



363.728
Ind
P

SERI SANITASI LINGKUNGAN
PEDOMAN TEKNIS
INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DENGAN SISTEM AEROBIK LUMPUR AKTIF
PADA FASILITAS PELAYANAN KESEHATAN
CETAKAN PERTAMA



DEPARTEMEN KESEHATAN RI
PUSAT SARANA, PRASARANA DAN PERALATAN KESEHATAN

**PEDOMAN TEKNIS
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
DENGAN SISTEM AEROBIK LUMPUR AKTIF
PADA FASILITAS PELAYANAN KESEHATAN**

Katalog Dalam Terbitan, Departemen Kesehatan RI

383.728

Indonesia, Departemen Kesehatan, Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan
dan Peralatan Kesehatan
Pedoman teknis instalasi pengolahan air limbah (ipal)
dengan sistem aerobik lumpur aktif pada fasilitas pelayanan
kesehatan, RI, 2009.

DEPARTEMEN KESEHATAN RI
Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan

WASTE MANAGEMENT

Juli

PEDOMAN TEKNIS
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
DENGAN SISTEM AEROBIK LUMPUR AKTIF
PADA FASILITAS PELAYANAN KESEHATAN

Katalog Dalam Terbitan. Departemen Kesehatan RI

363.728

Ind Indonesia, Departemen Kesehatan, Pusat Sarana Prasarana
dan Peralatan Kesehatan
P Pedoman teknis instalasi pengolahan air limbah (ipal)
dengan sistem aerobik lumpur aktif pada fasilitas pelayanan
kesehatan. – Jakarta : Departemen Kesehatan RI, 2009.

I. Judul 1. WASTE MANAGEMENT

KATA PENGANTAR

Air limbah yang berasal dari fasilitas pelayanan kesehatan merupakan salah satu sumber pencemaran air apabila tidak dikelola dengan baik. Hal ini disebabkan karena air limbah mengandung senyawa organik yang cukup tinggi, senyawa kimia serta mikroorganisma patogen yang dapat menyebabkan pencemaran. Oleh karena potensi dampak terhadap kesehatan masyarakat sangat besar maka berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No. 1204/Menkes/SK/X2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit maka setiap pelayanan kesehatan diwajibkan memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sedangkan baku mutu air limbah mengacu pada Keputusan Menteri Negara Hidup No.58 Tahun 1995 tanggal 21 Desember 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit.

Dengan adanya ketentuan tersebut di atas maka diperlukan teknologi yang tepat untuk mengolah air limbah tersebut. Salah satu teknologi pengolahan air limbah yang banyak digunakan adalah IPAL dengan sistem aerobik lumpur aktif. Permasalahan yang sering muncul adalah kegagalan proses dan atau efisiensi pengolahan yang rendah akibat dari desain yang kurang tepat dan operator IPAL yang kurang memahami proses pengolahan. Di samping pihak manajemen yang kurang memberikan perhatian terhadap berlangsungnya operasionalisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah.

Untuk meningkatkan kemampuan proses pengolahan air limbah melalui pengolahan biologi dengan sistem aerobik lumpur aktif di fasilitas pelayanan kesehatan dapat optimal dan efisien serta mendapatkan efluen yang memenuhi baku mutu yang berlaku, maka disusun panduan atau buku Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan Sistem Aerobik Lumpur Aktif pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan. Buku pedoman ini disusun dengan partisipasi berbagai pihak termasuk rumah sakit, organisasi profesi serta instansi terkait baik pembina, pengelola maupun pengawas kesehatan lingkungan.

Buku pedoman ini diharapkan dapat menjadi acuan awal bagi para pengelola fasilitas pelayanan kesehatan, praktisi kesehatan lingkungan, perencana dan perencanaan fasilitas kesehatan serta pemerhati di bidang kesehatan lingkungan untuk dapat mengembangkan suatu pengelolaan air limbah untuk fasilitas pelayanan kesehatan yang memenuhi persyaratan.

Kami mengucapkan terima kasih kepada tim penyusun dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan pedoman ini.

Jakarta, 13 April 2009

Kepala Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan


Ir. Tugijono, M.Kes
NIP. 140 058 253

DAFTAR ISI

	Hal
Kata Pengantar.....	i
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii
Daftar Lampiran	x
Tim Penyusun.....	xi
Pendahuluan	xiii
Bab I Ketentuan Umum	1
1.1. Pengertian	1
1.2. Maksud dan Tujuan.....	1
1.2.1. Maksud.....	1
1.2.2. Tujuan	2
1.3. Dasar Hukum	2
1.4. Ruang Lingkup.....	2
Bab.II Pengelolaan Air Limbah Di Fasilitas Pelayanan Kesehatan.....	3
2.1. Jenis dan Sumber air limbah yang harus diolah.....	3
2.2. Karakteristik Air Limbah	4
2.3. Baku Mutu Limbah / Air Limbah Fasilitas Kesehatan / Rumah Sakit	7
Bab III Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Lumpur Aktif	9
3.1. Proses Biologis untuk Pengolahan Air Limbah.....	9
3.2. Pertumbuhan Mikroorganisma dan Penggunaan Makanan.....	12
3.3. Proses Lumpur Aktif (<i>Activated Sludge Process</i>)	17
3.3.1. Proses Lumpur Aktif dengan Pencampuran Sempurna	18
(<i>Completely Mixed Activated Sludge</i>)	
3.3.2. Plug Flow Reaktor	20
3.4. Pengolahan Air limbah dengan Proses Lumpur Aktif Standar	21
(Konvensional)	
3.5. Variabel Operasional Di Dalam Proses Lumpur Aktif	23
3.6. Modifikasi Proses Lumpur Aktif Konvensional (Standard)	27
3.6.1. Sistem Aerasi Berlanjut (<i>Extended Aeration System</i>)	28
3.6.2. Proses Dengan Sistem Oksidasi Parit (<i>Oxidation Ditch</i>)	28
3.6.3. Sistem Aerasi Bertingkat (<i>Step Aeration</i>).....	31

3.6.4.	Sistem Stabilisasi Kontak (<i>Contact Stabilization</i>)	31
3.6.5.	Sistem Aerasi Dengan Pencampuran Sempurna	31
	(<i>Completely Mixed System</i>)	
3.6.6.	Sistem Lumpur Aktif Kecepatan Tinggi	34
	(<i>High-Rate Activated Sludge</i>)	
3.6.7.	Sistem Aerasi dengan Oksigen Murni (<i>Pure Oxygen Aeration</i>)	35
3.7.	Reaksi Peruraian Polutan Organik Pada Sistem Lumpur Aktif	36
3.8.	Menjaga Kestabilan Konsentrasi Mikroorganisma Dalam Sistem Lumpur Aktif	38
3.9.	Jumlah Produksi Lumpur	39
3.10.	Perhitungan Kebutuhan Oksigen Secara Empiris Pada Proses Lumpur Aktif	39
3.11.	Biologi Lumpur Aktif	40
3.11.1.	Bakteri	40
3.11.2.	Fungi	41
3.11.3.	Protozoa	41
3.11.4.	Rotifers	42
3.12.	Permasalahan Yang Sering Timbul Di dalam Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Lumpur Aktif	43
3.12.1.	Pertumbuhan Terdispersi (<i>Dispersed Growth</i>)	44
3.12.2.	<i>Nonfilamentous Bulking</i>	45
3.12.3.	<i>Pinpoint Floc</i>	45
3.12.4.	Lumpur Yang Mengambang (<i>Rising Sludge</i>)	45
3.12.5.	Filamentous Bulking	45
3.12.6.	Pembentukan Buih atau Busa (<i>Foaming or Scum Formation</i>)	46
Bab IV	Peralatan Standar Yang Digunakan Untuk Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Lumpur Aktif	47
4.1.	Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Proses Lumpur Aktif	47
4.2.	Unit Pengumpul Air Limbah	48
4.2.1.	Jaringan Pengumpul Air Limbah	48
4.2.2.	Ukuran Pipa Jaringan	49
4.2.3.	Bak Kontrol	51
4.2.4.	Bak Pengumpul Air Limbah	52
4.3.	Bak Saringan (<i>Screen Chamber</i>)	53
4.3.1.	Tipe Screen	53
4.3.2.	Kriteria Perencanaan Bar Screen	55
4.3.3.	<i>Head Loss</i> di dalam <i>Bar Screen</i>	56

4.4.	Bak Pemisah Pasir (<i>Grit Chamber</i>)	57
4.4.1.	Fungsi	57
4.4.2.	Lokasi dan Bentuk Bak Pemisah Pasir (<i>Grit Chamber</i>).....	57
4.4.3.	Struktur Bangunan	59
4.4.4.	Tipe Bak pemisah Pasir.....	59
4.4.4.1.	Bak Pemisah Pasir Dengan Kontrol Kecepatan.....	59
4.4.4.2.	Bak Pemisah Pasir Dengan Aerasi.....	60
4.4.5.	Kriteria Desain Bak Pemisah Pasir Dengan Aerasi.....	60
4.5.	Penangkap (Interceptor).....	62
4.5.1.	Bak Pemisah Lemak (<i>Grease Removal</i>).....	63
4.5.2.	Penangkap minyak	64
4.5.3.	Penangkap Gips.....	64
4.5.4.	Penangkap pada Laundry	64
4.6.	Bak Ekualisasi	64
4.7.	Pompa Air Limbah	66
4.8.	Bak Pengendapan Atau Bak Sedimentasi.....	67
4.9.	Bak Aerasi (<i>Aeration Tank</i>)	70
4.10.	Peralatan Pemasok Udara	71
4.10.1.	Tipe Difuser dan Aerator	71
4.10.2.	Tipe Blower Udara	73
4.11.	Bak Klorinasi.....	76
4.12.	Pengeringan / Pengolahan Lumpur.....	78
4.13.	Persyaratan Konstruksi IPAL Lumpur Aktif.....	83
4.13.1.	Rancangan Lokasi (<i>Site Plan</i>) Instalasi	83
	Pengolahan Air Limbah Sistem Lumpur Aktif (<i>Ipal</i>)	
4.13.2.	Konstruksi Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	83
	Sistem Lumpur Aktif (<i>IPAL</i>)	
4.13.2.1.	Struktur Bangunan <i>IPAL</i>	83
4.13.2.2.	Persyaratan Bahan.....	84
4.13.2.3.	Sistem Ventilasi	84
4.13.2.4.	Sistem Pencahayaan.....	84
4.13.2.5.	Sistem Kelistrikan	84
Bab V.	Pengoperasian, Pemeliharaan dan Penyelesaian Masalah.....	85
5.1.	Pengoperasian <i>IPAL</i>	85
5.1.1.	Pelaksanaan <i>commisioning</i>	85
5.1.2.	Pengoperasian Blower Udara	86
5.1.3.	Pengoperasian Pompa Air Limbah Dan Pompa Sirkulasi.....	86
5.2.	Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	87
5.3.	Penanggulangan Masalah / Gangguan pada proses lumpur aktif	91

5.4.	Penyelesaian masalah pada pengoperasian desinfeksi.....	97
5.5.	Pelaksanaan K3 bagi pelaksana di IPAL.....	98
Bab VI	Monitoring dan Evaluasi	99
6.1.	Monitoring	99
6.2.	Evaluasi	103
Bab VII	Penutup.....	102
DAFTAR PUSTAKA.....		103

DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 2.1.	Contoh Karakteristik air limbah Rumah Sakit di DKI Jakarta	4
Tabel 2.2.	Sumber, karakteristik dan pengaruh air limbah	5
Tabel 2.3.	Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor	7
	KEP – 58/MENLH/12/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair	
	Kegiatan Rumah Sakit Tanggal 12 Desember 1995.	
Tabel 3.1.	Proses Pengolahan Secara Biologis yang Umum Digunakan untuk Air	
	Limbah.....	9
Tabel 3.2.	Karakteristik Operasional Proses Pengolahan Air Limbah dengan	
	Proses Biologis	11
Tabel 3.3.	Parameter Perencanaan Proses Pengolahan Air Limbah	
	Dengan Proses Biologis	12
Tabel 3.3	Masalah yang Sering Terjadi pada Proses Lumpur Aktif	44
Tabel 4.1.	Unit Beban Alat Plambing Untuk Air Buangan/Limbah.....	49
Tabel 4.2.	Beban Maksimum Yang Diizinkan Untuk Perpipaan Air	50
	Buangan/Limbah (Dinyatakan Dalam Unit Beban Alat Plambing)	
Tabel 4.3.	Deskripsi Saringan Kasar (<i>coarse screen</i>).....	55
Tabel 4.4.	Kriteria desain untuk bar screen	56
Tabel 4.5.	Keuntungan atau kerugian mengenai berbagai letak bak pemisah pasir.....	58
Tabel 4.6.	Kriteria perencanaan untuk tipikal bak pemisah pasir dengan aerasi.....	61
Tabel 4.7.	Kriteria desain bak pengendapan primer	68
Tabel 4.8.	Kriteria desain bak pengendapan awal (primer) dan bak	69
	pengendapan akhir (sekunder)	
Tabel 4.9.	Jenis jenis difuser dan efisiensi transfer oksigen.....	72
Tabel 5.1.	Kegiatan pemeliharaan IPAL	89
Tabel 5.2.	Beberapa Permasalahan Di dalam Proses Lumpur Aktif dan	91
	Penanggulangannya	
Tabel 5.3.	Beberapa Permasalahan Pengoperasian Desinfeksi Di dalam	97
	Proses Lumpur Aktif dan Pemecahan Masalahnya	

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1. Diagram proses pengelolaan air limbah rumah sakit	6
Gambar 3.1. Kurva pertumbuhan biomassa dan penggunaan makanan.....	13
Gambar 3.2. Konstanta laju pertumbuhan Monod sebagai fungsi dari	15
konsentrasi makanan di dalam substrat.	
Gambar 3.3. Sistem lumpur aktif dengan reaktor pencampuran sempurna	17
Gambar 3.4. Sistem lumpur aktif dengan reaktor <i>plug flow</i>	18
Gambar 3.5. Sistem Lumpur Aktif Standar atau Konvensional.....	22
Gambar 3.6. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem	26
Lumpur Aktif Standar (Konvensional) dan Kriteria Perencanaan.	
Gambar 3.7. a. Unit Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem	27
Lumpur Aktif Standar.	
Gambar 3.7. b. Unit Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Lumpur Aktif Standar	28
Gambar 3.8. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem.....	29
"Extended Aeration" Dan Kriteria Perencanaan	
Gambar 3.9. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem.....	30
Oksidasi Parit "Oxidation Ditch" Dan Kriteria Perencanaan	
Gambar 3.10. Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Oksidasi Parit	31
"Oxidation Ditch"	
Gambar 3.11. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem.....	32
"Step Aeration" Dan Kriteria Perencanaan	
Gambar 3.12. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem.....	33
"Contact Stabilization" Dan Kriteria Perencanaan	
Gambar 3.13. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem.....	34
"Modified Aeration" Dan Kriteria Perencanaan	
Gambar 3.14. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem.....	35
"High Rate Aeration" Dan Kriteria Perencanaan.	
Gambar 3.15. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem.....	36
Aerasi Oksigen Murni Dan Kriteria Perencanaan	
Gambar 3.16. Grafik hubungan antara solid retention time terhadap produksi lumpur	39
Gambar 3.17. Bentuk mikroorganisma yang ada dalam Lumpur aktif	43
Gambar 4.1. Diagram pengolahan air limbah rumah sakit atau layanan	47
kesehatan dengan proses lumpur aktif.	
Gambar 4.2. Contoh konstruksi bak kontrol	52
Gambar 4.3. Salah satu contoh tipikal konstruksi bak pengumpul.....	52

Gambar 4.4.	Photo tipikal bak pengumpul air limbah	53
Gambar 4.5.	Beberapa jenis penyaring yang sering digunakan dalam sistem Pengolahan	54
Gambar 4.6.	Salah satu contoh konstruksi bak pemisah pasir (<i>grit chamber</i>)	58
Gambar 4.7.	Bar Screen dan Grit Chamber Skala Kecil.....	62
Gambar 4.8.	Contoh bak pemisah lemak sederhana	63
Gambar 4.9.	Photo bak pemisah lemak sederhana	63
Gambar 4.10.	Salah satu contoh konstruksi bak pemisah lemak dan bak ekualisasi	65
Gambar 4.11.	Photo bak pemisah lemak dan bak ekualisasi tertutup	65
Gambar 4.12.	Photo bak pemisah lemak dan bak ekualisasi terbuka	66
Gambar 4.13.	Contoh konstruksi pompa air limbah dengan motor di bawah tanah.....	66
Gambar 4.14.	Contoh konstruksi pompa air limbah dengan motor di atas tanah	67
Gambar 4.15.	Salah satu contoh bak pengendapan bentuk segi enam	69
Gambar 4.16.	Salah satu contoh bak pengendapan bentuk bulat	70
Gambar 4.17.	Bak aerasi dengan bentuk bulat	70
Gambar 4.18.	Bak aerasi dengan bentuk segi empat.....	71
Gambar 4.19.	Beberapa contoh tipe aerator dan difuser	72
Gambar 4.20.	Jet aerator.....	73
Gambar 4.21.	Difuser tipe tabung	73
Gambar 4.22.	Difuser karet gelembung halus.....	73
Gambar 4.23.	Roots Blower.....	74
Gambar 4.24.	Submersible Roots Blower	74
Gambar 4.25.	Pompa Udara	75
Gambar 4.26.	Rotary Vane Blower	76
Gambar 4.27.	Contoh bak Khlorinasi	77
Gambar 4.28.	Diagram Proses Pengering Lumpur Secara Alami	79
	(<i>Sludge Drying Bed</i>)	
Gambar 4.29.	Photo Unit Pengering Lumpur Secara Alami (<i>Sludge Drying Bed</i>).....	79
Gambar 4.30.	Pengeringan lumpur dengan <i>plate and frame filter</i>	80
Gambar 4.31.	Pengeringan Lumpur Dengan Sistem Centrifuge	80
Gambar 4.32.	Pengeringan Lumpur Dengan Sistem Centrifuge II.....	81
Gambar 4.33.	Unit Pengering Lumpur Dengan Sistem Centrifuge.	81
Gambar 4.34.	Pengeringan Lumpur Dengan Cara Pengepresan.....	82
Gambar 4.35.	Photo Unit Pengering Lumpur Dengan Belt Press.....	82
Gambar 5.1.	Skematik Program Pemeliharaan IPAL	88

