} - TSS_{outlet}}{TSS_{inlet}} \cdot 100\% \\ &= \frac{128 - 16}{128} \cdot 100\% \\ &= 87,5 \%\end{aligned}$$

4. Pengurangan Phospat

Perhitungan efektifitas pengurangan Phospat menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}\eta P - PO_4 &= \frac{P - PO_{4inlet} - P - PO_{4outlet}}{P - PO_{4inlet}} \cdot 100\% \\ &= \frac{1,86 - 1,71}{1,86} \cdot 100\% \\ &= 8,06 \%\end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil pengambilan sampel dan perhitungan efektifitas dapat dilihat bahwa efektifitas pengurangan kadar BOD mencapai 91,78 %, COD 94,28 %, Phospat 8,06 % dan TSS 87,5 %. Hasil diatas menunjukkan kadar BOD, COD, Phospat dan TSS masih berada dibawah standar baku mutu.

4.3.2 Analisa Bangunan Pengolah Limbah

4.3.2.1. Debit (Input)

Air limbah ini berasal dari kamar mandi dan toilet, wastafel, *laundry*, dapur umum (*kitchen*). Kegiatan di *laundry* merupakan kegiatan penghasil limbah cair paling besar, dimana sekitar 50-60% volume limbah cair berasal dari kegiatan ini, kegiatan dapur 20%, toilet 20% serta kegiatan lain-lain 10%. Salah satu kekurangan dari IPAL RSUD Mataram adalah tidak mempunyai alat ukur debit. Nomura dan soufyan menyatakan jumlah kebutuhan air untuk rumah sakit adalah 500 liter/bed/hari untuk rumah sakit besar, sedangkan untuk rumah sakit tipe kecil 350 liter/bed/hari. RSUD Mataram adalah rumah sakit dengan tipe B pendidikan sehingga dikategorikan dalam rumah sakit besar.

Perhitungan debit air buangan:

Diketahui :	Jumlah tempat tidur	= 289 buah
	Jumlah karyawan	= 964 orang
	Jumlah keluarga pasien	= 3 orang/hari
	Debit total air bersih	= 398900 L/hari
	Debit rata-rata air buangan	= 80% x debit air bersih
		= 0,8 x 398900
		= 319120 L/hari
		= 319,120 m ³ /hari

$$= 0.003 \text{ m}^3/\text{detik}$$

4.3.2.2 Bak Pengumpul (Bak Ekualisasi)

Bak pengumpul berfungsi untuk menampung limbah sementara sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Berfungsi juga untuk menjaga kestabilan aliran limbah pada saat pengaliran limbah kedalam proses pengolahan serta menghomogenkan limbah dari berbagai macam masukan limbah yang berbeda-beda.

Diketahui

$$\begin{aligned} Q \text{ air buangan} &= 319,120 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 13,29 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Kadar inlet TSS} = 620 \text{ mg/l}$$

$$\text{Kadar Outlet TSS} = 48 \text{ mg/l}$$

$$\text{Baku mutu} = 30 \text{ mg/l}$$

$$\text{Koefisien pengendapan (Metcalf \& Eddy, 2003)} \quad a = 0,0075 \quad b = 0,014$$

$$\text{Dimensi bak panjang} = 2,5 \text{ m}$$

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

$$\text{Kedalaman} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 10 \text{ m}^3$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Waktu detensi (td)} &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{10 \text{ m}^3}{13,29 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= 0,75 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi pengurangan TSS} = 92,26 \%$$

Effisiensi yang diharapkan mencapai 95,5 % agar kadar outlet TSS bisa berada di bawah baku mutu

$$\text{Pengurangan TSS} = 620 \cdot 0,955$$

$$= 592,1 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS effluent} = 620 - 592,1$$

$$= 27,9$$

Dengan efisiensi yang mencapai 95,5 % maka waktu detensi yang dibutuhkan adalah:

$$R = \frac{1}{(a + b.t)}$$

$$95,5 = \frac{1}{(0.0075 + 0.014.t)}$$

$$t = 0,2 \text{ hari}$$

$$= 4,8 \text{ jam}$$

Untuk mendapatkan waktu detensi sebesar 4,8 jam maka dimensi bak penampungan ditambah menjadi

Panjang = 5 m

Lebar = 4,2 m

Kedalaman = 3 m

Waktu detensi (td) = $\frac{v}{Q}$

$$= \frac{63m^3}{13,29m^3 / jam}$$

$$= 4,8 \text{ jam}$$

Waktu detensi yang ideal untuk bak penampungan pada proses lumpur aktif adalah 3 – 5 jam, dengan menambah dimensi maka didapatkan waktu detensi sebesar 4,8 jam, sehingga efisiensi pengurangan TSS bisa mencapai 95,5 %.

4.3.2.3 Bak Aerasi

Pada pengolahan air limbah secara biologis digunakan aerator sebagai penambahan oksigen terlarut yang digunakan oleh bakteri dalam proses penguraian bahan organik.