TIM PENYUSUN

Penanggungjawab

Ir. Tugijono, M.Kes
Kepala Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan

Ketua

Ir. Azizah
Kepala Bidang Sarana dan Prasarana Kesehatan

Penyusun

- 1 Ir. Nusa Idaman Said, M.Eng
Peneliti Utama Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
- 2 Ir. Soekartono
Sekretaris Jenderal Persatuan Insinyur Indonesia
- 3 Ir. Mohammad Nasir, M.Si
RSUP Persahabatan Jakarta
- 4 Heri Purwanto, ST
Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan
- 5 Ir. Ridwan Subrata
Anggota Ikatan Ahli Teknik Penyehatan dan Lingkungan Indonesia
- 6 Widodo, SSi
Kepala Seksi Teknologi Laboratorium BBTKL - PPM Jakarta
- 7 Budi Setiawan, SKM
RSUP dr. Sardjito Yogyakarta
- 8 R.Duta Cahyawan, AmKL
RSUP dr. Soeradji Tirtonegoro Klaten
- 9 Laskariyanto, ST
RS Daerah Mardi Waluyo Blitar
- 10 Ir. Noverita Dewayani
Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan

Kontributor

- 1 R. Aryo Seto Isa, ST
Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan
- 2 Ir. Thomas Patria
Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan
- 3 Ir. Sukirman
Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan
- 4 Ir. Farouk Mansyur
Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan
- 5 DR.Ir.Setyo Sarwanto
Moersidik, DEA
Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan,
Program Pasca Sarjana Universitas Indonesia
- 6 Dra. Yenni Noviarti, M.Kes
Sub Direktorat Bina Pelayanan Patologi dan Toksikologi

- | | | |
|---|-------------------------------|--|
| 7 | Ir. R.Wahanuddin,M.Med.Sc(PH) | Kepala Seksi Standarisasi Pengamanan Limbah - P2PL |
| 8 | Zulfia Maharani, ST | RSUPN dr. Cipto Mangunkusumo Jakarta |
| 9 | Maudy Dirgahayu, SKM | RSUP dr. Hasan Sadikin Bandung |

Tim Kesekretariatan

- | | | |
|---|-----------------------|---|
| 1 | Hendrik Permana,SKM | Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan |
| 2 | Romadona ST | Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan |
| 3 | Siti Ulfa Chanifah,ST | Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan |
| 4 | Djoko Supranoto | Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan |
| 5 | Sarino | Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan |
| 6 | I.Achjar Surjana | Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan |
| 7 | Muhammad Subekti | Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan |
| 8 | Ester Basselo A.,S.Pd | Pusat Sarana, Prasarana dan Peralatan Kesehatan |

PENDAHULUAN

Pembangunan di berbagai bidang akan memberikan manfaat bagi kesejahteraan rakyat, namun pada sisi lain akan menghasilkan efek samping yang salah satunya adalah masalah pencemaran oleh air limbah. Di samping itu meningkatnya jumlah penduduk beserta aktifitasnya akan membawa ke arah semakin meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan yang berarti meningkatnya pencemaran lingkungan. Limbah khususnya limbah cair yang dibuang langsung ke lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Sebagaimana halnya di negara maju, masalah pencemaran oleh air limbah juga merupakan persoalan bagi negara-negara berkembang seperti Indonesia, sehingga air limbah tersebut harus dikelola dengan baik.

Dalam rangka mencegah timbulnya pencemaran lingkungan dan bahaya yang diakibatkannya serta yang akan menyebabkan kerugian sosial ekonomi, kesehatan dan lingkungan, maka limbah tersebut harus dikelola secara khusus agar dapat dihilangkan atau dikurangi sifat bahayanya dan perlu diupayakan cara pengelolaannya yang berwawasan lingkungan serta pengawasan yang sungguh-sungguh oleh berbagai pihak.

Salah satu kegiatan pelayanan jasa kepada masyarakat adalah pelayanan kesehatan yang diselenggarakan oleh rumah sakit serta pelayanan kesehatan lainnya seperti puskesmas, balai pengobatan, klinik bersalin. Sarana pelayanan kesehatan sebagai institusi yang bersifat sosio-ekonomis mempunyai fungsi dan tugas memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat secara paripurna. Kegiatan sarana pelayanan kesehatan tidak hanya menimbulkan dampak positif bagi masyarakat sekitarnya, tetapi kemungkinan besar juga menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran akibat pembuangan limbahnya tanpa melalui pengolahan yang benar sesuai dengan prinsip-prinsip pengelolaan lingkungan secara menyeluruh.

Seiring dengan meningkatnya sarana pelayanan kesehatan maka potensi pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari kegiatan tersebut akan semakin meningkat, oleh aktifitas pembuangan air limbah yang pada gilirannya akan memberikan kontribusi terhadap penurunan derajat kesehatan masyarakat. Oleh sebab itu, upaya-upaya pengendalian pencemaran lingkungan oleh sarana pelayanan kesehatan yang akan sangat bermanfaat bagi terciptanya lingkungan yang sehat, nyaman dan berkelanjutan. Dengan pertimbangan tersebut, maka sarana pelayanan kesehatan diwajibkan menyediakan sarana pengolahan air limbah.

Sebagian besar Sarana Pelayanan Kesehatan di Indonesia menggunakan IPAL dengan sistem aerobik lumpur aktif. Namun, sebagian besar pengoperasian dan pemeliharaan sistem pengolahan tersebut belum optimal yang disebabkan oleh desain IPAL yang belum optimal dan atau operator IPAL yang masih perlu ditingkatkan pemahamannya tentang dasar proses pengolahan air limbah khususnya pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif.

Untuk itu, diperlukan suatu pedoman sebagai petunjuk pelaksanaan di dalam perencanaan, operasional dan pemeliharaan agar diperoleh hasil pengolahan yang optimal serta kinerjanya sesuai dengan kriteria sistem pengolahan aerobik lumpur aktif.

BAB I

KETENTUAN UMUM

1.1. Pengertian

1. Sarana (fasilitas) kesehatan adalah tempat yang menyediakan layanan kesehatan secara medis bagi masyarakat meliputi: rumah sakit, puskesmas, klinik dan lain-lain;
2. Air limbah domestik sarana pelayanan kesehatan adalah semua limbah cair buangan yang berasal dari kegiatan sarana pelayanan kesehatan yang banyak mengandung senyawa organik dan mikroorganisme yang berbahaya bagi kesehatan bila tidak dikelola dengan baik. Misalnya air buangan kamar mandi, WC, dapur, air bekas pencucian pakaian dan lain-lain;
3. Penyelenggara Sarana Pelayanan Kesehatan adalah pengembang, penyedia jasa pelayanan kesehatan;
4. Instalasi Pengolahan Air Limbah Sarana Pelayanan Kesehatan adalah bangunan air yang berfungsi untuk mengolah air buangan yang berasal dari kegiatan yang ada di sarana pelayanan kesehatan;
5. Baku mutu limbah cair adalah batas kadar dan jumlah unsur pencemar yang ditenggang adanya dalam limbah cair untuk dibuang dari satu jenis kegiatan tertentu;
6. Sistem jaringan saluran air limbah adalah bagian / sub sistem pengelolaan air limbah dimana air limbah dari tiap sumbernya terhubung melalui jaringan pengumpul, yang untuk kemudian disalurkan menuju instalasi pengolahan air limbah;
7. Persyaratan Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Sistem Lumpur Aktif Sarana Pelayanan Kesehatan meliputi persyaratan tata bangunan, persyaratan keandalan bangunan, keandalan operasi dan proses pengolahan, persyaratan elektrikal dan mekanikal yang memadai dari bangunan instalasi pengolahan air limbah sistem lumpur aktif.

1.2. Maksud dan Tujuan

1.2.1 Maksud

Pedoman ini dimaksudkan sebagai petunjuk penyediaan Instalasi Pengolahan Air Limbah sistem lumpur aktif meliputi perencanaan, perancangan, pelaksanaan, operasional, pemeliharannya.

1.2.2. Tujuan

Dengan Pedoman ini diharapkan :

- a. Penyediaan instalasi pengolahan air limbah sistem aerobik lumpur aktif yang sesuai dengan fungsi, persyaratan dan serasi serta selaras dengan lingkungannya.
- b. Instalasi pengolahan air limbah sistem aerobik lumpur aktif dapat operasional dengan baik, menghasilkan efluen yang memenuhi baku mutu.

1.3. Dasar Hukum

1. Undang-undang No. 23 Tahun 1992 tentang Kesehatan
2. Undang-undang No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup
3. Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air
4. Keputusan Presiden Republik Indonesia No. 42 tahun 2002 tentang Pedoman Pelaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara;
5. Peraturan Menteri Kesehatan No. 1575/Menkes/Per/XI/2005 tentang Organisasi dan Tata Kerja Departemen Kesehatan;
6. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 Tahun 1995 Tentang : Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit
7. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1204/Menkes/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit.

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang dibahas pada pedoman ini

1. Pengelolaan sumber-sumber air limbah yang ada di rumah sakit sebelum dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah.
2. Konsep Dasar dan perhitungan Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan sistem aerobik lumpur aktif dengan berbagai modifikasinya.
3. Peralatan dan perlengkapan yang digunakan untuk proses pengolahan air limbah dengan sistem aerobik lumpur aktif.
4. Pengoperasian dan pemeliharaan dalam pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan sistem aerobik lumpur aktif.

BAB II

PENGELOLAAN AIR LIMBAH DI FASILITAS PELAYANAN KESEHATAN

2.1. Jenis dan Sumber air limbah yang harus diolah

Air limbah adalah seluruh air buangan yang berasal dari hasil proses kegiatan sarana pelayanan kesehatan yang meliputi : air limbah domestik (air buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian), air limbah klinis (air limbah yang berasal dari kegiatan klinis rumah sakit, misalnya air bekas cucian luka, cucian darah dll), air limbah laboratorium dan lainnya.

Prosentase terbesar dari air limbah adalah limbah domestik sedangkan sisanya adalah limbah yang terkontaminasi oleh *infectious agents* kultur mikroorganisme, darah, buangan pasien pengidap penyakit infeksi, dan lain-lain.

Air limbah yang berasal dari buangan domestik maupun buangan limbah cair klinis umumnya mengandung senyawa pencemar organik yang cukup tinggi dan dapat diolah dengan proses pengolahan secara biologis. Untuk air limbah yang berasal dari laboratorium biasanya banyak mengandung logam berat yang apabila dialirkan ke dalam proses pengolahan secara biologis dapat mengganggu proses pengolahannya., sehingga perlu dilakukan pengolahan awal secara kimia-fisika, selanjutnya air olahannya dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah.

Jenis Air Limbah yang ada di Fasilitas Pelayanan Kesehatan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a Air Limbah Domestik
- b Air Limbah klinis
- c Air Limbah Laboratorium klinik dan kimia
- d Air Limbah Radioaktif (tidak boleh masuk ke IPAL, harus mengikuti petunjuk dari BATAN)

Adapun sumber-sumber yang menghasilkan air limbah, antara lain :

- a. Unit Pelayanan Medis
 - Rawat Inap
 - Rawat Jalan
 - Rawat Darurat
 - Rawat Intensif
 - Haemodialisa
 - Bedah Sentral
 - Rawat Isolasi
- b. Unit Penunjang Pelayanan Medis
 - Laboratorium
 - Radiologi

- Farmasi
 - Sterilisasi
 - Kamar Jenasah
- c. Unit Penunjang Pelayanan Non Medis
- Logistik
 - Cuci (Laundry)
 - Rekam Medis
 - Fasilitas umum : Masjid / Musholla dan Kantin
 - Kesekretariatan / administrasi
 - Dapur Gizi
 - Dll

2.2. Karakteristik Air Limbah

Dari hasil analisa kimia terhadap berberapa contoh air limbah rumah sakit yang ada di DKI Jakarta menunjukkan bahwa konsentrasi senyawa pencemar sangat bervariasi misalnya, BOD 31,52 - 675,33 mg/l, amoniak 10,79 - 158,73 mg/l, deterjen (MBAS) 1,66 - 9,79 mg/l. Hal ini mungkin disebabkan karena sumber air limbah juga bervariasi sehingga faktor waktu dan metoda pengambilan contoh sangat mempengaruhi besarnya konsentrasi. Secara lengkap karakteristik air limbah rumah sakit dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Dari tabel tersebut terlihat bahwa air limbah rumah sakit jika tidak diolah sangat berpotensi untuk mencemari lingkungan. Selain pencemaran secara kimiawi, air limbah rumah sakit juga berpotensi untuk mencemari lingkungan secara bakteriologis.

Tabel 2.1. Contoh Karakteristik air limbah Rumah Sakit di DKI Jakarta.

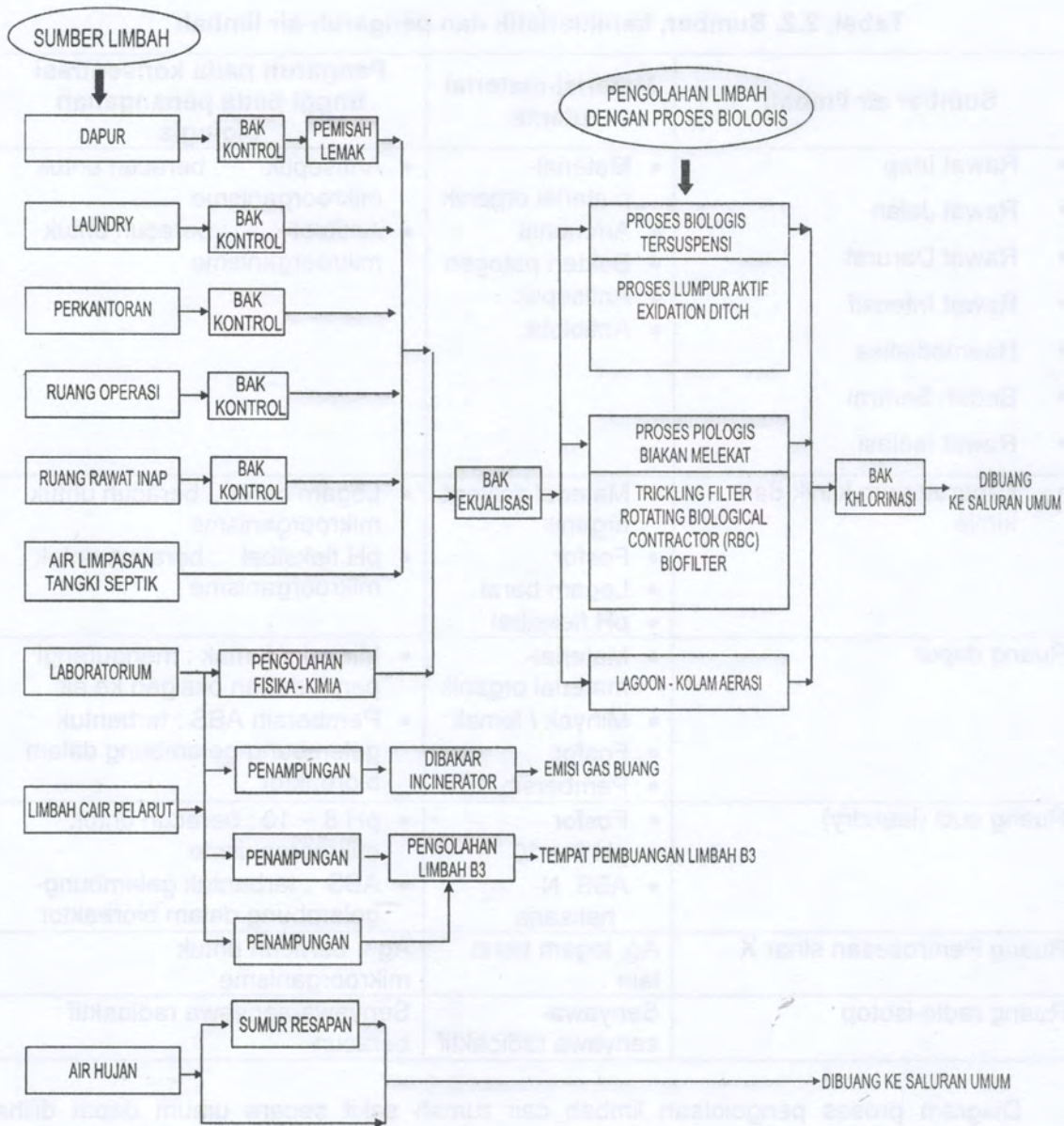
No	PARAMETER	MINIMUM	MAKSIMUM	RATA-RATA
1	BOD - mg/l	31,52	675,33	353,43
2	COD - mg/l	46,62	1183,4	615,01
3	Angka Permanganat (KMnO ₄) - mg/l	69,84	739,56	404,7
4	Ammoniak (NH ₃) - mg/l	10,79	158,73	84,76
5	Nitrit (NO ₂ ⁻) - mg/l	0,013	0,274	0,1435
6	Nitrat (NO ₃ ⁻) - mg/l	2,25	8,91	5,58
7	Klorida (Cl ⁻) - mg/l	29,74	103,73	66,735
8	Sulfat (SO ₄ ⁻) - mg/l	81,3	120,6	100,96
9	pH	4,92	8,99	6,96
10	Zat padat tersuspensi (SS) mg/l	27,5	211	119,25
11	Deterjen (MBAS) - mg/l	1,66	9,79	5,725
12	Minyal/lemak - mg/l	1	125	63
13	Cadmium (Cd) - mg/l	ttd	0,016	0,008
14	Timbal (Pb)	0,002	0,04	0,021
15	Tembaga (Cu) - mg/l	ttd	0,49	0,245
16	Besi (Fe) - mg/l	0,19	70	35,1
17	Warna - (Skala Pt-Co)	31	150	76
18	Phenol - mg/l	0,04	0,63	0,335

Sumber : PD PAL JAYA 1995.

Tabel. 2.2. Sumber, karakteristik dan pengaruh air limbah

Sumber air limbah	Material-material utama	Pengaruh pada konsentrasi tinggi pada penanganan biologis
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rawat Inap ▪ Rawat Jalan ▪ Rawat Darurat ▪ Rawat Intensif ▪ Haemodialisa ▪ Bedah Sentral ▪ Rawat Isolasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Material-material organik • Ammonia • Bakteri patogen • Antiseptik • Antibiotik 	<ul style="list-style-type: none"> • Antiseptik : beracun untuk mikroorganisme • Antibiotik : beracun untuk mikroorganisme
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Laboratorium klinik dan kimia 	<ul style="list-style-type: none"> • Material solvent organik • Fosfor • Logam berat • pH fleksibel 	<ul style="list-style-type: none"> • Logam berat : beracun untuk mikroorganisme • pH fleksibel : beracun untuk mikroorganisme
Ruang dapur	<ul style="list-style-type: none"> • Material-material organik • Minyak / lemak • Fosfor • Pembersih ABS 	<ul style="list-style-type: none"> • Minyak / lemak : mengurangi perpindahan oksigen ke air • Pembersih ABS : terbentuk gelembung-gelembung dalam bioreaktor
Ruang cuci (laundry)	<ul style="list-style-type: none"> • Fosfor • pH 8 ~ 10 • ABS, N-heksana 	<ul style="list-style-type: none"> • pH 8 ~ 10 : beracun untuk mikroorganisme • ABS : terbentuk gelembung-gelembung dalam bioreaktor
Ruang Pemrosesan sinar X	Ag, logam berat lain	Ag : beracun untuk mikroorganisme
Ruang radio-isotop	Senyawa-senyawa radioaktif	Senyawa-senyawa radioaktif : beracun

Diagram proses pengelolaan limbah cair rumah sakit secara umum dapat dilihat seperti pada Gambar 2.1. Di dalam pengelolaan limbah cair rumah sakit, sebaiknya saluran air hujan dan saluran limbah dipisahkan agar proses pengolahan air limbah dapat berjalan secara efektif.



Gambar 2.1 : Diagram proses pengelolaan air limbah rumah sakit.

Keterangan :

1. Pengolahan air limbah laboratorium dilakukan dengan cara dipisahkan dan ditampung, kemudian diolah secara kimia-fisika, selanjutnya air olahannya dialirkan bersama-sama dengan air limbah yang lain
2. Air limbah yang berupa pelarut yang bersifat B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) antara lain chloroform, antiseptic, asam dll, obat/bahan kimia kadaluarsa dll dilakukan dengan cara pembakaran pada suhu tinggi dengan insinerator atau dapat dilakukan dengan cara dikirim ke tempat pengolahan limbah B3
3. Khusus dari Laundry sebaiknya diberikan Pre Treatment Basin untuk mereduksi Detergen
4. Air limbah dari ruang isolasi sebaiknya didesinfeksi terlebih dahulu dengan proses klorinasi

2.3. Baku Mutu Limbah Cair/ Air Limbah Fasilitas Kesehatan / Rumah Sakit

Berdasarkan keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor: Kep-58/MENLH/12/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi kegiatan Rumah Sakit pasal 3, bagi setiap rumah sakit yang :

- Telah beroperasi sebelum dikeluarkannya keputusan ini, berlaku baku mutu limbah cair sebagaimana tersebut dalam Tabel 2.3 dan wajib memenuhi baku mutu limbah cair sebagaimana tersebut dalam Tabel 2.4 selambat-lambatnya 1 Januari 2000.
- Tahap perencanaannya dilakukan sebelum dikeluarkan keputusan ini, dan beroperasi setelah dikeluarkan keputusan ini, berlaku baku Mutu Limbah Cair Tabel 2.3 dan wajib memenuhi Baku Mutu Limbah Cair seperti pada Tabel 2.4 selambat – lambatya tanggal 1 Januari tahun 2000.

Tahap Perencanaannya dilakukan dan beroperasi setelah dikeluarkan keputusan ini berlaku Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.3 : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup
Nomor: :KEP – 58/MENLH/12/1995
Tentang Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Rumah
Sakit
Tanggal 12 Desember 1995.
Sebelum 1 Januari 2000

PARAMETER	KADAR MAKSIMUM (mg/l)
BOD ₅	75
COD	100
TSS	100
pH	6 - 9

Tabel 2.4 : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup
Nomor: :KEP – 58/MENLH/12/1995
Tentang Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Rumah
Sakit
Tanggal 12 Desember 1995.
Mulai 1 Januari 2000

PARAMETER	KADAR MAKSIMUM (mg/L)
FISIKA	
Suhu	30 °C
KIMIA	
pH	6 - 9
BOD ₅	30 mg/l
COD	80 mg/l
TSS	30 mg/l
NH, Bebas	0.1 mg/l
PO	2 mg/l

PARAMETER	KADAR MAKSIMUM (mg/L)
MIKROBIOLOGIK	
MPN-Kuman Golongan Koli/100mL	10.00
RADIOAKTIVITAS	
³² P	7 x 10 ³ Bq/l
³⁵ S	2 x 10 ³ Bq/l
⁴⁵ Ca	3 x 10 ³ Bq/l
⁵³ Cr	7 x 10 ³ Bq/l
⁴⁷ Ga	1 x 10 ³ Bq/l
⁴⁵ Sr	4 x 10 ³ Bq/l
⁹⁰ Mo	7 x 10 ³ Bq/l
¹¹³ Sn	3 x 10 ³ Bq/l
¹²³ I	1 x 10 ³ Bq/l
¹³¹ I	7 x 10 ³ Bq/l
¹⁹² Ir	1 x 10 ³ Bq/l
²⁰¹ Tl	1 x 10 ³ Bq/l

PARAMETER	KADAR MAKSIMUM (mg/l)
BOD ₅	15
COD	100
TSS	100
pH	6-9

PARAMETER	KADAR MAKSIMUM (mg/l)
PHISKA	
Suhu	30 °C
IGMA	
pH	6-9
BOD ₅	30 mg/l
COD	50 mg/l
TSS	30 mg/l
MR. Bebas	0.1 mg/l
PO	2 mg/l

BAB III

PROSES AEROBIK LUMPUR AKTIF

3.1. Proses Biologis untuk Pengolahan Air Limbah

Di dalam proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktifitas mikroorganisma untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut. Proses pengolahan air limbah dengan aktifitas mikroorganisma biasa disebut dengan "Proses Biologis".

Proses pengolahan air limbah secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik.

Tabel 3.1 : Proses pengolahan secara biologis yang umum digunakan untuk air limbah.

No	Jenis Proses	Nama yang Umum	Penggunaan	
1	Proses secara aerobik :			
	Biakan tersuspensi (Suspended Growth)	Proses Lumpur Aktif :	Penghilangan senyawa BOD organik , (nitrifikasi)	
		<ul style="list-style-type: none"> • Konvensional/standar • Pencampuran Sempurna (Complete mix process) • Step Aeration (Aerasi bertahap) • Proses Oksigen Murni • Kontak Stabilisasi • Proses Oksidasi Parit (Oxydation Ditch) • Proses deep shaft aeration 		
		Suspended growth nitrification		Nitrifikasi
		Areated Lagoon		Penghilangan BOD (nitrifikasi)
	Biakan melekat (Attached Growth)	Aerobic digestion :	Stabilisasi, penghilangan BOD	
		<ul style="list-style-type: none"> • Proses konvensional dg. udara • Proses dengan oksigen murni 		
	Kombinasi proses biakan tersuspensi dan biakan melekat	Trickling Filter	Penghilangan BOD, nitrifikasi	
		<ul style="list-style-type: none"> • Proses dg. Kecepatan rendah • Proses dg. Kecepatan tinggi 		
		Filter Kasar (Roughing Filters)		Penghilangan BOD
Reaktor Putar Biologis (RBC)		Penghilangan BOD, nitrifikasi		
Proses lumpur aktif biofilter, proses trickling filter – solid contact, proses biofilter-lumpur aktif, proses trickling filter seri –lumpur aktif dll	Biofilter dengan ungun tetap	Penghilangan BOD, nitrifikasi		
		Penghilangan BOD, nitrifikasi		
2	Proses anoxic :			
	Proses biakan tersuspensi	Denitrifikasi dengan Biakan tersuspensi Suspended Growth denitrification)	Denitrifikasi	
	Proses biakan melekat	Denitrifikasi ungun tetap (Fixed film denitrification)	denitrifikasi	
3	Proses Anaerobik :			
	Biakan tersuspensi	Anaerobic digestion		
		<ul style="list-style-type: none"> • Proses satu tahap, kecepatan standar 	Stabilisasi, penghilangan BOD	
		<ul style="list-style-type: none"> • Proses satu tahap, kecepatan tinggi 	Stabilisasi, penghilangan BOD	
		<ul style="list-style-type: none"> • Proses dua tahap 	Stabilisasi, penghilangan BOD	
		Proses kontak anaerobik	Penghilangan BOD	
	Proses anaerobik Sludge blanket Up Flow	Penghilangan BOD		
	Biakan Melekat	Proses Biofilter Anaerobik	Penghilangan BOD, Stabilisasi air limbah, denitrifikasi	
Proses "Expanded Bed "		Penghilangan BOD, stabilisasi air limbah		
4	Kombinasi proses aerobik, anoxic dan anaerobik			
	Biakan Tersuspensi	Proses satu tahap atau tahap banyak, variasi proses yang sesuai	Penghilangan BOD, nitrifikasi, denitrifikasi, penghilangan fospor	
	Kombinasi biakan tersuspensi dan biakan melekat	Proses satu tahap atau tahap banyak (multi stage)	Penghilangan BOD, nitrifikasi, denitrifikasi, penghilangan fospor	
5	Proses dengan lagoon atau kolam			
	<ul style="list-style-type: none"> • Kolam aerobik 	Penghilangan BOD		
	<ul style="list-style-type: none"> • Kolam Maturasi (stabilisasi) 	Penghilangan BOD , nitrifikasi		
	<ul style="list-style-type: none"> • Kolam Fakultatif 	Penghilangan BOD		
	<ul style="list-style-type: none"> • Kolam Anaerobik 	Penghilangan BOD, stabilisasi limbah		

Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi.

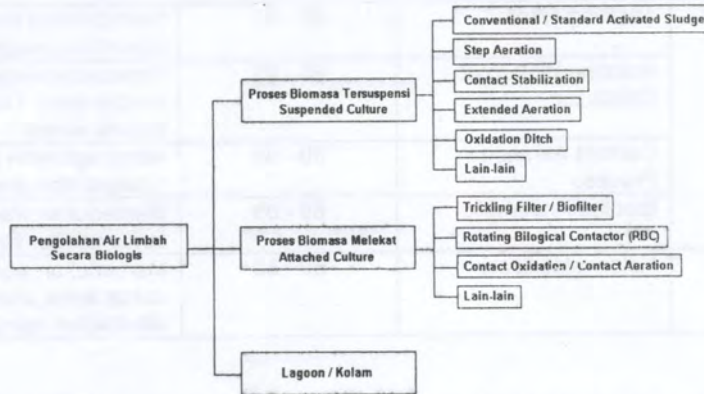
Pengolahan air limbah secara biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam.

Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisma untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisma yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan sistem ini antara lain : proses lumpur aktif standar atau konvensional (*standard activated sludge*), *step aeration*, *contact stabilization*, *extended aeration*, *oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit) dan lainnya.

Proses biologis dengan biakan melekat yakni proses pengolahan limbah dimana mikroorganisma yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisma tersebut melekat pada permukaan media. Proses ini disebut juga dengan proses film mikrobiologis atau proses biofilm. Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah dengan cara ini antara lain : *trickling filter*, *biofilter tercelup*, reaktor kontak biologis putar (*rotating biological contactor, RBC*), *contact aeration/oxidation* (aerasi kontak) dan lainnya.

Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan lagoon atau kolam adalah dengan menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga dengan aktifitas mikroorganisma yang tumbuh secara alami, senyawa polutan yang ada dalam air akan terurai. Untuk mempercepat proses penguraian senyawa polutan atau memperpendek waktu tinggal dapat juga dilakukan proses aerasi. Salah satu contoh proses pengolahan air limbah dengan cara ini adalah kolam aerasi atau kolam stabilisasi (*stabilization pond*). Proses dengan sistem lagoon tersebut kadang-kadang dikategorikan sebagai proses biologis dengan biakan tersuspensi.

Secara garis besar klasifikasi proses pengolahan air limbah secara biologis dapat dilihat seperti pada Gambar 3.1, sedangkan karakteristik pengolahan, parameter perencanaan serta efisiensi pengolahan untuk tiap jenis proses dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.



Gambar 3.1 : Proses pengolahan air limbah secara biologis aerobik.

Untuk memilih jenis teknologi atau proses yang akan digunakan untuk pengolahan air limbah, beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain : karakteristik air limbah, jumlah limbah serta standar kualitas air olahan yang diharapkan. Pemilihan teknologi pengolahan air limbah harus mempertimbangkan beberapa hal yakni antara lain jumlah air limbah yang akan diolah, kualitas air hasil olahan yang diharapkan, kemudahan dalam hal pengelolaan, ketersediaan lahan dan sumber energi, serta biaya operasi dan perawatan diupayakan serendah mungkin.

Setiap jenis teknologi pengolahan air limbah mempunyai keunggulan dan kekurangannya masing-masing. Oleh karena itu dalam hal pemilihan jenis teknologi tersebut perlu diperhatikan aspek teknis, aspek ekonomis dan aspek lingkungan, serta sumber daya manusia yang akan mengelola fasilitas tersebut.

Di dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP – 58/MENLH/12/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Rumah Sakit, tidak mewajibkan harus memakai jenis teknologi tertentu. Dalam hal ini yang menjadi patokan adalah kualitas air olahan harus memenuhi baku mutu seperti yang telah ditetapkan dalam peraturan tersebut.

Tabel 3.2 : Karakteristik operasional proses pengolahan air limbah dengan proses biologis.

JENIS PROSES		EFISIENSI PENGHILANGAN BOD (%)	KETERANGAN
PROSES BIOMASSA 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 eksek 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.

PROSES BIOMASSA MELEKAT	Trickling Filter	80 - 95	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 fosfor.
	Biofilter Anaerobic	65 - 85	Memerlukan waktu tinggal yang lama, lumpur yang terjadi kecil.
LAGOON	Kolam stabilisasi	60 - 80	Memerlukan waktu tinggal yang cukup lama, dan area yang dibutuhkan sangat luas

Tabel 3.3 : Parameter Perencanaan Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biologis Aerobik.