Diketahui:

a. Debit aliran air limbah = 0,003 m³ / detik

b. Temperatur udara rata-rata:

- Terendah = 23,13° C (76,63 ° F)

- Tertinggi = 31,8 ° C (89,24° F)

c. Konsentrasi oksigen jenuh (C_{ws}) pada ketinggian (49,21 feet) dan suhu (° C)

- Untuk suhu 23,13 °C C_{ws} = 7,52

- Untuk suhu $31,8^{\circ}\text{C}$ $C_{ws} = 7,3$

d. Konsentrasi kelarutan oksigen (C_1) pada suhu ($^{\circ}\text{C}$)

- Untuk suhu $23,13^{\circ}\text{C}$ $C_1 = 1,27\text{ mg/L}$

- Untuk suhu $31,8^{\circ}\text{C}$ $C_1 = 1,15\text{ mg/L}$

e. Koefisien kinetic pada suhu 20°C (K_{20}) untuk limbah rumah tangga (Eckenfelder, 1926) = 6/hari, $\theta = 1,035$

f. Koefisien penurunan BOD untuk limbah rumah tangga (Metcalf & Edy, 2003)

- $a = 0,3-0,8$ diambil $0,8$

- $b = 0,06-0,15$ diambil $0,15$

- $a' = 1-a = 0,2$

- $b' = 0,28$

g. Faktor koreksi air limbah $\alpha = 1,2$ dan $\beta = 0,95$ (Metcalf & Edy, 2003)

Perhitungan:

- Analisa kapasitas bak aerasi

Ukuran penampang :

Panjang = 8 m

Lebar = 3 m

Kedalaman = 4,2 m

Untuk menghitung waktu tinggal air limbah dalam bak aerasi menggunakan rumus:

$$t = \frac{V}{Q}, \text{ dimana } V = \text{volume bak (m}^3\text{)} = 100,8 \text{ m}^3$$

$$t = \frac{100,8 \text{ m}^3}{13,29 \text{ m}^3 / \text{jam}} = 7,5 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} F/M &= \frac{Q(S_0 - S)}{MLSS \times V} \\ &= \frac{319,120(374 - 27)}{2000 \cdot 100,8} \\ &= 0,5 \text{ kg (OK!)} \end{aligned}$$

Untuk pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif standar, rasio F/M adalah $0,2 - 0,5$ kg per hari.

b. Menghitung temperatur dalam bak (T_w) untuk suhu udara, $T_a = 76,63$ °F dan

$$T_i = 29$$
 °C (84,2 °F)

$$T_w = \frac{DT_i + f.tT_a}{f.t + D}$$

$$T_w = \frac{(4,2.84,2) + (0,5.0,3.76,63)}{(0,5.0,3) + 4,2}$$

$$= 83,93$$
 °F
$$= 28,95$$
 °C

c. Menghitung penyisiran BOD per hari

$$K_w = K_{20} (1.035)^{T_w - 20}$$

$$K_w = 6(1,035)^{28,95 - 20}$$

$$= 8,16$$
 /hari

d. Konsentrasi pengurangan BOD didapat

$$S_e = \frac{S_o.(1 + b.t)}{a.K_w.t}$$

$$S_e = \frac{374(1 + (0,15.0,3))}{0,8.8,16.03}$$

$$= 199,566$$
 kg/hari

e. Menghitung kadar VSS

$$X_v = \frac{a(S_o - S_e)}{1 + b.t}$$

$$= \frac{0,8(374 - 199,565)}{(1 + 0,28.0,3)}$$

$$= 138,464$$
 mg/l

f. Kebutuhan oksigen

$$R_e = \frac{a'(S_o - S_e)}{1 + b'.X_v}$$

$$= \frac{0,2(374 - 199,565)}{(1 + 0,28.0,3)}$$

$$= 32,18$$
 kg/hari

g. Kemampuan peralatan aerator dalam mentransfer oksigen pada kondisi lapang (ketinggian 49,21 feet dan suhu = 29°C)

$$N = N_o \cdot \frac{(\beta \cdot a_s - a)}{a_{s_{20}}} \cdot 1,024^{T_w - 20} \cdot \alpha$$

$$N = 2 \cdot \frac{((0,95 \cdot 7,52) - 1,27)}{9,17} \cdot 1,024^{(28,95 - 20)} \cdot 0,9$$

$$= 1,42 \text{ kgO}_2 / \text{kw/jam}$$

h. Daya aerator adalah

$$P = \frac{R_e}{N} = \frac{32,18 \text{ kg / hari}}{1,42}$$

$$= 22,66 \text{ kw}$$

i. Dengan cara yang sama untuk suhu udara 31,18°C (89,24°F)

$$T_w = 29^\circ\text{C}$$

$$K_w = 8,17 / \text{hari}$$

$$S_e = 199,32 \text{ kg/hari}$$

$$X_v = 128,911 \text{ mg/l}$$

$$R_e = 45,12 \text{ kg/hari}$$

$$N = 1,4 \text{ kgO}_2 / \text{Kw/jam}$$

$$P = 32,21 \text{ kw}$$

Berdasarkan hasil hitungan di atas dan pada kondisi temperatur terendah dan tertinggi, bak aerasi pada IPAL RSUD Mataram masih dapat bekerja secara optimal selama 24 jam dalam sehari untuk melakukan proses aerobik. Dengan daya aerator sebesar 32,21 kw sudah sesuai dengan kriteria perencanaan dengan dimensi yang sudah ada ideal untuk menurunkan nilai BOD yang mencapai 91,64 % dibawah baku mutu.

- Perhitungan tingkat nitrifikasi dan denitrifikasi pada bak aerasi

Diketahui :

- BOD *influent* (diambil maksimum) = 374 mg/l
- BOD *effluent* = 24 mg/l
- qn maksimum untuk limbah = 1,3 mg NH₃-N
- NH₃ *effluent* = 14,79 mg/l
- NO_x = 41,15 mg/l (ammonium tertinggi)

- $a_N = 0,15$
- $a_H = 0,6$
- $b_N = 0,05/\text{hari}$
- $b_H = 0,1/\text{hari}$
- DO (asumsi minimal 2 mg/l)
- X_v (MLVSS) = 1500