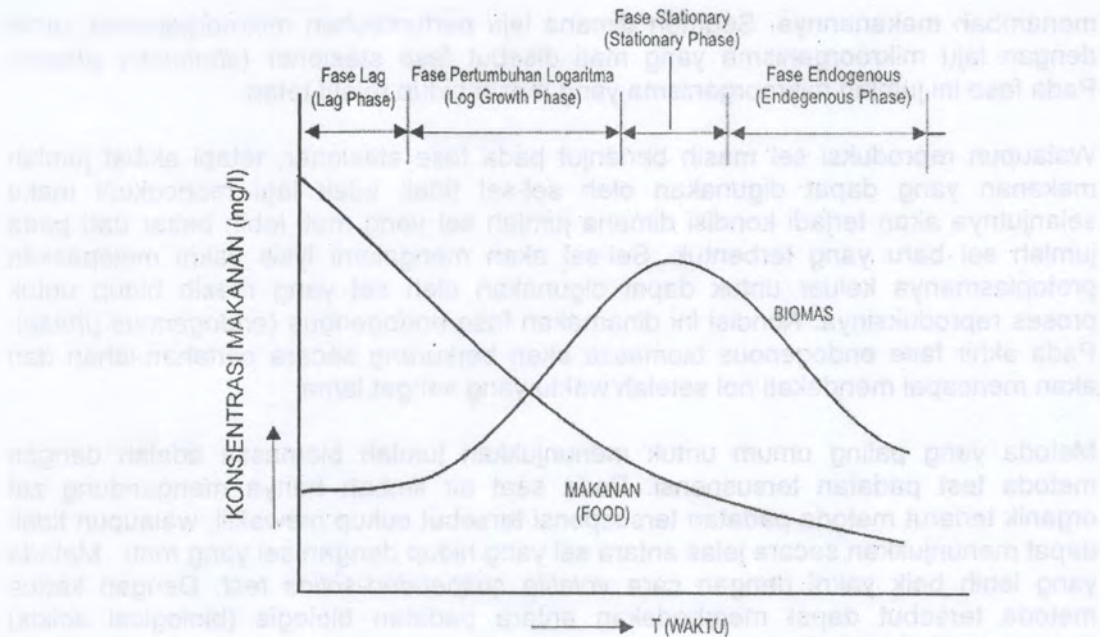
JENIS PROSES		BEBAN BOD		MLSS (mg/l)	Q _A /Q	T (Jam)	Efisiensi Penghilangan BOD (%)
		kg/kg SS.d	kg/m ³ .d				
P B T	Lumpur Aktif Standar	0,2 - 0,4	0,3 - 0,8	1500 - 2000	3 - 7	6 - 8	85 - 95
	Step Aeration	0,2 - 0,4	0,4 - 1,4	1000 - 1500	3 - 7	4 - 6	85 - 95
	Modified Aeration	1,5 - 3,0	0,6 - 2,4	400 - 800	2 - 2,5	1,5 - 30	60 - 75
	Contact Stabilization	0,2	0,8 - 1,4	2000 - 8000	≥ 12	≥ 5	80 - 90
	High Rate Aeration	0,2 - 0,4	0,6 - 2,4	3000 - 6000	5 - 8	2 - 3	75 - 90
	Pure Oxygen Process	0,3 - 0,4	1,0 - 2,0	3000 - 4000	-	1 - 3	85 - 95
	Oxidation Ditch	0,03 - 0,04	0,1 - 0,2	3000 - 4000	-	24 - 48	75 - 95
	Extended Aeration	0,03 - 0,05	0,15 - 0,25	3000 - 6000	≥ 15	16 - 24	75 - 95
P B M	Trickling Filter	-	0,08 - 0,4	-	-	-	80 - 95
	Rotating Biological Contactor	-	0,01 - 0,3	-	-	-	80 - 95
	Contact Aeration Process	-	-	-	-	-	80 - 95
	Biofilter Anaerobik	-	-	-	-	-	65 - 85

CATATAN :

Q : Debit Air Limbah (M³/day) Q_r : Return Sludge (M³/day) Q_A : Laju Alir Suplai Udara (M³/day)

3.2. Pertumbuhan Mikroorganisma Dan Penggunaan Makanan

Hubungan antara pertumbuhan sel mikroorganisma dengan penggunaan makanan dapat digambarkan sebagai reaktor batch sederhana, misalnya sebuah botol tertutup diisi dengan sejumlah nutrient atau makanan mikroorganisma dan dimasukkan pula campuran kultur mikroorganisma, selanjutnya dijaga pada kondisi tertentu. Jika S adalah jumlah nutrient terlarut (mg/l) dan X adalah jumlah biomassa (mg/l) maka laju penggunaan makanan adalah dS/dt dan laju pertumbuhan sel adalah dX/dt ditunjukkan oleh kurva seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Kurva pertumbuhan biomassa dan penggunaan makanan.

Disini terlihat jelas bahwa di dalam kurva biomassa terdapat beberapa segmen yang berbeda. Mula-mula organisme menyesuaikan diri dengan lingkungannya untuk mengkonsumsi makanan. Waktu penyesuaian ini disebut Fase Lag (*lag phase*). Panjang segmen bervariasi tergantung dari jenis mikroorganisma, jenis makanan serta kondisi lingkungannya. Jika organisme telah terbiasa dengan kondisi lingkungan dan makanan, fase lag akan menjadi sangat singkat, selanjutnya fase pertumbuhan dimulai, dan biasanya berlangsung secara cepat. Sel bakteri berkembang dengan cara pembiakan atau pembelahan sel. Tiap sel membelah diri dan terbentuk dua buah sel baru yang berdiri sendiri (*independent*). Waktu regenerasi atau waktu yang dibutuhkan sel menjadi dewasa dan untuk pembelahan tergantung dari faktor lingkungan dan suplai makanan dan mungkin dapat terjadi dalam waktu yang pendek sekitar 15-20 menit.

Pada saat pertumbuhan maksimum, laju reproduksi adalah berjalan secara eksponensial, sesuai dengan persamaan:

$$N = 2^{n-1}$$

3-1

di mana N adalah jumlah sel organisme yang dihasilkan dari satu sel individu setelah n waktu regenerasi. Pertumbuhan maksimum berjalan secara logaritma dan segmen pada kurva pertumbuhan disebut fase pertumbuhan logaritma (*log growth phase*).

Pertumbuhan maksimum (*maximum growth*) tidak dapat berlangsung terus secara tak terbatas. Hal ini disebabkan karena suplai makanan menjadi berkurang atau habis atau kondisi lingkungan berubah, misalnya terlalu penuh dengan mikroorganisma, terbentuk produk limbah hasil metabolisme yang dapat mengganggu lingkungannya. Sel-sel dimana sudah tidak bisa mendapatkan makanan dari sumber dari luar untuk menjaga atau mempertahankan energinya, sel-sel tersebut akan mulai terjadi katabolisma endogenous dengan cara melepaskan protoplasmanya keluar untuk

menambah makanannya. Segmen dimana laju pertumbuhan mikroorganisma sama dengan laju mikroorganisma yang mati disebut fase stasioner (*stationary phase*). Pada fase ini jumlah mikroorganisma yang masih hidup relatif tetap.

Walaupun reproduksi sel masih berlanjut pada fase stasioner, tetapi akibat jumlah makanan yang dapat digunakan oleh sel-sel tidak lagi mencukupi maka selanjutnya akan terjadi kondisi dimana jumlah sel yang mati lebih besar dari pada jumlah sel baru yang terbentuk. Sel-sel akan mengalami lisis yakni melepaskan protoplasmanya keluar untuk dapat digunakan oleh sel yang masih hidup untuk proses reproduksinya. Kondisi ini dinamakan fase endogenous (*endogenous phase*). Pada akhir fase endogenous biomassa akan berkurang secara perlahan-lahan dan akan mencapai mendekati nol setelah waktu yang sangat lama.

Metoda yang paling umum untuk menunjukkan jumlah biomassa adalah dengan metoda test padatan tersuspensi. Pada saat air limbah hanya mengandung zat organik terlarut metoda padatan tersuspensi tersebut cukup mewakili, walaupun tidak dapat menunjukkan secara jelas antara sel yang hidup dengan sel yang mati. Metoda yang lebih baik yakni dengan cara *volatile suspended-solids test*. Dengan kedua metoda tersebut dapat membedakan antara padatan biologis (*biological solids*) dengan partikel organik.

Pada phase pertumbuhan logaritma (*log growth phase*) biomassa bertambah sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$dX/dt = k X \quad 3-2$$

dimana :

dX/dt = rate pertumbuhan dari biomassa, mg/l . t

k = konstanta laju pertumbuhan (*growth rate constante*, t^{-1})

X = konsentrasi biomassa, mg/l.

Evaluasi secara langsung terhadap konstanta laju pertumbuhan tidak mungkin dilakukan untuk kultur atau biakan campuran mikroorganisma. Beberapa model telah dikembangkan, tetapi dengan cara tidak langsung. Salah satu model yang paling banyak digunakan adalah model yang dikembangkan oleh Monod, dengan asumsi bahwa laju penggunaan makanan dan laju produksi biomassa dibatasi oleh kecepatan reaksi enzim yang meliputi senyawa nutrient (makanan) food conford. Persamaan Monod adalah sebagai berikut :

$$k = \frac{k_0 S}{K_s + S} \quad 3-3$$

Dimana :

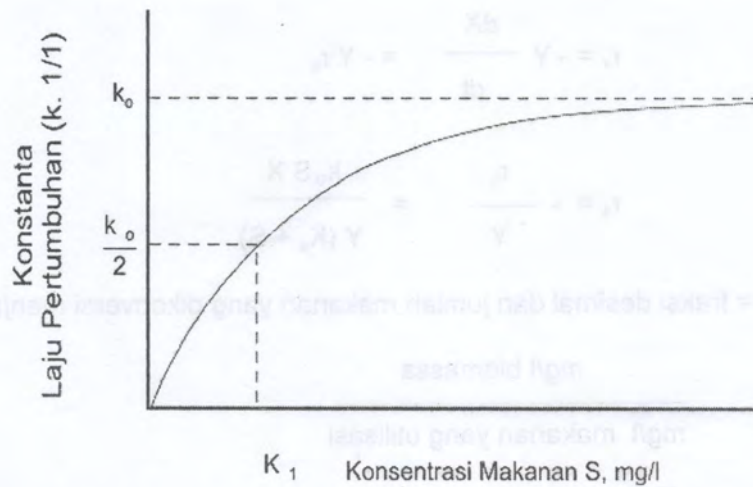
k_0 = konstanta laju pertumbuhan maksimum, t^{-1}

S = konsentrasi makanan dalam larutan mg/l BOD, COD, atau TOC.

K_s = konstanta saturasi paruh (*half saturation constant*) konsentrasi makanan (nutrien) pada saat

k = $\frac{1}{2} k_0$ (mg/lt).

Laju pertumbuhan biomassa adalah merupakan fungsi hiperbolik terhadap konsentrasi makanan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Konstanta laju pertumbuhan Monod sebagai fungsi dari konsentrasi makanan di dalam substrat.

Beberapa observasi dapat dilakukan berdasarkan persamaan 3-3 tersebut di atas. Jika konsentrasi makanan berlebihan dimana $S \gg K_s$, konstanta laju pertumbuhan (growth rate constant) k adalah mendekati harga maksimum growth rate k_0 di dalam persamaan 3-3, dan sistem dibatasi oleh enzim (*enzim limited*). Selama enzim di suplai oleh biomassa, sistem pada hakekatnya dibatasi oleh biomassa, dan persamaan:

$$\frac{dX}{dt} = r_x = k_0 X \text{ adalah persamaan orde satu di dalam biomassa,}$$

yakni laju pertumbuhan r_x adalah sebanding dengan biomassa yang ada.

Jika $S \ll K_s$ maka sistem dibatasi oleh konsentrasi makanan dan dalam hal ini :

$$r_x = \text{konstan}$$

dan laju pertumbuhan adalah orde nol di dalam biomassa, yakni laju pertumbuhan adalah independen terhadap biomassa yang ada. Jika $S = K_s$ maka konstanta laju pertumbuhan adalah separuh dari laju pertumbuhan maksimum.

Substitusi persamaan 3-3 ke dalam persamaan 3-2, didapatkan persamaan produksi biomassa sebagai berikut :

$$r_x = \frac{dX}{dt} = \frac{k_0 S X}{K_s + S} \quad 3-4$$

Jika semua makanan dikonversi menjadi biomassa maka laju utilisasi makanan akan sama dengan kecepatan produksi biomassa di dalam persamaan 3-4. Oleh karena reaksi katabolisma mengkonversi sebagian makanan menjadi produk buangan (*waste product*) maka kecepatan utilisasi makanan menjadi lebih besar daripada kecepatan produksi biomassa.

$$r_x = - Y \frac{dX}{dt} = - Y r_s$$

atau

$$r_s = - \frac{r_x}{Y} = \frac{k_0 S X}{Y (K_s + S)} \quad 3-5$$

dimana :

Y = fraksi desimal dari jumlah makanan yang dikonversi menjadi biomassa

$$= \frac{\text{mg/l biomassa}}{\text{mg/l makanan yang utilisasi}}$$

$$r_s = \frac{dS}{dt} = \text{laju utilisasi makanan, mg/l.t}$$

Faktor Y bervariasi tergantung jalur metabolisme yang digunakan di dalam proses konversi. Untuk proses aerobik lebih efisien daripada proses anaerobik. Sebagai contoh untuk tipikal harga Y untuk proses reaksi aerobik adalah 0,4 - 0,8 kg biomassa per kg BOD₅, sedangkan untuk proses reaksi anaerobik adalah sekitar 0,08 - 0,2 kg biomassa per kg BOD₅.

Persamaan 3-4 di atas adalah belum lengkap, tanpa memperhitungkan jumlah biomassa yang mati pada fase endogeneous (*endogenous phase*). Pengurangan biomassa pada fase endogeneous juga mengikuti reaksi orde satu atau merupakan fungsi konsentrasi biomassa.

$$\frac{dX}{dt} (\text{end}) = - k_d X \quad 3-6$$

di mana k_d = konstanta laju decay endogenous, t^{-1}

Jika persamaan 3-6 ini digabungkan ke dalam persamaan 3-4 maka menghasilkan persamaan berikut :

$$\frac{dX}{dt} = \frac{k_0 S X}{K_s + S} - k_d X \quad 3-7$$

Endogeneous decay mempunyai efek sangat kecil terhadap keseluruhan pertumbuhan pada saat fase awal (*initial phase*). Tetapi pada fase stasioner (*stationary phase*) *endogeneous decay* akan sama dengan laju pertumbuhan mikroorganisma, dan akan menjadi dominan (lebih besar) pada fase endogeneous.

Beberapa faktor luar yang mempengaruhi pertumbuhan biomassa dan laju utilisasi makanan antara lain yakni suhu, pH, dan zat yang bersifat racun terhadap biomassa. Pada umumnya dengan meningkatnya suhu lingkungan antara 0 – 50 °C, konstanta laju pertumbuhan mikroorganisma juga ikut meningkat yang mengakibatkan

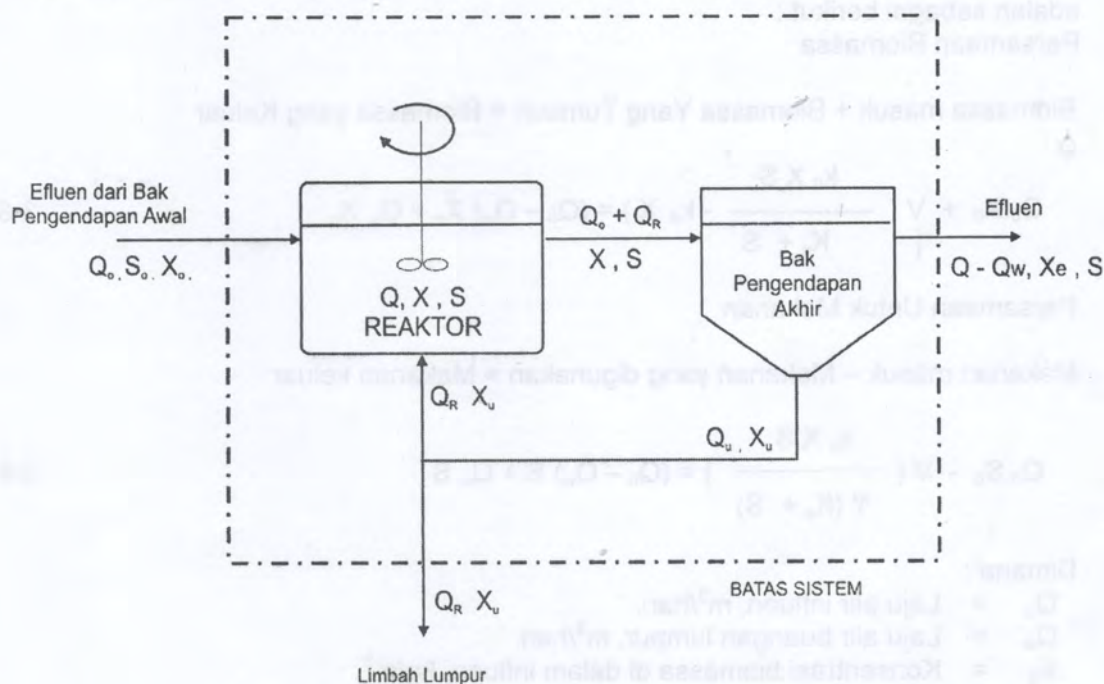
meningkatnya produksi biomassa dan utilisasi makanan, sampai mencapai maksimum. Jika suhu melewati batas maksimum maka akan mengakibatkan perubahan struktur enzim dan akan dapat merusak atau menghancurkan organisme. Menurut Metcalf dan Eddy (1991), berdasarkan suhu atau temperatur untuk tumbuh dan berkembang biak, mikroorganisma dapat digolongkan menjadi tiga kelompok yakni :

- *Prychrophilic*, yaitu organisme yang hidup dan tumbuh pada suhu antara -10 sampai 30 °C, dengan temperatur optimal antara $12 - 18$ °C.
- *Mesophilic*, yaitu organisme yang hidup dan tumbuh pada temperatur antara 20 sampai 50 °C, dengan temperatur optimal $25 - 40$ °C.
- *Thermophilic*, yaitu organisme yang hidup dan tumbuh pada suhu antara 35 sampai 75 °C, dengan temperatur optimal $55 - 65$ °C.

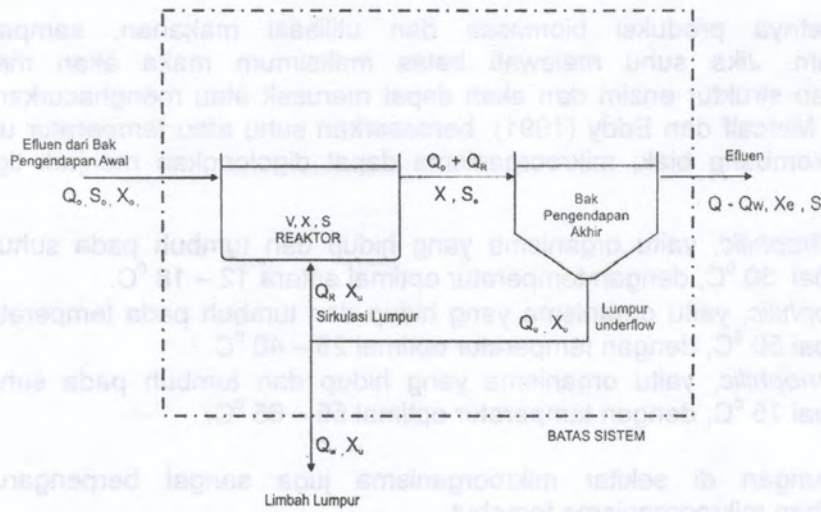
pH lingkungan di sekitar mikroorganisma juga sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroorganisma tersebut.

3.3. Proses Lumpur Aktif (*Activated Sludge Process*)

Proses lumpur aktif atau *activated sludge* adalah merupakan sistem biakan tersuspensi atau *suspended culture system* dengan sirkulasi lumpur, yang meliputi proses dengan reaktor pencampuran sempurna (*completely mixed*) atau proses dengan reaktor *plug flow* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4. Istilah *activated sludge* (lumpur aktif) diambil dari fakta bahwa endapan lumpur yang diendapkan di dalam bak pengendapan akhir mengandung mikroorganisma yang masih hidup atau masih aktif dan disirkulasikan kembali ke dalam reaktor (*aeration tank*), yang digunakan untuk meningkatkan jumlah biomassa dan untuk mempercepat reaksi. Proses lumpur aktif adalah merupakan proses biologis secara aerobik dengan supply udara / oksigen.



Gambar 3.3. Sistem lumpur aktif dengan reaktor pencampuran sempurna.



Gambar 3.4. Sistem lumpur aktif dengan reaktor *plug flow*.

3.3.1. Proses Lumpur Aktif dengan Pencampuran Sempurna (*Completely Mixed Activated Sludge*)

Untuk menganalisa sistem biologis yang ada di dalam proses lumpur aktif maka persamaan 3.5 dan persamaan 3.7 dapat digunakan sebagai titik awal analisis. Berdasarkan sistem lumpur aktif seperti pada Gambar 3.3, maka persamaan neraca massa di dalam sistem biakan tersuspensi reaktor pencampuran sempurna dengan proses sirkulasi lumpur dapat dilakukan dengan cara menggabungkan persamaan kecepatan reaksi dengan variabel sistem.

Untuk kondisi kesetimbangan yakni dalam hal ini dianggap tanpa perubahan konsentrasi biomassa dan makanan terhadap waktu maka persamaan neraca massa adalah sebagai berikut :

Persamaan Biomassa

Biomassa masuk + Biomassa Yang Tumbuh = Biomassa yang Keluar

$$Q_0 \cdot X_0 + V \left(\frac{k_0 X S}{K_s + S} - k_d \cdot X \right) = (Q_0 - Q_w) X_e + Q_w X_u \tag{3-8}$$

Persamaan Untuk Makanan

Makanan masuk – Makanan yang digunakan = Makanan keluar

$$Q_0 \cdot S_0 - V \left(\frac{k_0 X S}{Y (K_s + S)} \right) = (Q_0 - Q_w) S + Q_w S \tag{3-9}$$

Dimana :

- Q_0 = Laju alir influen, m³/hari.
- Q_w = Laju alir buangan lumpur, m³/hari.
- X_0 = Konsentrasi biomassa di dalam influen, kg/m³.
- X = Konsentrasi biomassa di dalam reaktor, kg/m³.
- X_e = Konsentrasi biomassa di dalam effluen, kg/m³.

- X_u = Konsentrasi di dalam underflow bak Pengendapan akhir (Clarifier), kg/m^3 .
- S_0 = Konsentrasi makanan terlarut di dalam influen, kg/m^3 .
- S = Konsentrasi makanan terlarut di dalam Reaktor, kg/m^3
- V = Volume reaktor, m^3 .
- K_s = *Half saturation constant*, konsentrasi makanan pada saat $k = \frac{1}{2} k_0$, kg/m^3 .
- k_0 = Konstanta laju pertumbuhan maksimum, hari^{-1} .
- k_d = Konstanta kecepatan perusakan biomassa (*endogenous decay rate constant*), hari^{-1} .
- Y = Fraksi desimal dari makanan yang digunakan terhadap biomassa yang terbentuk, $\text{kg biomassa/kg makanan yang digunakan}$.

Persamaan 3.8 dan 3.9 dapat disederhanakan dengan membuat beberapa asumsi :

- 1) Konsentrasi biomassa di dalam influen dan efluen sangat kecil dibandingkan dengan konsentrasi biomassa di dalam reaktor atau di dalam *underflow*. Jadi dapat diabaikan.
- 2) Konsentrasi makanan di dalam influen (S_0) dianggap segera tercampur dengan sempurna di dalam reaktor (menjadi S).
- 3) Seluruh reaksi dianggap terjadi di dalam reaktor tanpa produksi biomassa atau utilisasi makanan di dalam clarifier atau bak pengendapan akhir.
- 4) Oleh karena asumsi ke 3 tersebut, maka volume, V adalah merupakan volume reaktor atau bak aerasi.

Dengan asumsi-asumsi tersebut di atas, maka persamaan 4.8 dan 4.9 dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$\frac{k_0 S}{K_s + S} = \frac{Q_w X_u}{V X} + k_d \quad 3-10$$

$$\frac{k_0 S}{K_s + S} = \frac{Q_0 Y}{V X} (S_0 - S) \quad 3-11$$

Jika persamaan 4.10 dan persamaan 4.11 tersebut digabungkan maka persamaan akan menjadi :

$$\frac{Q_w X_u}{V X} = \frac{Q_0 Y}{V X} (S_0 - S) - k_d \quad 3-12$$

Ekspresi $Q_w X_u / VX$ dan $Q_0 Y / VX$ jika dibalik akan menunjukkan arti secara fisik yang khusus di dalam sistem lumpur aktif seperti ilustrasi pada Gambar 3.3.

$$V/Q_0 = \theta \quad 3.13$$

Harga $V/Q_0 = \theta$ pada persamaan 4.13 tersebut di atas adalah menunjukkan waktu tinggal hidrolis (*Hydraulic Retention Time*) di dalam reaktor didasarkan pada influen.

Ratio dari total biomassa di dalam reaktor terhadap jumlah biomassa yang dibuang per satuan waktu dapat ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$\frac{V X}{Q_w X_u} = \theta_c \quad 4.14$$

Persamaan tersebut menunjukkan waktu rata-rata yang digunakan oleh mikroorganisma untuk berada di dalam reaktor. Parameter tersebut dinamakan waktu tinggal rata-rata dari sel (*mean cell residence time*), yang akan lebih besar dari pada waktu tinggal hidrolis selama lumpur dari bak pengendapan akhir disirkulasikan ke dalam reaktor.

Substitusi persamaan 3.13 dan 3.14 ke dalam persamaan 3.12 akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$1/\theta_c = \frac{Y (S_0 - S)}{\theta X} - k_d \quad 3.15$$

Konsentrasi biomassa di dalam reaktor atau konsentrasi zat padat tersuspensi di dalam reaktor sering disebut *mixed liquor suspended solids*, MLSS, sangat berhubungan dengan waktu tinggal sel rata-rata dan waktu tinggal hidrolis. Untuk menghitung konsentrasi biomassa di dalam reaktor dapat dilakukan dengan menyelesaikan persamaan 3.15 untuk harga X.

$$X = \frac{\theta_c Y (S_0 - S)}{\theta (1 - k_d \theta_c)} \quad 3.16$$

Meskipun persamaan tersebut menunjukkan bahwa apabila waktu tinggal hidrolis semakin pendek akan meningkatkan konsentrasi MLSS dengan anggapan variabel yang lain konstan, tetapi sampai melewati batas tertentu menjadi tidak benar. Jika waktu tinggal hidrolis mendekati sama dengan waktu regenerasi sel mikroorganisma, maka sel mikroorganisma tersebut akan lolos keluar dari reaktor (*wash out*) sebelum terjadi pertumbuhan. Akibatnya X atau MLSS akan berkurang dan S akan mendekati S_0 yang berarti tidak ada proses pengolahan di dalam reaktor.

3.3.2.Plug Flow Reaktor

Reaktor plug flow dengan sirkulasi lumpur seperti pada Gambar 3.4 sering juga digunakan di dalam proses lumpur aktif. Di dalam reaktor *plug flow* diasumsikan bahwa, terjadi pencampuran sempurna pada bidang melintang (*transverse plane*) dan terjadi pencampuran yang minimal pada bidang yang searah aliran campuran air limbah dan aliran sirkulasi lumpur di dalam reaktor.

Kinetika reaksi untuk produksi biomassa adalah serupa dengan proses yang terjadi di dalam proses *batch*, dengan perkecualian pada saat permulaan konsentrasi biomassa lebih besar dan konsentrasi makanan lebih kecil. Hal ini disebabkan karena adanya *recycle sludge*.

Lawrence dan McCarty telah menurunkan persamaan untuk konsentrasi MLSS rata-rata dan utilisasi makanan sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\theta_c Y (S_0 - S)}{\theta (1 - k_d \theta_c)} \quad 3.17$$

dan,

$$r_s = - \frac{k_0 \bar{S} \bar{X}}{Y (K_s - S)} \quad 3.18$$

dimana : \bar{X} = konsentrasi biomassa rata-rata di dalam reaktor (mg/l). Persamaan tersebut hanya berlaku jika $\theta_c/\theta \geq 5$.

Integrasi persamaan 4.18 terhadap waktu tinggal di dalam reaktor dan substitusi kondisi batas yang sesuai serta faktor sirkulasi akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$1/\theta_c = \frac{K_0 (S_0 - S)}{(S_0 - S) + (1 - \alpha)(K_s \ln S_i/S)} - k_d \quad 3.19$$

dimana,

α = faktor recycle (sirkulasi), Q/Q_r .

S_i = konsentrasi substrat setelah pencampuran dengan lumpur (sludge), mg/l.

$$S_i = \frac{S_0 + \alpha S}{1 + \alpha}$$

3.4. Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif Standar (Konvensional)

Proses lumpur aktif termasuk proses biologis aerobik, yaitu proses peruraian polutan organik dalam air limbah dengan menggunakan mikroorganisma dan oksigen menjadi CO_2 dan H_2O , NH_4 dan sel biomassa baru. Perlengkapan atau peralatan standard yang digunakan dalam proses lumpur aktif meliputi:

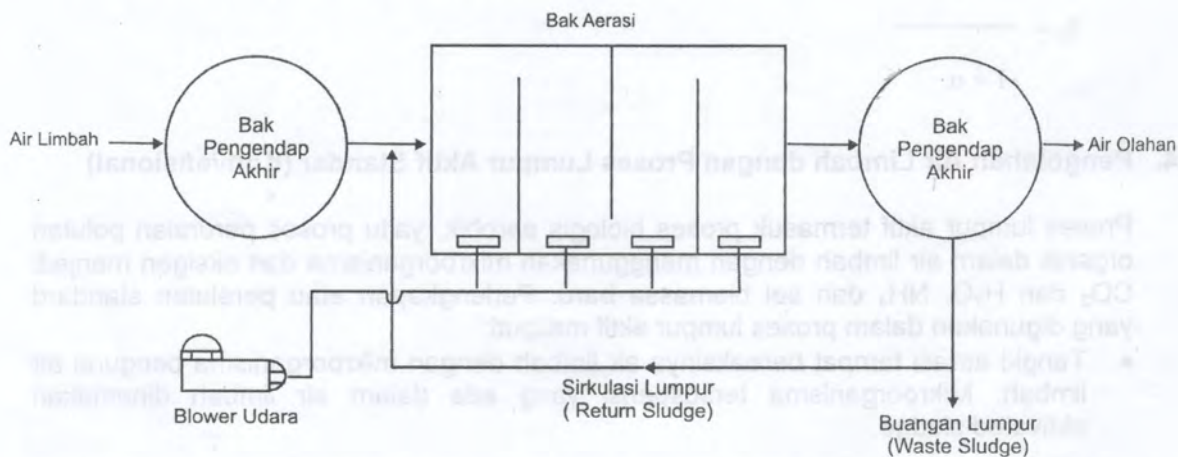
- Tangki aerasi tempat bereaksinya air limbah dengan mikroorganisma pengurai air limbah. Mikroorganisma tersuspensi yang ada dalam air limbah dinamakan activated sludge.
- Bak pengendap untuk memisahkan air limbah yang telah dimurnikan dari lumpur mikroorganisma.
- Sistem sirkulasi untuk membalikkan sebagian lumpur dari bak pengendap ke tangki aerasi. Sirkulasi ini digunakan untuk menjaga konsentrasi mikroorganisma dalam tangki aerasi. Tinggi rendahnya konsentrasi mikroorganisma dalam tangki aerasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi pengolahan.

- Sistem pengolahan dan pembuangan kelebihan lumpur sebagai akibat dari pertumbuhan mikroorganisma.
- Peralatan pemasok udara seperti blower dan difuser udara.
- Sistem pengadukan seperti untuk membuat campuran mikroorganisma dan air limbah homogen serta tidak mencegah pengendapan lumpur dalam tangki aerasi. Sistem ini tidak perlu digunakan apabila suplai udara dalam kolam aerasi sudah cukup besar dan tidak terjadi pengendapan. Udara disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki pengendap.

Sistem ini mempunyai efisiensi penguraian polutan organik yang sangat bagus dan cocok diterapkan pada daerah dimana lahan tidak cukup tersedia. Dibandingkan dengan sistem biologis lain seperti *facultatif lagoon*, sistem lumpur aktif memiliki beberapa keunggulan diantaranya

- Kualitas hasil olahan terutama pH dan kandungan oksigen lebih bagus
- Kebutuhan lahan untuk IPAL relatif kecil,
- Cocok untuk kandungan polutan organik (BOD, COD) yang tidak terlalu tinggi (dibawah 3000 mg/l),
- Konsentrasi BOD pada air hasil olahan dapat mencapai lebih rendah dari 25 mg/l.

Proses pengolahan air limbah sistem lumpur aktif standar dapat dijelaskan pada Gambar 3.5. Secara umum proses pengolahannya adalah sebagai berikut. Air limbah yang berasal dari sumber ditampung ke dalam bak penampung air limbah. Bak penampung ini berfungsi sebagai bak pengatur debit air limbah, dilengkapi dengan saringan kasar untuk memisahkan kotoran yang besar. Kemudian, air limbah dalam bak penampung di pompa ke bak pengendap awal.



Gambar 3.5. Sistem Lumpur Aktif Standar atau Konvensional.

Bak pengendap awal berfungsi untuk menurunkan padatan tersuspensi (*Suspended Solids*) sekitar 30 - 40 %, serta BOD sekitar 25 %. Air limpasan dari bak pengendap awal dialirkan ke bak aerasi secara gravitasi. Di dalam bak aerasi ini air limbah dihembus dengan udara sehingga mikroorganisma yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah. Energi yang didapatkan dari hasil penguraian zat

organik tersebut digunakan oleh mikroorganisma untuk proses pertumbuhannya. Dengan demikian di dalam bak aerasi tersebut akan tumbuh dan berkembang biomassa dalam jumlah yang besar. Biomassa atau mikroorganisma inilah yang akan menguraikan senyawa polutan yang ada di dalam air limbah.

Dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisma diendapkan dan dipompa kembali ke bagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Air limpasan (*over flow*) dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak khlorinasi atau kontakor khlor. Di dalam bak kontakor khlor ini air limbah dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh mikroorganisma patogen. Air olahan, yakni air yang keluar setelah proses khlorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum. Dengan proses ini air limbah dengan konsentrasi BOD dapat diturunkan kadar BOD nya menjadi 20 -30 mg/l.

3.5. Variabel Operasional Di Dalam Proses Lumpur Aktif

Variabel perencanaan (*design variabel*) yang umum digunakan dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif (*Davis dan Cornwell, 1985; Verstraete dan van Vaerenbergh, 1986*) adalah sebagai berikut:

1. Beban BOD (*BOD Loading rate* atau *Volumetric Loading rate*). Beban BOD adalah jumlah massa BOD di dalam air limbah yang masuk (*influent*) dibagi dengan volume reaktor. Beban BOD dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Beban BOD} = \frac{Q \times S_0}{V} \quad \text{kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad 3.20$$

Dimana :

- Q = debit air limbah yang masuk (m³/hari).
- S₀ = Konsentrasi BOD di dalam air limbah yang masuk (kg/m³).
- V = Volume reaktor (m³).

2. *Mixed-liqour suspended solids* (MLSS). Isi di dalam bak aerasi pada proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai *mixed liqour* yang merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganisma serta padatan tersuspensi lainnya. MLSS adalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk di dalamnya adalah mikroorganisma. MLSS ditentukan dengan cara menyaring lumpur campuran dengan kertas saring (*filter*), kemudian filter dikeringkan pada temperatur 105^oC, dan berat padatan dalam contoh ditimbang.
3. *Mixed-liqour volatile suspended solids* (MLVSS). Porsi material organik pada MLSS diwakili oleh MLVSS, yang berisi material organik bukan mikroba, mikroba hidup dan mati, dan hancuran sel (*Nelson dan Lawrence, 1980*). MLVSS diukur dengan memanaskan terus sampel filter yang telah kering pada 600 - 650^oC, dan untuk proses lumpur aktif yang baku nilai MLVSS mendekati 65-75% dari MLSS.
4. *Food - to - microorganism ratio* atau *Food – to - mass ratio* disingkat F/M Ratio. Parameter ini menunjukkan jumlah zat organik (BOD) yang dihilangkan dibagi dengan jumlah massa mikroorganisma di dalam bak aerasi atau reaktor. Besarnya nilai F/M ratio umumnya ditunjukkan dalam kilogram BOD per kilogram MLLSS

per hari (Curds dan Hawkes, 1983; Nathanson, 1986). F/M dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F/M = \frac{Q (S_0 - S)}{MLSS \times V} \quad (3.21)$$

dimana :

- Q = Laju alir limbah m³ per hari.
- S₀ = Konsentrasi BOD di dalam air limbah yang masuk ke bak aerasi (reaktor) (kg/m³).
- S = Konsentrasi BOD di dalam efluent (kg/m³).
- MLSS = *Mixed liquor suspended solids* (kg/m³).
- V = Volume reaktor atau bak aerasi (m³).