Perhitungan :

a. Tingkat nitrifikasi pada suhu 20°C

$$\begin{aligned}
 q_n &= q_{n(\text{maks})} \cdot \frac{NH_3 N}{0,4 + NH_3 N} \cdot \frac{DO}{0,2 + DO} \\
 &= 1,3 \cdot \frac{14,79}{0,4 + 14,79} \cdot \frac{2}{0,2 + 2} \\
 &= 38,434/\text{hari}
 \end{aligned}$$

b. Tingkat nitrifikasi pada suhu 29°C

$$\begin{aligned}
 q_{N(30C)} &= q_{N(20)} \cdot 1,09^{(29-20)} \\
 &= 1,13 \cdot 1,09^9 \\
 &= 2,49/\text{hari}
 \end{aligned}$$

a. Fraksi nitrifikasi

$$\begin{aligned}
 f_n &= \frac{0,15 \cdot NO_x}{a_H \cdot Sr + 0,15 \cdot NO_x} \\
 &= \frac{0,15 \cdot 41,15}{0,6 \cdot 374 + 0,15 \cdot 41,15} \\
 &= 0,026
 \end{aligned}$$

b. Tingkat nitrifikasi (pengurangan ammonium perhari)

$$R_n = 1,13 \cdot 0,026 \cdot 1500 = 44,85 \text{ mg/(l.hari)}$$

c. Waktu tinggal yang diperlukan

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{NO_x}{R_n} \\
 &= \frac{41,15}{44,85}
 \end{aligned}$$

$$= 0,91 > 0,3 \text{ bak aerasi tidak mencukupi}$$

d. Oksigen yang diperlukan

$$O_2 = 4,33 \cdot NO_x$$

$$= 4,33.41,15.319,120/1000 = 56,86 \text{ kg/hari} < 32,18 \text{ kg/hari}$$

Untuk menurunkan kadar amoniak hingga 44,85 mg/(l.hari) maka waktu detensi harus mencapai 0,9 hari, untuk itu debit yang masuk pada bak aerasi dibatasi $112 \text{ m}^3 / \text{hari}$.

4.3.2.4 Bak Sedimentasi

Diketahui:

- Volume bak sedimentasi = $5 \times 4,34 \times 4 = 86,8 \text{ m}^3$
- Debit = $319,120 \text{ m}^3 / \text{hari}$
- Koefisien Pengendapan a = 0,0075 b = 0,014
- Influent TSS (diambil yang tertinggi) = 620 mg/l
- Baku mutu yang ditetapkan = 30 mg/l

Perhitungan:

a. Waktu tinggal

$$t = \frac{v}{Q}$$

$$= \frac{86,8 \text{ m}^3}{319,120 \text{ m}^3 / \text{hari}}$$

$$= 0,27 \text{ hari}$$

b. Effisiensi penurunan TSS = 95,5 %

c. Pengurangan TSS

$$\Delta TSS = \text{Influent R}$$

$$= 620 \cdot 0,955$$

$$= 592,1 \text{ mg/l}$$

d. TSS effluent

$$\text{TSS e} = 620 - 592,1 = 27,9 \text{ mg/l} < \text{baku mutu}$$

4.3.2.5 Bak Chlorinasi

IPAL RSU Mataram menggunakan larutan *Asam tri-chloro-isocyanuric* (TCCA) yang teruji aman digunakan dan hemat karena TCCA mengandung klorine 30% lebih tinggi dari bahan klorinasi lainnya.

Diketahui:

- Dosis TCCA $2 \text{ gr} / \text{m}^3$
- TCCA mengandung 90% chlorine

- Konsentrasi larutan TCCA 10%

Perhitungan:

a. Dosis TCCA untuk desinfeksi

$$= 2 \text{ gr/m}^3 \times 319,120 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 638,249 \text{ gr/hari}$$

$$= 0,6 \text{ kg/hari}$$

b. TCCA yang dibutuhkan

$$= \frac{0,6 \text{ kg/hari}}{0,9}$$

$$= 0,7 \text{ kg/hari}$$

c. Volume TCCA

$$= \frac{\text{kebutuhan TCCA}}{\rho}$$

$$= \frac{0,7 \text{ kg/hari}}{1,2 \text{ kg/L}}$$

$$= 0,58 \text{ m}^3/\text{hari}$$

d. Volume Pelarut Air

$$= \frac{0,9}{0,1} \times 0,58$$

$$= 5,22 \text{ m}^3$$

Bak *chlorinasi* yang dimiliki IPAL RSUD Mataram sudah memadai dalam proses dan operasionalnya, dengan menggunakan TCCA yang mengandung klorin 30% lebih tinggi dari bahan klorinasi lainnya. Sehingga untuk dimensi dan operasional tidak ada masalah.

4.3.3 Analisa Proses Pengolah Limbah

4.3.3.1 Analisa Sistem Penyaluran

Sistem penyaluran air limbah di RSUD Mataram menggunakan sistem terpisah. Air limbah dan air hujan disalurkan secara terpisah dengan menggunakan dua saluran berbeda. Air hujan disalurkan melalui saluran terbuka yang langsung dialirkan ke saluran drainase kota Mataram, sedangkan air limbah disalurkan melalui jaringan pipa menuju IPAL.

4.3.3.2 Analisa Sistem Pengumpulan

Air limbah buangan dari ruang cuci (*laundry*), serta dapur RSU (*Kitchen*) sebelum dialirkan ke IPAL terlebih dahulu dilakukan pengolahan pendahuluan di bak *Pre Treatment*. Pengolahan awal ini dilakukan untuk menghilangkan lemak dan busa sisa sabun dengan menggunakan fasilitas penangkap lemak (*grease trap*). Limbah cair Rumah Sakit yang berasal dari dari sumber pembuangan pada masing-masing bangunan Rumah Sakit seperti misalnya kamar mandi, wastafel, dapur, *laundry*, laboratorium pertama-tama dialirkan ke bak pengumpul. Limbah cair dari bak pengumpul dialirkan ke IPAL baik secara gravitasi maupun dengan bantuan pompa yang bekerja secara otomatis. Hal ini tergantung pada kemiringan tanah atau letak IPAL. Limbah cair yang berasal dari dapur perlu dimasukkan ke dalam bak penangkap lemak terlebih dahulu sebelum dialirkan ke dalam IPAL, agar lemak dapat tertahan pada bak tersebut.