Rasio F/M dapat dikontrol dengan cara mengatur laju sirkulasi lumpur aktif dari bak pengendapan akhir yang disirkulasi ke bak aerasi. Lebih tinggi laju sirkulasi lumpur aktif lebih tinggi pula rasio F/M-nya. Untuk pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif konvensional atau standar, rasio F/M adalah 0,2 - 0,5 kg BOD₅ per kg MLSS per hari, tetapi dapat lebih tinggi hingga 1,5 jika digunakan oksigen murni (Hammer, 1986). Rasio F/M yang rendah menunjukkan bahwa mikroorganisma dalam tangki aerasi dalam kondisi lapar, semakin rendah rasio F/M pengolah limbah semakin efisien.

5. *Hidraulic retention time* (HRT). Waktu tinggal hidraulik (HRT) adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh larutan influent masuk dalam tangki aerasi untuk proses lumpur aktif; nilainya berbanding terbalik dengan laju pengenceran (*dilution rate, D*) (Sterritt dan Lester, 1988).

$$HRT = 1/D = V/Q \quad (3.22)$$

dimana :

- V = Volume reaktor atau bak aerasi (m³).
- Q = Debit air limbah yang masuk ke dalam tangki aerasi (m³/jam).
- D = Laju pengenceran (jam⁻¹).

6. *Ratio Sirkulasi Lumpur (Hidraulic Recycle Ratio, HRT)*. Ratio sirkulasi lumpur adalah perbandingan antara jumlah lumpur yang disirkulasikan ke bak aerasi dengan jumlah air limbah yang masuk ke dalam bak aerasi.

7. Umur lumpur (*sludge age*) atau sering disebut waktu tinggal rata-rata sel (*mean cell residence time*). Parameter ini menunjukkan waktu tinggal rata-rata mikroorganisma dalam sistem lumpur aktif. Jika HRT memerlukan waktu dalam jam, maka waktu tinggal sel mikroba dalam bak aerasi dapat dalam hitungan hari. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba. Umur lumpur dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Hammer, 1986; Curds dan Hawkes, 1983) :

$$\text{Umur Lumpur (Hari)} = \frac{MLSS \times V}{SS_e \times Q_e + SS_w \times Q_w} \quad (3.23)$$

dimana :

- MLSS = *Mixed liquor suspended solids* (mg/l).
 V = Volume bak aerasi (m³).
 SS_e = Padatan tersuspensi dalam effluent (mg/l).
 SS_w = Padatan tersuspensi dalam lumpur limbah (mg/l).
 Q_e = Laju effluent limbah (m³/hari).
 Q_w = Laju influent limbah (m³/hari).

Umur lumpur dapat bervariasi antara 5 - 15 hari untuk sistem lumpur aktif konvensional. Pada musim dingin dapat menjadi lebih lama dibandingkan pada musim panas (U.S. EPA, 1987a). Parameter penting yang mengendalikan operasi lumpur aktif adalah beban organik atau beban BOD, suplay oksigen, dan pengendalian dan operasi bak pengendapan akhir. Bak pengendapan akhir ini mempunyai dua fungsi yakni untuk penjernihan (*clarification*) dan pemekatan lumpur (*thickening*).

Campuran air limbah dan lumpur (*mixed liquor*) dipindahkan dari tangki aerasi ke bak pengendapan akhir. Di dalam bak pengendapan akhir ini, lumpur yang mengandung mikroorganisma yang masih aktif dipisahkan dari air limbah yang telah diolah. Sebagian dari lumpur yang masih aktif ini dikembalikan ke bak aerasi dan sebagian lagi dibuang dan dipindahkan ke pengolahan lumpur. Sel-sel mikroba terjadi dalam bentuk *agregat* atau flok, densitasnya cukup untuk mengendap dalam tangki penjernihan.

Pengendapan lumpur tergantung ratio F/M dan umur lumpur. Pengendapan yang baik dapat terjadi jika lumpur mikroorganisma berada dalam fase *endogeneous*, yang terjadi jika karbon dan sumber energi terbatas dan jika pertumbuhan bakteri rendah. Pengendapan lumpur yang baik dapat terjadi pada rasio F/M yang rendah (contoh : tingginya konsentrasi MLSS). Sebaliknya, Rasio F/M yang tinggi mengakibatkan pengendapan lumpur yang buruk.

Dalam air limbah domestik, rasio F/M yang optimum antara 0,2 - 0,5 (Gaudy, 1988; Hammer, 1986). Rata-rata waktu tinggal sel yang diperlukan untuk pengendapan yang efektif adalah 3 - 4 hari (Metcalf dan Eddy, 1991). Pengendapan yang tidak baik dapat terjadi akibat gangguan yang tiba-tiba pada parameter fisik (suhu dan pH), kekurangan makanan (contoh N, suhu, mikro-nutrien), dan kehadiran zat racun (seperti logam berat) yang dapat menyebabkan hancurnya sebagian flok yang sudah terbentuk (Chudoba, 1989). Untuk operasi rutin, operator harus mengukur laju pengendapan lumpur dengan menentukan indeks volume lumpur (*sludge volume index, SVI*), Voster dan Johnston, 1987.

Cara konvensional untuk mengamati kemampuan pengendapan lumpur adalah dengan menentukan Indeks Volume Sludge (*Sludge Volume Index = SVI*). Caranya adalah sebagai berikut : campuran lumpur dan air limbah (*mixed liquor*) dari bak aerasi dimasukkan dalam silinder kerucut volume 1 liter dan dibiarkan selama 30 menit. Volume sludge dicatat. SVI adalah menunjukkan besarnya volume yang ditempati 1 gram lumpur (*sludge*). SVI dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

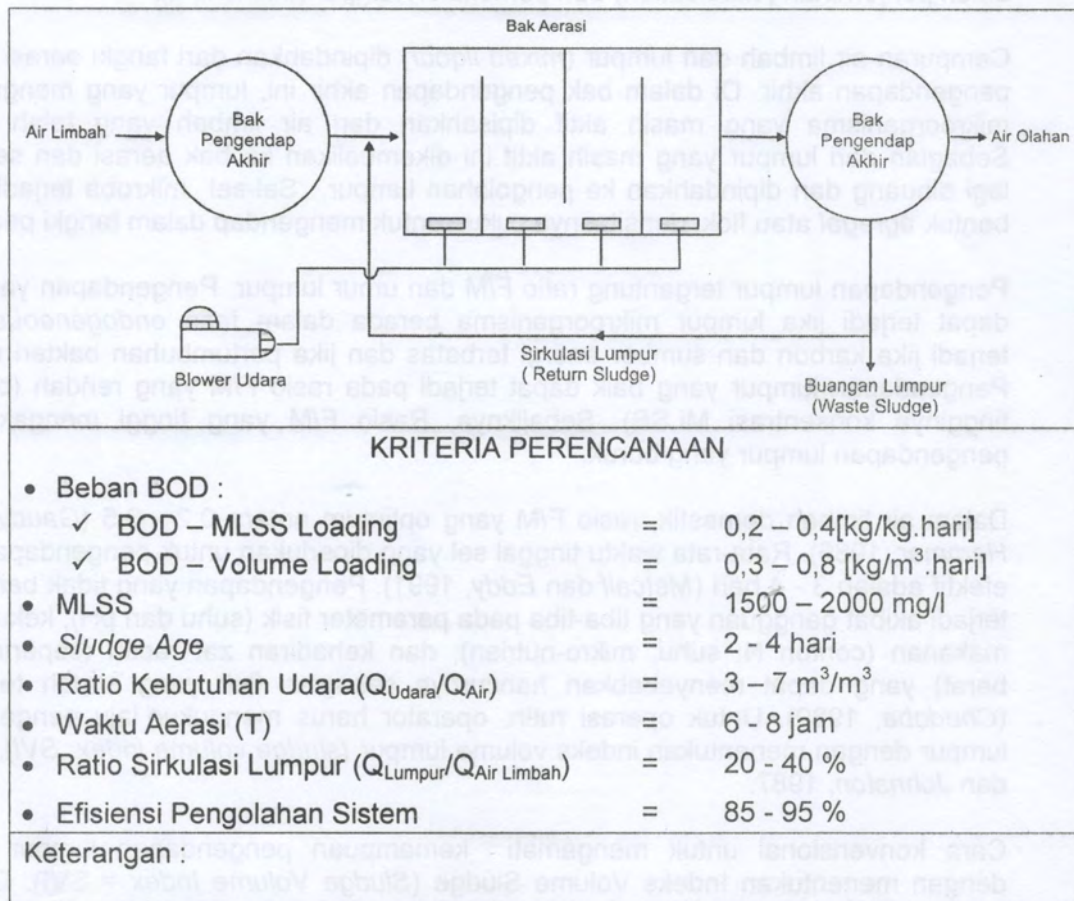
$$SVI \text{ (ml/g)} = \frac{SV \times 1000}{MLSS} \quad \text{mililiter per gram} \quad (3.24)$$

dimana :

- SV = Volume endapan lumpur di dalam silinder kerucut setelah 30 menit pengendapan (ml).
- MLSS = *mixed liquor suspended solid* (mg/l).

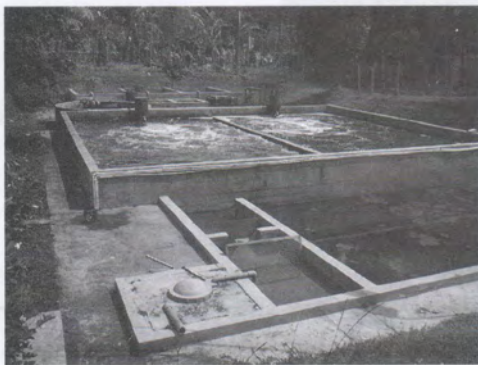
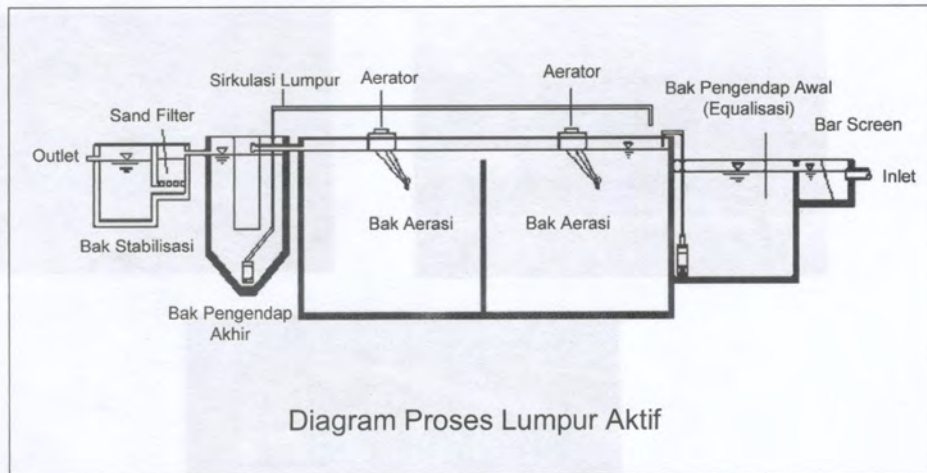
Di dalam unit pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif konvensional dengan MLSS < 3500 mg/l) nilai SVI yang normal berkisar antara 50 - 150 ml/g.

Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif standar (konvensional) dan kriteria perencanaan ditunjukkan seperti pada Gambar 3.6. Salah satu contoh instalasi pengolahan air limbah domestik dengan proses lumpur aktif standar ditunjukkan seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.6. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Lumpur Aktif Standar (Konvensional) dan Kriteria Perencanaan.

Sumber : Gesuidou Shisetsu Sekkei Shishin to Kaisetsu, Nihon Gesuidou Kyoukai (Japan Sewage Work Assosiation)



Gambar 3.7.a. Unit Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Lumpur Aktif Standar.

3.6. Modifikasi Proses Lumpur Aktif Konvensional (Standard)

Selain sistem lumpur aktif konvensional, ada beberapa modifikasi dari proses lumpur aktif yang banyak digunakan di lapangan yakni antara lain sistem aerasi berlanjut (*extended aeration system*), Sistem aerasi bertahap (*step aeration*), Sistem aerasi berjenjang (*tapered aeration*), sistem stabilisasi kontak (*contact stabilization system*), Sistem oksidasi parit (*oxydation ditch*), Sistem lumpur aktif kecepatan tinggi (*high rate activated sludge*), dan sistem lumpur aktif dengan oksigen murni (*pure-oxygen activated sludge*). Beberapa pertimbangan untuk pemilihan proses tersebut antara lain: jumlah air limbah yang akan diolah, beban organik, kualitas air olahan yang diharapkan, lahan yang diperlukan serta kemudahan operasi dan lainnya.



Gambar 3.7.b. Unit Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Lumpur Aktif Standar

3.6.1. Sistem Aerasi Berlanjut (*Extended Aeration System*)

Proses ini biasanya dipakai untuk pengolahan air limbah dengan sistem paket (*package treatment*) dengan beberapa ketentuan antara lain :

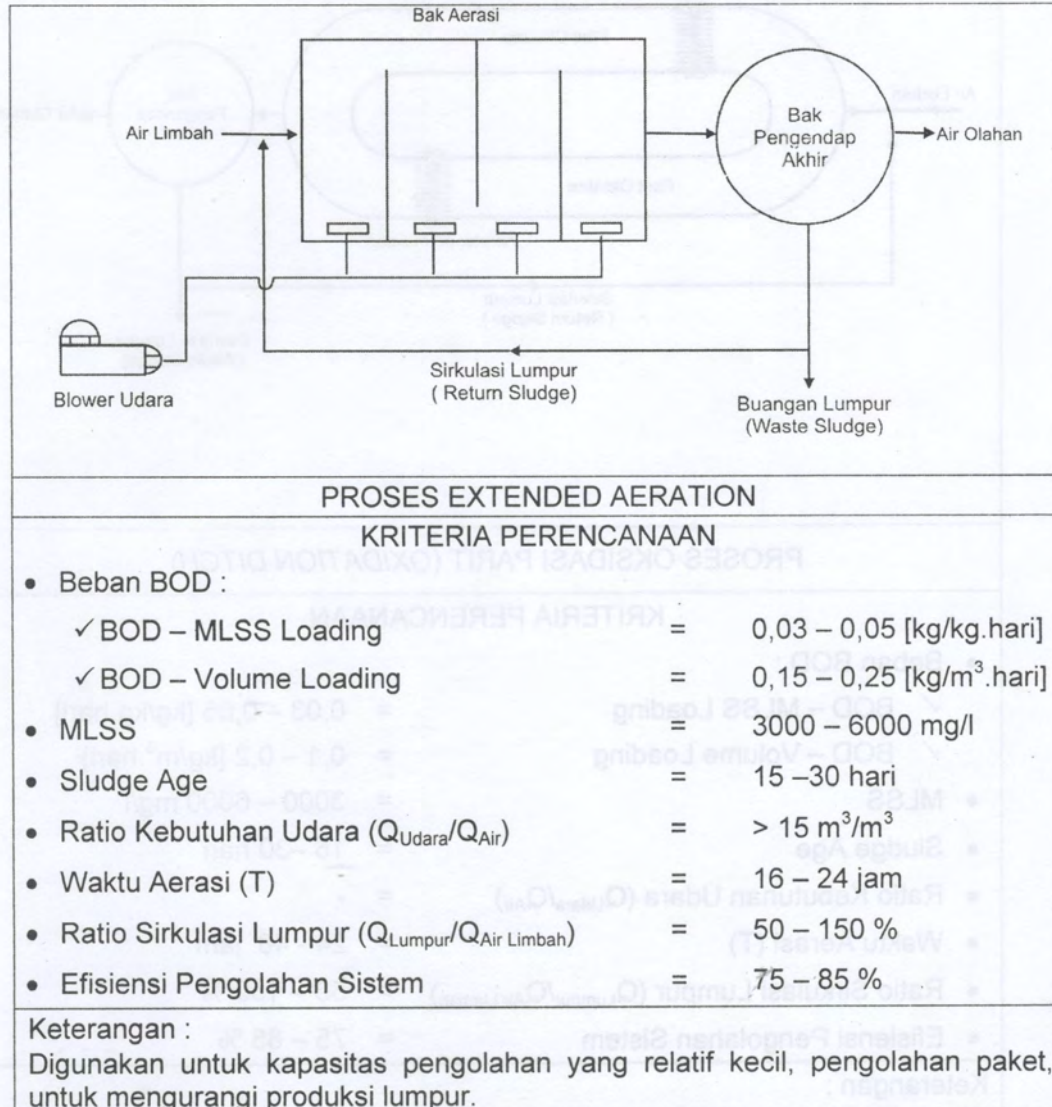
- Waktu aerasi lebih lama (sekitar 30 jam) dibandingkan sistem konvensional. Usia lumpur juga lebih lama dan dapat diperpanjang sampai 15 hari.
- Limbah yang masuk dalam tangki aerasi tidak diolah dulu dalam pengendapan primer.
- Sistem beroperasi dengan F/M ratio yang lebih rendah (umumnya $< 0,1$ kg BOD/ per kg MLSS per hari) dibandingkan dengan sistem lumpur aktif konvensional (0,2 - 0,5 kg BOD per kg MLSS per hari).
- Sistem ini membutuhkan sedikit aerasi dibandingkan dengan pengolahan konvensional dan terutama cocok untuk komunitas yang kecil yang menggunakan paket pengolahan.

Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem "*Extended Aeration*" dan kriteria perencanaan ditunjukkan seperti pada Gambar 3.8.

3.6.2. Proses Dengan Sistem Oksidasi Parit (*Oxidation Ditch*)

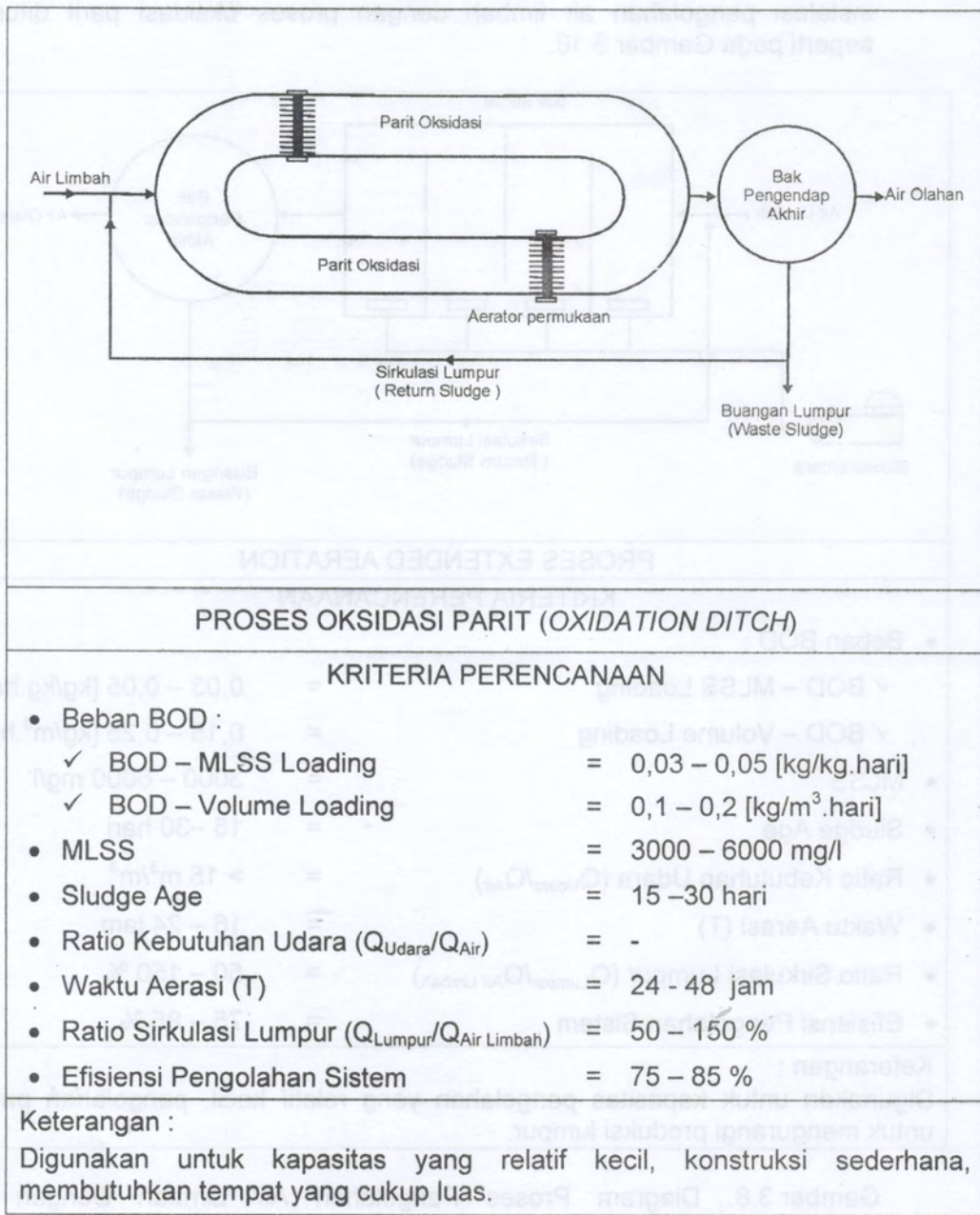
Sistem oksidasi parit terdiri dari bak aerasi berupa parit atau saluran yang berbentuk oval yang dilengkapi dengan satu atau lebih rotor rotasi untuk aerasi limbah. Saluran atau parit tersebut menerima limbah yang telah disaring dan mempunyai waktu tinggal hidraulik (*hydraulic retention time*) mendekati 24 jam. Proses ini umumnya digunakan untuk pengolahan air limbah domestik untuk komunitas yang relatif kecil dan memerlukan luas lahan yang cukup besar. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem "*Oxidation Ditch*" dan kriteria perencanaan ditunjukkan seperti pada Gambar 3.9. Salah satu contoh

instalasi pengolahan air limbah dengan proses oksidasi parit ditunjukkan seperti pada Gambar 3.10.



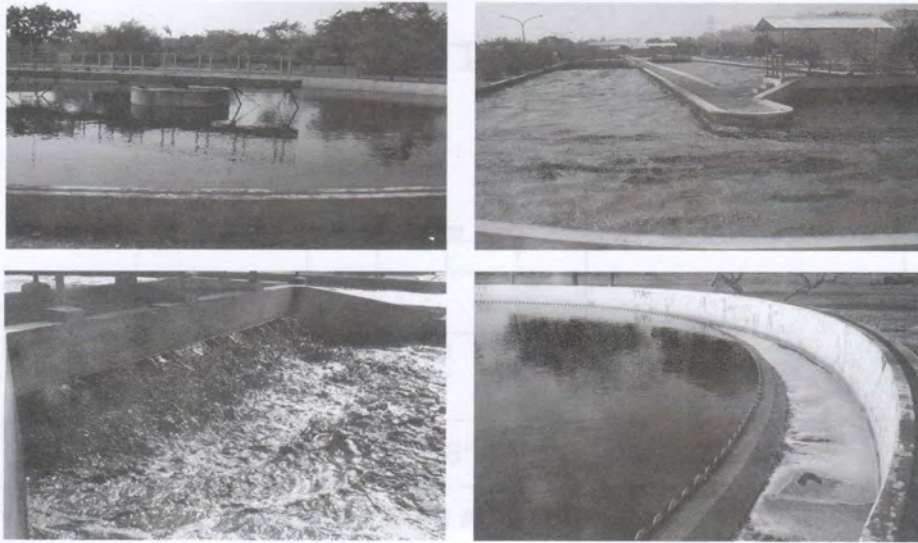
Gambar 3.8. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem "Extended Aeration" dan Kriteria Perencanaan.

Sumber : Gesuidou Shisetsu Sekkei Shishin to Kaisetsu, Nihon Gesuidou Kyokai (Japan Sewage Work Assosiation)



Gambar 3.9. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Oksidasi Parit "Oxidation Ditch" Dan Kriteria Perencanaan.

Sumber : Gesuidou Shisetsu Sekkei Shishin to Kaisetsu, Nihon Gesuidoukyoukai (Japan Sewage Work Assosiation).



Gambar 3.10. Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Oksidasi Parit "Oxidation Ditch".

3.6.3. Sistem Aerasi Bertingkat (*Step Aeration*)

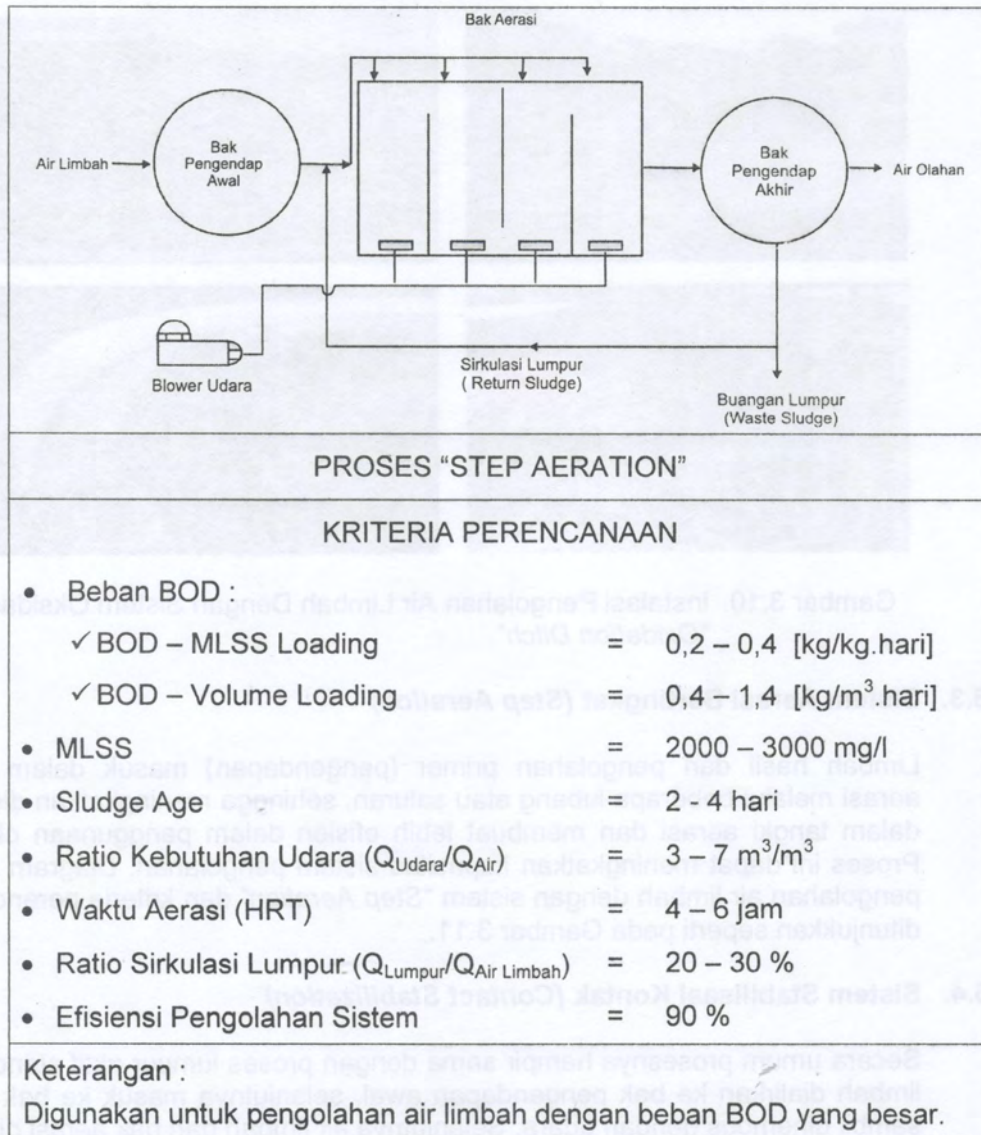
Limbah hasil dari pengolahan primer (pengendapan) masuk dalam tangki aerasi melalui beberapa lubang atau saluran, sehingga meningkatkan distribusi dalam tangki aerasi dan membuat lebih efisien dalam penggunaan oksigen. Proses ini dapat meningkatkan kapasitas sistem pengolahan. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem "*Step Aeration*" dan kriteria perencanaan ditunjukkan seperti pada Gambar 3.11.

3.6.4. Sistem Stabilisasi Kontak (*Contact Stabilization*)

Secara umum prosesnya hampir sama dengan proses lumpur aktif standar. Air limbah dialirkan ke bak pengendapan awal, selanjutnya masuk ke bak aerasi sambil dihembus dengan udara. Selanjutnya air limbah dari bak aerasi dialirkan ke bak pengendapan akhir. Efluen dari bak pengendapan akhir merupakan air hasil olahan. Lumpur yang telah mengendap di dalam bak pengendapan akhir sebelum disirkulasi ke bak aerasi dimasukkan ke bak stabilisasi dengan waktu tinggal 4 - 8 jam sambil dihembus dengan udara. Sistem ini menghasilkan sedikit lumpur. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem "*Contact Stabilization*" dan kriteria perencanaan ditunjukkan seperti pada Gambar 3.12.

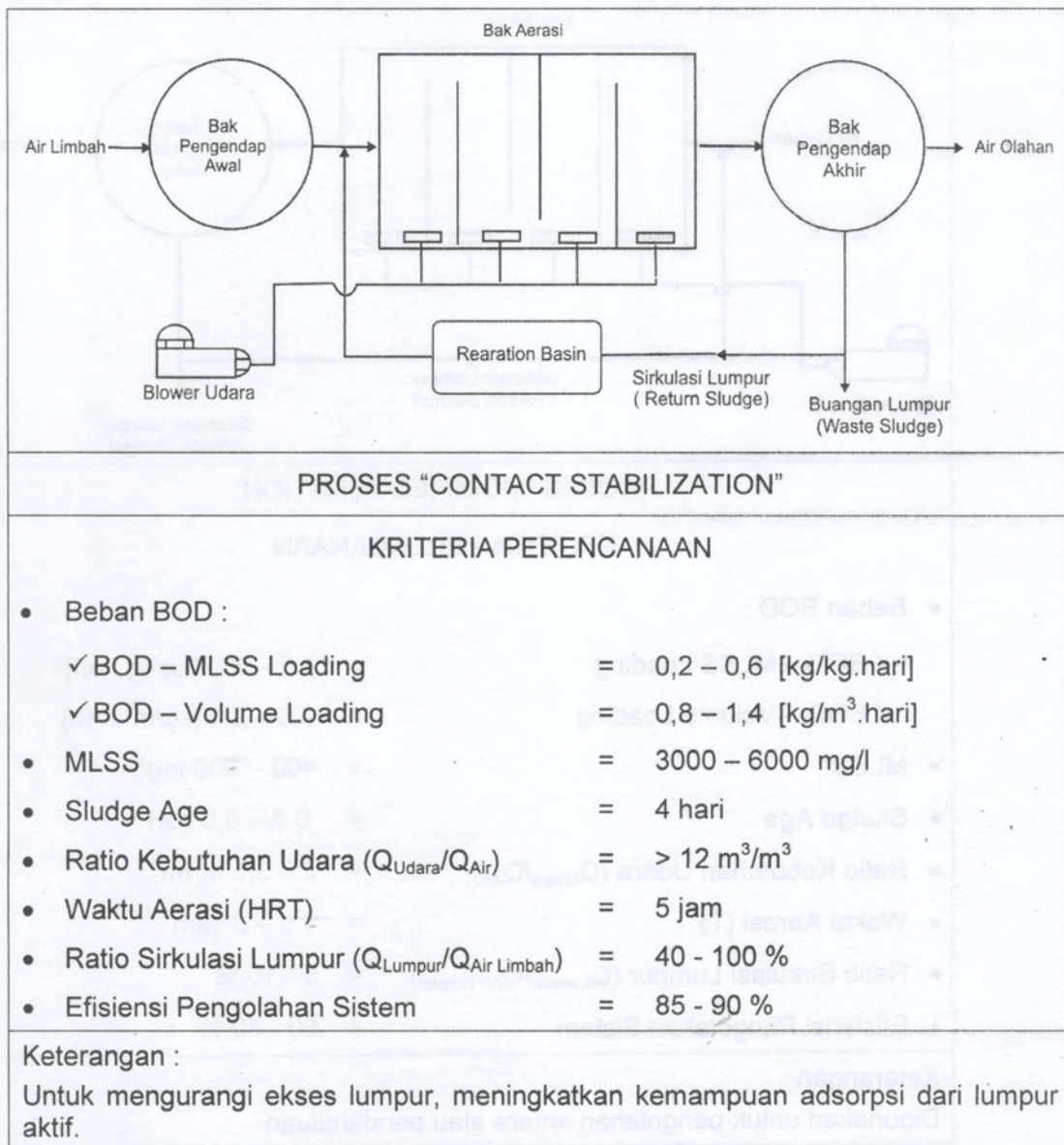
3.6.5. Sistem Aerasi Dengan Pencampuran Sempurna (*Completely Mixed System*)

Pada sistem ini limbah hanya diaerasi dalam tangki aerasi secara merata. Sistem ini dapat menahan *shock load* dan racun. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem "*Completely Mixed*" dan kriteria perencanaan ditunjukkan seperti pada Gambar 3.13.