4.3.3.3 Analisa Proses Pengelolaan Limbah dengan Metode Lumpur Aktif Berdasarkan Kondisi Aktual di Lapangan.

1. Bak ekualisasi atau bak penampung limbah

Bak pengumpul berfungsi untuk menampung limbah sementara sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Berfungsi juga untuk menjaga kestabilan aliran limbah pada saat pengaliran limbah kedalam proses pengolahan serta menghomogenkan limbah dari berbagai macam masukan limbah yang berbeda-beda. Tetapi biasanya sebelum masuk ke bak pengumpul dilakukan pengolahan pendahuluan (*Pre Treatment*), terutama untuk limbah yang berasal dari *laundry* (penyucian) dan *kitchen* (dapur) sebagaimana yang sudah diutarakan diatas bahwa *pre treatment* dilakukan untuk menghilangkan lemak dan busa yang dapat mengganggu pada saat berada di IPAL. Bak penampung limbah berukuran 2,5m x 2m, dengan kedalaman 2m dan kapasitas tampungan 10m³. bak penampung limbah dilengkapi dengan 2 unit pompa *submersible*, EBARA.

2. Ruang *Comminutor* (Pencacah)

Fungsi pencacah yaitu sebagai penyaring dan pemotong secara otomatis padatan yang terkandung agar ukurannya menjadi lebih kecil tanpa penyisihan bahan padat itu dari aliran. Pencacah terdiri dari *drum*

cast iron atau bahan lain yang berlubang-lubang, berotasi pada sumbu vertikal dengan motor penggerak. Padatan terbawa aliran masuk ke dalam drum, padatan yang berukuran lebih besar dari lubang pembawa putaran dan dipotong oleh gigi-gigi pemotong (*cutter teeth*) yang dipasang pada alat pemotong permanen (*stainary cutting comb*).

3. Bak Aerasi

Air limpasan dari ruang *comminutor* dialirkan ke bak aerasi menggunakan pompa. Di dalam bak aerasi ini air limbah dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah. Energi yang didapatkan dari hasil penguraian zat organik tersebut digunakan oleh mikroorganisme untuk proses pertumbuhannya. Dengan demikian di dalam bak aerasi akan tumbuh dan berkembang bioamasa dalam jumlah yang besar. Biomasa atau mikroorganisme inilah yang akan menguraikan senyawa polutan yang ada di dalam air limbah. Pada bak aerasi ini, limbah cair diberi oksigen dari udara melalui *blower* atau aerator, sehingga kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) cukup untuk kehidupan mikroorganisme aerob, yaitu minimal 2 mg/L dan diharapkan tidak lebih dari 4 mg/L. Apabila kandungan DO kurang dari 2 mg/L, maka debit pengaliran udara yang dimasukkan kedalam bak aerasi harus diperbesar dengan cara menghidupkan terus menerus mesin *blower* yang ada. Apabila kandungan DO telah mencapai 4 mg/L debit pengaliran udara diperkecil dengan cara mesin *blower* dimatikan, sehingga menghemat listrik. IPAL RSUD Mataram mempunyai 3 bak aerasi dengan ukuran masing-masing 8m x 3m dan kedalaman 4,2m, mempunyai 2 unit mesin *blower*. Diatas bak aerasi terdapat *spray nuzzle* (penghancur busa) yang digunakan untuk menghancurkan busa yang berasal dari dapur dan *laundry*, karena busa yang masuk ke dalam bak aerasi dapat menghalangi masuknya oksigen dari luar.

4. Bak Pengendapan.

Limbah cair yang telah diaerasi dan telah mempunyai kandungan oksigen yang cukup, dialirkan ke dalam bak pengendapan

untuk memberi kesempatan mikroorganisme menguraikan bahan-bahan organik menjadi biomasa yang nampak sebagai flok-flok mengendap ke dasar bak dalam bentuk lumpur. Lumpur ini mengandung banyak mikroorganisme yang pada suatu saat akan kehabisan oksigen terlarut dan bahan makanannya. Oleh karena itu sebagian atau seluruh lumpur dikembalikan atau diresirkulasi ke bak aerasi agar memperoleh nutrisi atau makanan dari limbah cair yang baru dan mendapatkan lagi tambahan oksigen. Pada kondisi kandungan lumpur di bak aerasi sudah berlebihan sehingga jumlah mikroorganisme terlalu banyak atau tidak sebanding dengan tersedianya bahan-bahan organik yang akan dirombaknya, maka lumpur dari bak pengendap dibuang. Dalam mekanisme pengolahan limbah cair menggunakan lumpur aktif, lumpur yang sudah tidak dipakai dialirkan menuju ke tempat pengeringan lumpur (*Sand Drying Bed*), akan tetapi IPAL RSU Mataram belum memiliki sarana ini.

4. Filter

Bak filter ini berfungsi menyaring kembali lumpur yang masih ada dari bak pengendapan, sehingga limbah yang sudah jernih yang mengalir ke bak klorin. Bak filter yang ada di IPAL RSU Mataram berbentuk saringan bertingkat, dengan ukuran 5m x 2,15m.

5. *Desinfectant Basin* (Bak Desinfeksi)

Bak ini berukuran 1,5m x 5m. Fasilitas klorinasi digunakan untuk men-sterilkan *effluent* sebelum dilepaskan keluar ke badan air. Beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika memilih bahan desinfeksi, diantaranya :

- Daya racun zat kimia tersebut
- Waktu kontak yang diperlukan
- Efektivitasnya
- Rendahnya dosis
- Tidak toksik terhadap manusia dan hewan
- Tahan terhadap air
- Biaya terjangkau

Oleh karena itu, maka untuk bahan penjernih air limbah di IPAL RSU Mataram menggunakan larutan *Asam tri-chloro-isocyanuric* (TCCA) yang teruji aman digunakan. Pengaliran larutan ini dilakukan dengan cara otomatis dengan menggunakan *dosing pump* 0,5 L/jam sebagai pompa yang digunakan pada proses pembubuhan *chlorine*.

6. *Effluent* (Keluaran)

Air limbah yang telah diolah yang telah memenuhi standar buangan air limbah kemudian dibuang ke saluran kota.

Beberapa masalah yang sering terjadi di dalam proses lumpur aktif antara lain yaitu pengadukan yang kurang sempurna sehingga mengakibatkan penurunan efisiensi pengolahan. Proses aerasi di dalam sistem lumpur aktif tidak hanya berfungsi sebagai pemasok oksigen untuk kehidupan mikroorganisme tetapi juga berfungsi sebagai pengadukan agar sistem suspensi lumpur dapat tercampur sempurna. Jika pengadukan tidak merata maka lumpur akan mengendap. Akibatnya proses pengolahan tidak dapat berjalan dengan baik.

Masalah lain yang sering terjadi pada proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif adalah *sludge bulking*. *Bulking* adalah fenomena di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif dimana lumpur aktif (*sludge*) berubah menjadi keputih-putihan dan sulit mengendap, sehingga sulit mengendap. Hal ini mengakibatkan cairan supernatan yang dihasilkan masih memiliki kekeruhan yang cukup tinggi.

4.3.3.4 Analisa Hasil Olahan Limbah (Output)

Seperti yang telah dijabarkan sebelumnya bahwa ada 2 macam produk hasil olahan dari IPAL RSU Mataram, yaitu Lumpur dan Air Olahan Limbah.

1. Lumpur

Lumpur ini hanya dikeringkan biasa dan dibuang ketempat pembuangan limbah padat. Mengapa lumpur ini diolah tersendiri untuk outputnya, dikarenakan jika lumpur tetap dibuang bersama air dengan cara penggelontoran, akan menyebabkan terjadinya pengurangan efektivitas bangunan akibat adanya tumpukan sedimen yang melebihi batas di outlet. IPAL RSU Mataram masih belum mempunyai *incinerator* untuk membakar lumpur. Kekurangan dari proses pengolahan lumpur ini adalah

biaya perawatan yang mahal, sehingga tidak jarang lumpur ini digelontor keluar bersama air hasil olahan ke *effluent*.

2. Air Hasil Olahan

Air yang sudah terolah ini sebelum dibuang ke saluran drainase kota, terlebih dahulu diberikan larutan *Asam tri-chloro-isocyanuric* (TCCA) sebagai *desinfektant* atau penghilang kuman-kuman berbahaya.

4.4. Analisa Faktor Penyebab Penurunan Efektifitas IPAL RSUD Mataram Dalam Mengolah Limbah

Dari hasil analisa data dan perhitungan teoritis sebelumnya diketahui beberapa parameter kualitas air masih berada di atas ambang batas pencemar yang ditentukan, seperti amoniak dan TSS. Beberapa faktor yang menyebabkan proses maupun bangunan tidak bekerja dengan efektif antara lain sebagai berikut:

- Operasional IPAL RSUD Mataram dalam mengolah air limbah tidak sesuai dengan ketentuan. Penyimpangan operasi IPAL RSUD Mataram dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.18. Perbandingan ketentuan operasional dengan kondisi di lapangan

Proses	Ketentuan Operasional	Operasi Aktual
- <i>Equalisasi</i>	Waktu tinggal (<i>Detention time</i>) berkisar antara 3-5 jam.	Dimensi yang ada di lapangan hanya menghasilkan waktu tinggal 0,7 jam.
- Sedimentasi	Kondisi bak harus dalam keadaan stabil dan <i>uniform</i> . Endapan lumpur lumpur harus dikembalikan ke bar aerasi dalam bentuk lumpur aktif melalui pemompaan.	Bak sedimentasi dioperasikan bersamaan dengan bak aerasi dan <i>equalisasi</i> .

- Jumlah Karyawan di IPAL dan Jadwal Kerja

Untuk tim dari IPAL RSUD Mataram ini terdiri dari 7 orang dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. 4 orang bertanggung jawab atas perawatan mesin dan peralatan IPAL
2. 3 orang bertanggung jawab terhadap proses dan kebersihan IPAL

Dasar pendidikan yang dikuasai meliputi :

1. 4 orang lulusan Fakultas Kesehatan Masyarakat
2. 3 orang lulusan Fakultas Biologi

Jika dilihat dari jenjang pendidikan yang ada, belum ada yang memiliki sertifikasi S1 dari teknik lingkungan maupun teknik mesin. Tetapi untuk membekali pengetahuan tentang operasional serta perawatan IPAL, beberapa karyawan dengan latar belakang pendidikan dari Kesehatan Masyarakat mengikuti pelatihan.

Jadwal kerja atau pengoperasian IPAL sudah kontinu. Dalam seminggu IPAL beroperasi selama 7 hari, karena kegiatan dari ruang rawat inap, dapur, Laundry tetap berjalan dan semuanya menghasilkan limbah cair

- Tidak terlaksana sistem *monitoring* yang telah ditetapkan. Sistem *monitoring* atau pengawasan bertujuan untuk memenuhi hasil yang diharapkan. Pada pelaksanaan di lapangan pengukuran parameter kualitas air hanya dilakukan dua kali dalam setahun, hal ini menyebabkan lambatnya penanganan apabila terjadi penurunan kinerja IPAL.

4.5. Alternatif Penyelesaian Untuk Masalah Penurunan Efektifitas Pada IPAL RSUD Mataram

Dari beberapa analisa yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya disimpulkan bahwa kinerja IPAL RSUD Mataram masih berada dibawah kondisi optimal, dilihat dari analisa kadar outlet dari beberapa parameter yang masih berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah.

Beberapa rekomendasi yang diusulkan antara lain:

1. Dari hasil analisa kualitas air diketahui bahwa kinerja IPAL RSUD Mataram belum optimal dalam menurunkan TSS dan Amoniak sampai di bawah ambang batas pencemar. Untuk parameter TSS direkomendasikan

beberapa perubahan dalam proses pengolahan IPAL RSUD Mataram yakni dengan menambahkan waktu tinggal (*Detention Time*) pada bak pengumpul. Bak pengumpul berfungsi untuk menampung limbah sementara sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Berfungsi juga untuk menjaga kestabilan aliran limbah pada saat pengaliran limbah kedalam proses pengolahan serta menghomogenkan limbah dari berbagai macam masukan limbah dan sebagai bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan. Untuk bak pengendapan dibutuhkan waktu tinggal 3-5 jam. Dari dimensi yang ada sekarang, bak pengumpul yang ada di IPAL RSUD Mataram hanya menghasilkan waktu tinggal 0,7 jam. Untuk itu dilakukan perubahan dimensi agar didapatkan waktu tinggal lebih lama.

Dengan efisiensi yang mencapai 95,5 % untuk mendapatkan nilai TSS yang berada di bawah baku mutu maka waktu detensi yang dibutuhkan adalah:

$$R = \frac{1}{(a + b.t)}$$

$$95,5 = \frac{1}{(0.0075 + 0.014.t)}$$

$$t = 0,2 \text{ hari}$$

$$= 4,8 \text{ jam}$$

Untuk mendapatkan waktu detensi sebesar 4,8 jam maka dimensi bak penampungan ditambah menjadi

$$\text{Panjang} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 4,2 \text{ m}$$

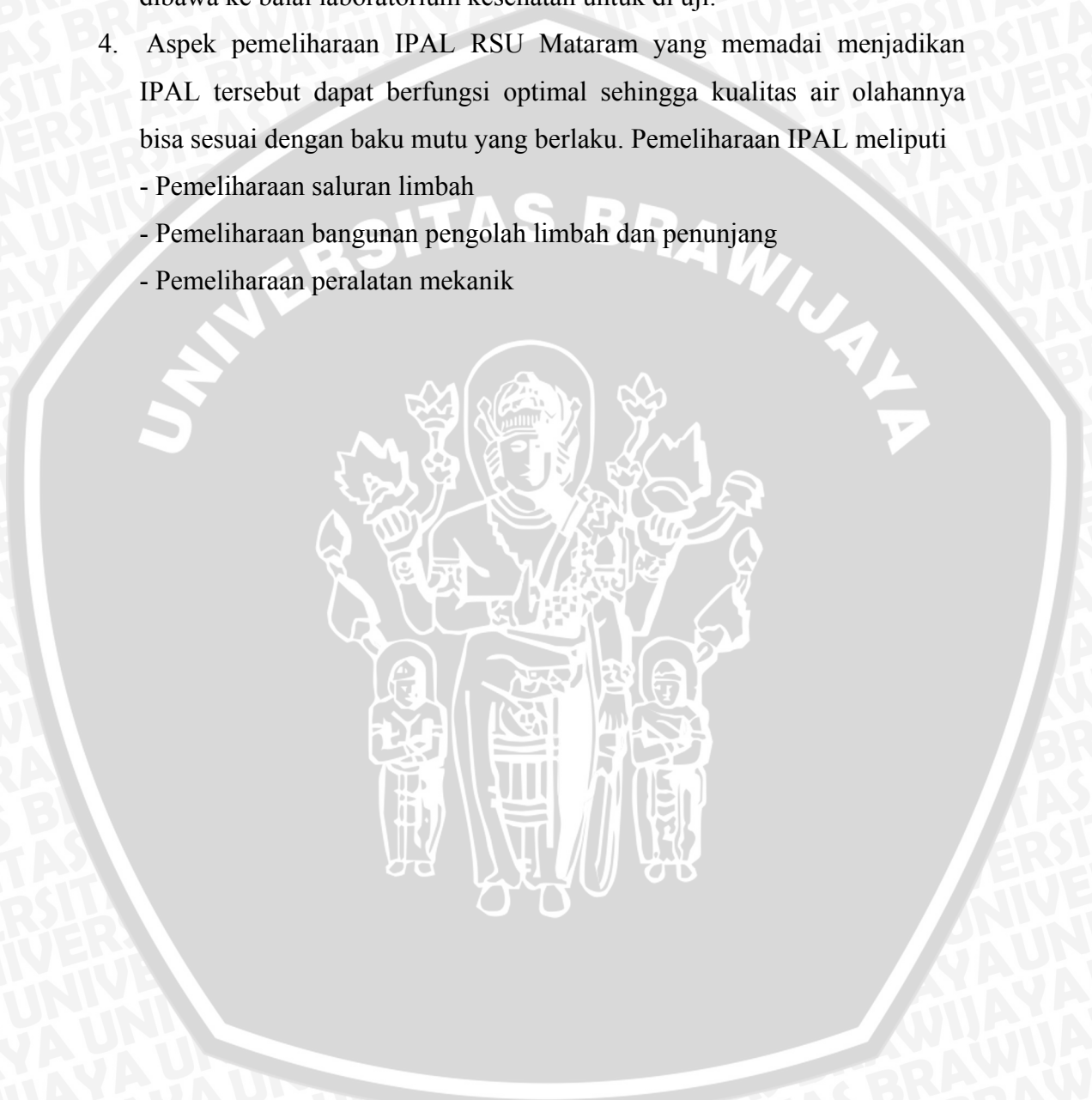
$$\text{Kedalaman} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = \frac{v}{Q}$$

$$= \frac{63 \text{ m}^3}{13,29 \text{ m}^3 / \text{jam}} = 4,8 \text{ jam} = 4 \text{ jam } 48 \text{ menit}$$

2. Untuk menurunkan kadar amoniak hingga 44,85 mg/(l.hari) maka waktu detensi harus mencapai 0,9 hari, untuk itu debit yang masuk pada bak aerasi dibatasi 112 m³/hari.

3. Pengecekan konsentrasi dan pengukuran kualitas air limbah dilakukan setiap bulan, karena dengan kondisi yang sekarang dilakuakn hanya setahun dua kali sangat tidak efektif. Dari segi ekonomis akan membutuhkan biaya tambahan yang cukup besar, karena sampel harus dibawa ke balai laboratorium kesehatan untuk di uji.
4. Aspek pemeliharaan IPAL RSUD Mataram yang memadai menjadikan IPAL tersebut dapat berfungsi optimal sehingga kualitas air olahannya bisa sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Pemeliharaan IPAL meliputi
 - Pemeliharaan saluran limbah
 - Pemeliharaan bangunan pengolah limbah dan penunjang
 - Pemeliharaan peralatan mekanik



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pembahasan mengenai evaluasi instalasi pengolahan air limbah di RSUD ini dititikberatkan pada tiga hal terpenting, yaitu analisa parameter kualitas air limbah dengan standar baku mutu yang ditetapkan pemerintah, analisa efisiensi pengurangan parameter kualitas air limbah, analisa proses pengolahan air limbah. Adapun kesimpulannya sebagai berikut :

1. Parameter kualitas air limbah RSUD Mataram meliputi BOD, COD, NH₃, P-PO₄ dan TSS masih ada yang berada di atas standar baku mutu yang ditetapkan pemerintah yaitu dapat dilihat pada tabel 5.1 di bawah

Tabel 5.1. Persentase Parameter Kualitas Air Terhadap Baku Mutu Limbah Rumah Sakit

Parameter	Persentase di atas baku mutu (%)	Persentase di bawah baku mutu (%)
BOD	8,34	91,64
COD	0	100
Phospat	18,18	81,82
Amoniak	75	25
TSS	83,33	16,67

Sumber: Hasil Perhitungan

Dapat dilihat pada tabel 5.1 di atas persentase nilai di outlet yang masih berada di atas baku mutu terhadap parameter Amoniak dan TSS sangat tinggi, dan untuk parameter BOD persentase nilai outlet yang dibawah baku mutu mencapai 91,64 % sedangkan Phospat mencapai 81,82 % dan COD 100 %. Untuk parameter TSS yang nilainya tinggi sekali di atas baku mutu disebabkan karena *pre treatment* di ruang dapur belum sempurna yang berasal dari sisa-sisa makanan dan juga dikarenakan terjadi permasalahan di bak pengendapan dimana lumpur sulit untuk diendapkan sehingga keluar bersama *effluent*.

2. Hasil dari analisa dan perhitungan efisiensi pengurangan parameter kualitas air limbah dapat dilihat nilai efisiensi pengurangan kadar BOD, COD, NH₃, P-PO₄, TSS sebagai berikut :

Tabel 5.2 Rekapitulasi efektivitas pengurangan parameter kualitas air limbah

Tahun	Nilai Inlet - Outlet (mg/l)					Nilai Persentase Penurunan (%)				
	BOD	COD	TSS	NH ₃	P-PO ₄	BOD	COD	TSS	NH ₃	P-PO ₄
Juni (2001)	24	96	126	0,6	0,90	91,29	82,76	68,48	24,00	56,25
Desember (2001)	30	24	856	3,2	9,50	88,76	58,54	89,54	99,78	26,32
Juni (2002)	44	136	572	3,9	0,00	91,34	87,74	92,26	99,74	0,00
November (2002)	148	160	86	4,6	15,00	91,36	98,77	79,63	99,96	48,70
Mei (2003)	75	257	498	1,0	0,26	86,21	87,12	92,22	14,37	98,85
Oktober (2003)	186	422	402	6,3	0,46	93,94	93,57	83,75	46,29	99,35
Mei (2004)	26	11	323	22,5	0,45	57,78	36,67	89,72	72,31	81,82
Oktober (2004)	336	1748	174	29,8	0,50	96,00	98,20	37,18	94,45	83,33
Mei (2005)	348	629	156	24,6	0,50	93,05	91,16	84,78	91,79	83,33
November (2005)	84	263	164	26,4	0,50	85,71	90,69	60,74	64,06	83,33
Juni (2006)	332	802	2	12,2	1,07	89,73	91,66	5,26	35,72	76,43
Oktober (2006)	86	256	40	21,9	0,04	87,76	89,20	32,79	66,35	40,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Dapat disimpulkan bahwa dari kelima parameter kualitas air limbah diatas ada beberapa parameter yang efisiensi penurunan masih sangat sedikit seperti pada parameter TSS, sehingga bisa dikatakan bahwa IPAL RSU Mataram belum bekerja secara optimal.

3. Faktor-faktor penyebab pengurangan efektivitas IPAL antara lain:
- Terbatasnya tenaga ahli.
 - Monitoring yang tidak kontinyu.
 - Keterbatasan dan mahalnya peralatan lab, serta keterbatasan alat, seperti alat ukur debit.
 - Untuk kadar TSS yang masih di atas baku mutu disebabkan karena dimensi di bak penampung awal kurang.
 - Untuk kadar Amoniak yang masih di atas baku mutu disebabkan karena debit yang masuk ke dalam bak aerasi terlalu besar.
4. Alternatif penyelesaian untuk mengatasi kurangnya efisiensi kerja IPAL RSU Mataram antara lain:

- Mengoptimalkan pengoperasian IPAL sesuai ketentuan yang ada yaitu pengoperasian IPAL selama 24 jam dengan tetap menjaga kondisi aerob dengan memanfaatkan lumpur aktif.
- Pemeriksaan bangunan IPAL hendaknya lebih sering dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengantisipasi kerusakan-kerusakan yang terjadi pada bangunan IPAL.
- Sebaiknya di RSUD Mataram dilengkapi dengan laboratorium sebagai tempat untuk analisa parameter-parameter dalam air limbah, sehingga setiap saat kualitas *effluent* yang siap dibuang ke badan air dapat diketahui apakah tetap memenuhi baku mutu rumah sakit atau tidak.
- Mengubah dimensi pada bak penampungan untuk menambah waktu tinggal (*Detention Time*) untuk menurunkan kadar TSS

Keadaan yang ada sekarang :

Dimensi : Panjang = 2.5 m

Lebar = 2 m

Kedalaman = 2 m

Effisiensi pengurangan TSS = 92,26 %

Waktu tinggal = 0,75 jam

Untuk mendapatkan nilai TSS yang berada di bawah baku mutu maka dimensi yang sudah ada diubah menjadi:

Dimensi : Panjang = 5 m

Lebar = 4,2 m

Kedalaman = 3m

Effisiensi pengurangan TSS = 95,5 %

Waktu tinggal = 4,8 jam = 4 jam 48 menit

Waktu detensi yang ideal untuk bak penampungan pada proses lumpur aktif adalah 3 – 5 jam, dengan menambah dimensi maka didapatkan waktu detensi sebesar 4 jam 48 menit, sehingga efisiensi pengurangan TSS bisa mencapai 95,5 %.

- Untuk menurunkan kadar amoniak hingga 44,85 mg/(l/hari) maka waktu detensi harus mencapai 0,9 hari atau 21 jam 14 menit untuk itu debit yang masuk pada bak aerasi dibatasi $112 \text{ m}^3 / \text{hari}$ atau 112000 l/ hari.

5.2. Saran

Setelah melihat hasil analisa dan perhitungan diatas, dapat diberikan rekomendasi dan saran untuk Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Mataram sebagai bahan masukan agar lebih baik lagi dalam kinerjanya serta untuk rekan-rekan mahasiswa lainnya yang akan mengambil penelitian sejenis. Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Operasional dan pemeliharaan terhadap bangunan dan alat agar lebih diperhatikan. Pemeriksaan bangunan instalasi pengolahan air limbah hendaknya lebih sering dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengantisipasi kerusakan-kerusakan yang terjadi pada bangunan IPAL.
2. Sebaiknya RSUD Mataram dilengkapi dengan laboratorium sebagai tempat untuk analisa parameter-parameter dalam air limbah, sehingga setiap saat kualitas *effluent* yang siap dibuang ke badan air atau sungai dapat diketahui apakah tetap memenuhi standar baku mutu atau tidak.
3. Menambah tenaga ahli baik dibidang perawatan mesin, operator, maupun uji kualitas air di Instalasi Pengolahan Air Limbah ini.
4. Jam operasi IPAL masih belum kontinyu, jika hari libur sebaiknya tetap ada operator yang mengontrol pengoperasian IPAL sehingga tidak terjadi penumpukan limbah pada awal minggu yang dapat mengakibatkan semakin besar kesalahan yang terjadi pada saat pengukuran.

Semoga penelitian ini, bisa bermanfaat dan dapat digunakan sebagai bahan masukan untuk lebih meningkatkan lagi usaha menjaga kelestarian lingkungan dan terciptanya lingkungan sekitar yang sehat, terutama untuk ruang lingkup sumber daya air.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. *Evaluasi Pelaksanaan Sanitasi RSUD Mataram..* Tidak diterbitkan.
Mataram : RSUD Mataram
- Anonim. 1998. *Petunjuk Operasional dan Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Limbah Cair (IPLC) Rumah Sakit dengan Sistem Lumpur Aktif.*
Yogyakarta : Balai Teknik Kesehatan Lingkungan
- Anonim. 1990. *Pedoman Sanitasi Rumah Sakit di Indonesia.* Jakarta : Dit Jen PPM & PLP Departemen Kesehatan RI.
- Dix, H.M. 1981. *Environmental Pollution.* New York : John Wiley and Sons.
- Eckenfelder, Wesley. 1966. *Industrial Water Supply and Pollution Control.*
McGraw Hill Company.
- Linsley, R.K. And Franzini, J.B. 1991. *Teknik Sumber Daya Air.* Jilid 1 dan 2.
Jakarta : Erlangga.
- Metcalf dan Eddy. 1979. *Waste Water Engineering* Second Edition. McGraw-Hill Company.
- _____. 2003. *Waste Water Engineering* Second Edition. McGraw-Hill Company.
- Noerbambang, S.H, Morimura, Takeo. 1996 *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing.* Jakarta. PT Pradnya Paramita.
- Steel, E.W. and Terence, J. 1994. *Water Supply and Sewerage.* 5th ed. McGraw Hill Company. New York
- Sudarmaji. 2006. *Pencemaran Air.* Yogyakarta : Pusat studi Lingkungan Hidup Universitas Gadjah Mada.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah.* Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia.
- Suparmin, Suparman. 2002. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair.* Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.