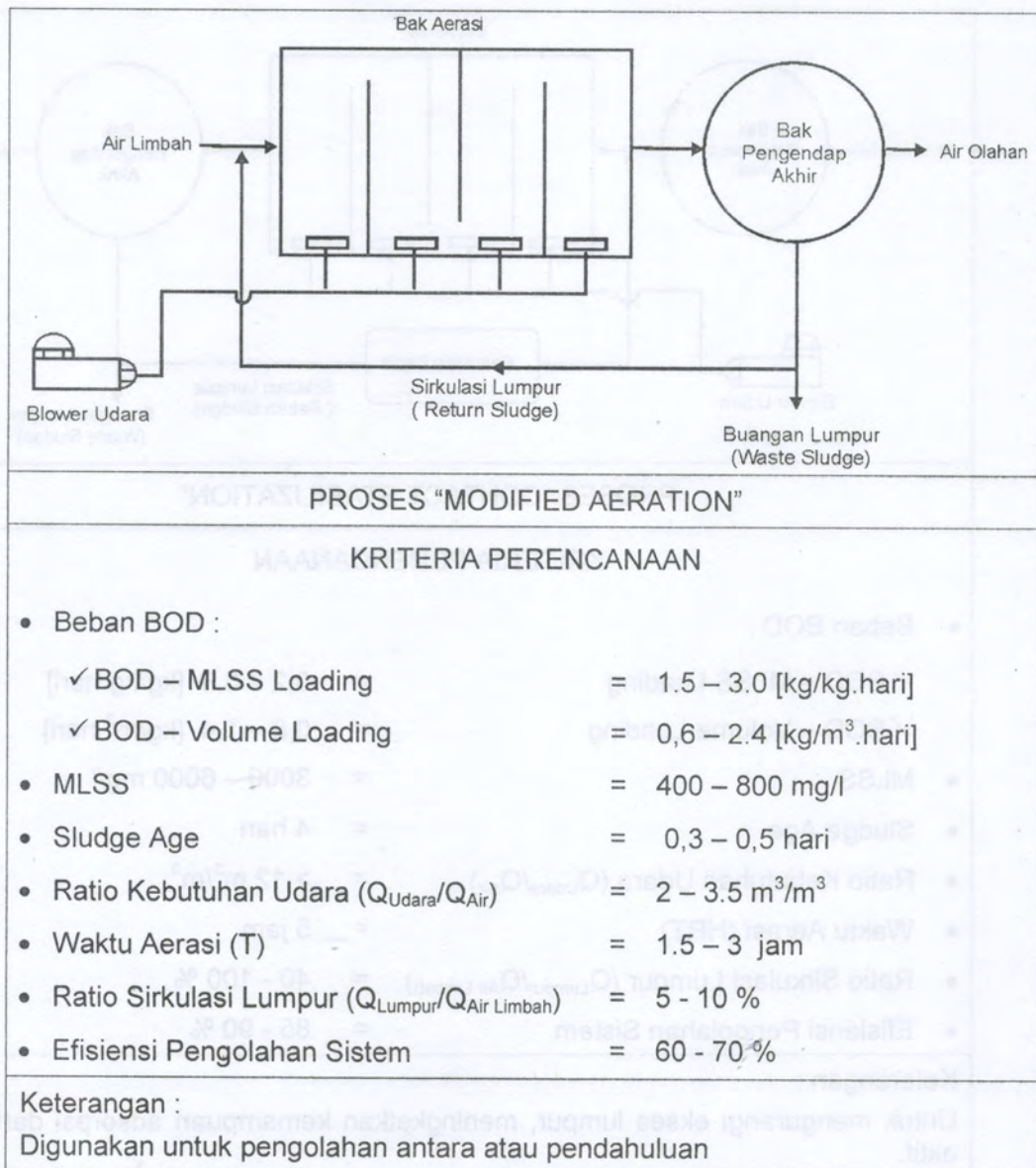
Gambar 3.11. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem "Step Aeration" Dan Kriteria Perencanaan.

Sumber : Gesuidou Shisetsu Sekkei Shishin to Kaisetsu, Nihon Gesuidou Kyoukai (Japan Sewage Work Assosiation)



Gambar 3.12. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem "Contact Stabilization" Dan Kriteria Perencanaan.

Sumber : Gesuidou Shisetsu Sekkei Shishin to Kaisetsu, Nihon Gesuidou Kyokai(Japan Sewage Work Assosiation).



Gambar 3.13. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem "Modified Aeration" Dan Kriteria Perencanaan.

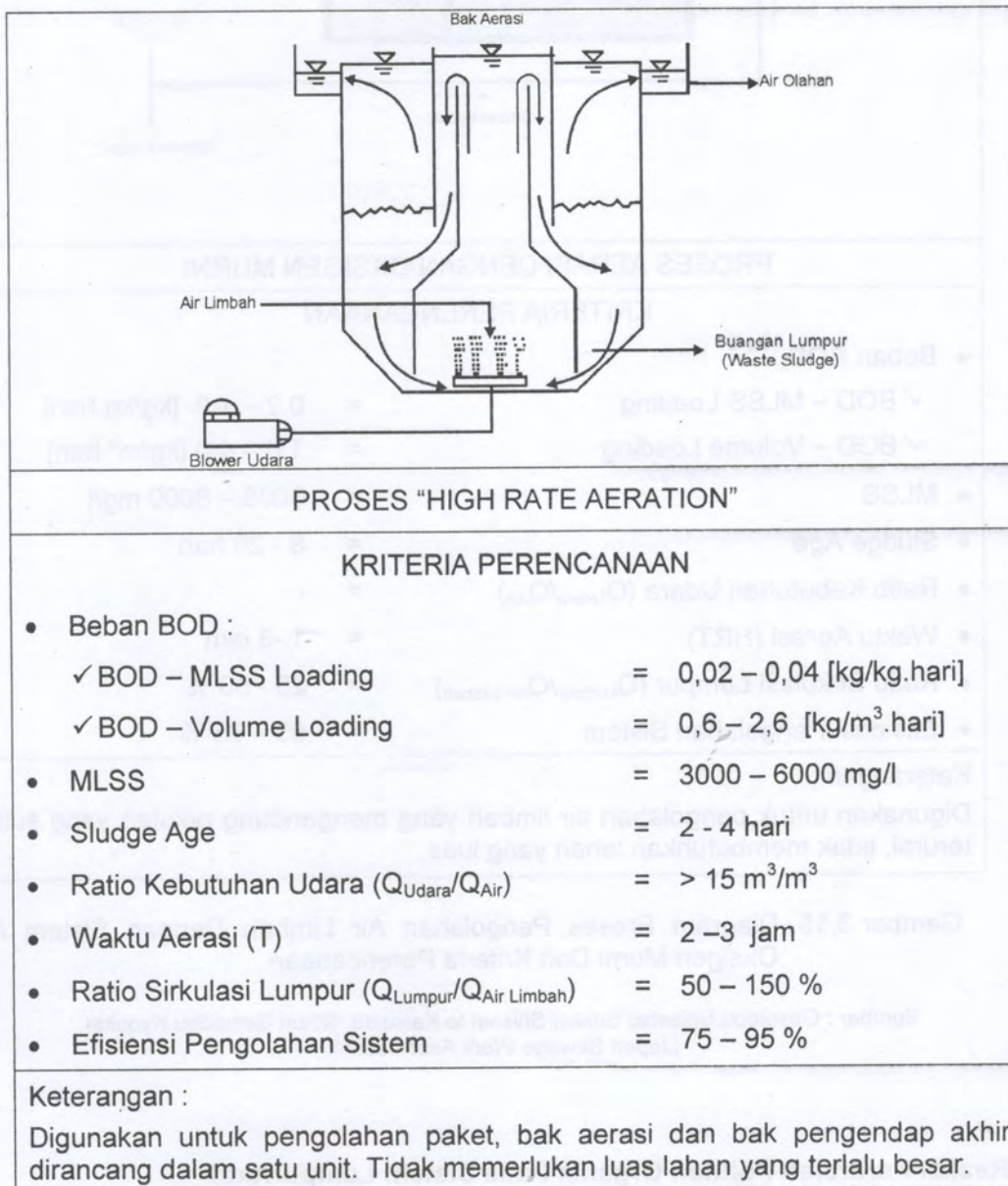
Sumber : Gesuidou Shisetsu Sekkei Shishin to Kaisetsu, Nihon Gesuidou Kyoukai (Japan Sewage Work Assosiation)

3.6.6. Sistem Lumpur Aktif Kecepatan Tinggi (*High-Rate Activated Sludge*)

Sistem ini digunakan untuk mengolah limbah konsentrasi tinggi dan dioperasikan untuk beban BOD yang sangat tinggi dibandingkan proses lumpur aktif konvensional. Proses ini mempunyai waktu tinggal hidraulik sangat singkat. Sistem ini beroperasi pada konsentrasi MLSS yang tinggi. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem "*High-Rate Activated Sludge*" dan kriteria perencanaan ditunjukkan seperti pada Gambar 3.14.

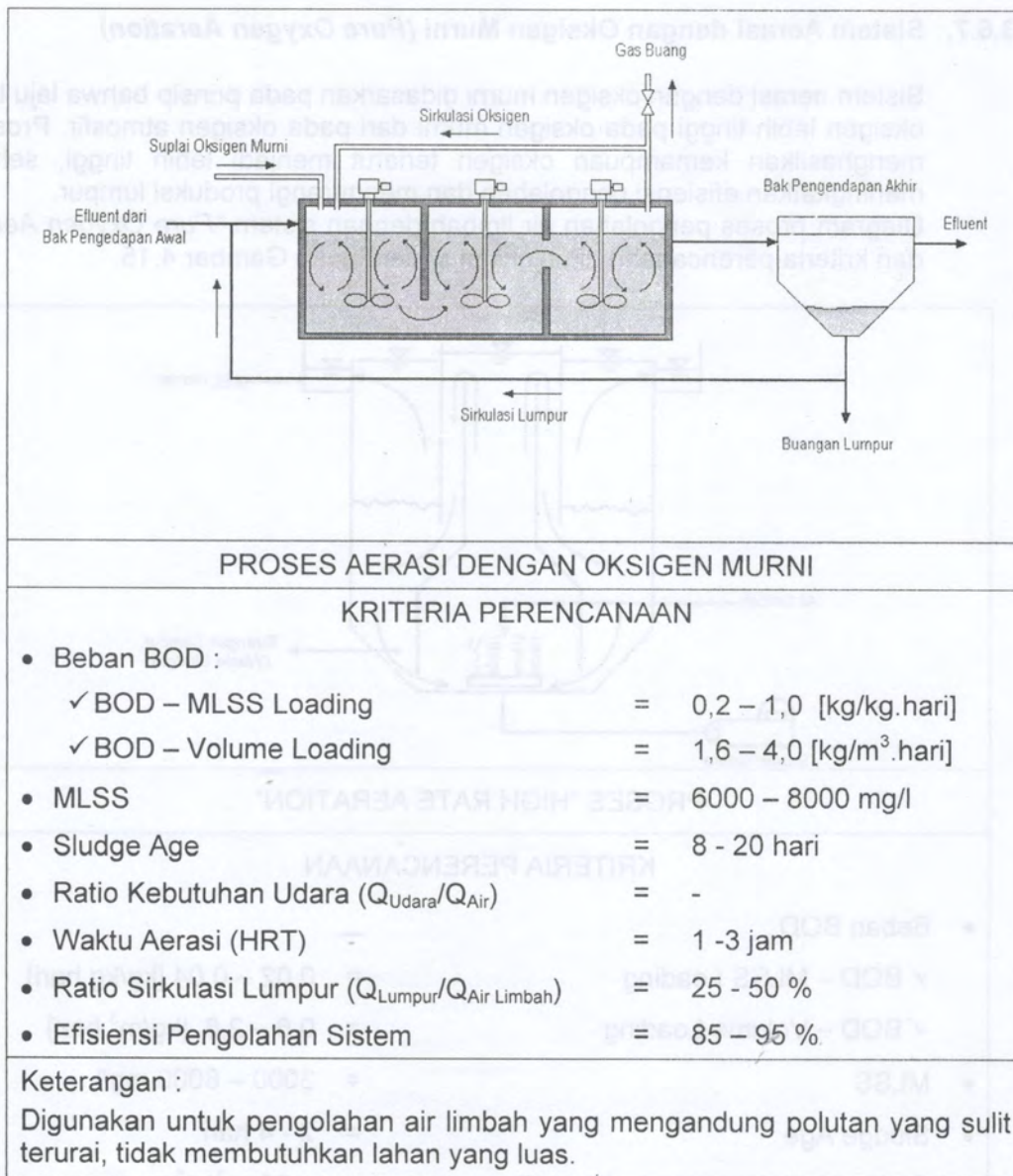
3.6.7. Sistem Aerasi dengan Oksigen Murni (*Pure Oxygen Aeration*)

Sistem aerasi dengan oksigen murni didasarkan pada prinsip bahwa laju tranfer oksigen lebih tinggi pada oksigen murni dari pada oksigen atmosfer. Proses ini menghasilkan kemampuan oksigen terlarut menjadi lebih tinggi, sehingga meningkatkan efisiensi pengolahan dan mengurangi produksi lumpur. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem "*Pure Oxygen Aeration*" dan kriteria perencanaan ditunjukkan seperti pada Gambar 4.15.



Gambar 3.14. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem "*High Rate Aeration*" Dan Kriteria Perencanaan.

Sumber : Gesuidou Shisetsu Sekkei Shishin to Kaisetsu, Nihon Gesuidou Kyokai (Japan Sewage Work Assosiation).



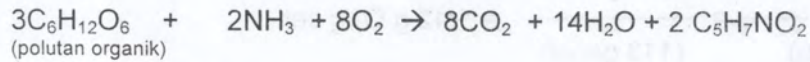
Gambar 3.15. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Aerasi Oksigen Murni Dan Kriteria Perencanaan.

Sumber : Gesuidou Shisetsu Sekkei Shishin to Kaisetsu, Nihon Gesuidou Kyoukai (Japan Sewage Work Assosiation).

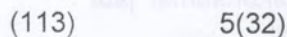
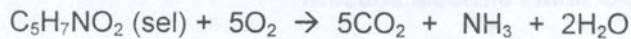
3.7. Reaksi Peruraian Polutan Organik Pada Sistem LumpurAktif

Peruraian polutan organik dalam air limbah dengan lumpur aktif dapat terjadi dalam 2 tipe reaksi yaitu peruraian untuk pembentukan sel baru dan peruraian untuk oksidasi/ respirasi sel atau disebut juga respirasi endogenous peruraian sel. Sebagai contoh reaksi peruraian organik adalah peruraian glukosa seperti dibawah ini:

Reaksi sintesa sel:

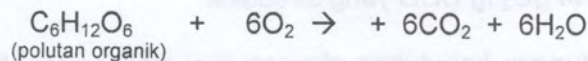


Reaksi *endogenous* peruraian sel :



Reaksi *endogenous* biasanya tidak terjadi secara sempurna karena keterbatasan waktu reaksi. Tinggi atau rendahnya reaksi *endogenous* akan dapat menentukan besar kecilnya sisa lumpur aktif yang dihasilkan. Jika tingkat reaksi *endogenous* tinggi, maka sisa lumpur yang dihasilkan sedikit dan sebaliknya. Selain reaksi tersebut di atas masih ada lagi reaksi yang terjadi seperti reaksi pembentukan sulfat dari sulfida dan pembentukan nitrat dari amonium.

Untuk menentukan jumlah oksigen yang diperlukan dalam mereduksi polutan organik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan reaksi di atas dan parameter yang biasa digunakan adalah COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan VSS (*Volatile Suspended Solid*). Dari persamaan di atas, COD untuk glukosa dapat dihitung dengan mengubah reaksi di atas sebagai reaksi oksidasi kimia sebagai berikut:



$$\text{COD} = \frac{\text{O}_2}{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = \frac{6(32 \text{ g/mole})}{(180 \text{ g/mole})} = 1.07 \text{ g O}_2/\text{g glukosa}$$

Jumlah mikroorganisma yang dihasilkan untuk setiap COD yang direduksi dapat dihitung sebagai berikut:

$$Y = \frac{(\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2)}{\text{COD yang ada di substrat}} = \frac{2(113\text{g/mole})}{3(180 \text{ g/mol})(1,07 \text{ g COD/g glukosa})}$$

$$= 0.39 \text{ g sel atau VSS/ g COD yang direduksi}$$

Pada kenyataannya, sel mikroorganisma yang tumbuh tidaklah sebesar jumlah perhitungan di atas, melainkan lebih sedikit. Hal ini disebabkan karena sel tersebut juga ada yang dioksidasi untuk menghasilkan energi (*respirasi endogenous*) untuk keperluan aktifitas mikroorganisma. Jumlah total oksigen yang digunakan dapat dihitung dari jumlah oksigen untuk oksidasi substrat (glukosa), kebutuhan oksigen untuk oksidasi biomassa dan oksigen untuk oksidasi substrat lain.

Jumlah oksigen untuk oksidasi biomassa dapat ditentukan dari persamaan reaksi *respirasi endogenous*. COD biomassa dari persamaan reaksi *respirasi endogenous* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{COD} = \frac{(\text{O}_2)}{(\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2)} = \frac{5 (32 \text{ g/mol})}{(113 \text{ g/mol})} = 1,42 \text{ g O}_2/\text{g sel}$$

Dari kedua reaksi di atas, oksigen yang dikonsumsi untuk setiap COD yang dipakai atau direduksi dapat dihitung dari neraca masa :

COD direduksi = COD sel + COD untuk oksidasi substrat

COD untuk oksidasi substrat sama dengan oksigen yang dikonsumsi, jadi
 Oksigen yang dikonsumsi = COD yang direduksi – COD sel

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{1,07 \text{ g O}_2}{\text{g glukosa}} \times 3 \text{ mol} \times \frac{180 \text{ g glukosa}}{\text{mol}} \right) - \left(\frac{1,42 \text{ g O}_2}{\text{g sel}} \times 2 \text{ mol} \times \frac{113 \text{ g sel}}{\text{mol}} \right) \\ &= 577,8 \text{ g O}_2 - 320,9 \text{ g O}_2 = 256,9 \text{ g O}_2 \end{aligned}$$

Jadi oksigen yang dikonsumsi untuk setiap g COD yang direduksi

$$\begin{aligned} \frac{\text{Oksigen yang dikonsumsi}}{\text{COD glukosa}} &= \frac{256,9 \text{ g O}_2}{3 \text{ mol} (1,07 \text{ g COD/g glukosa})(180 \text{ g glukosa/mol})} \\ &= 0,44 \text{ g O}_2/\text{g COD yang direduksi} \end{aligned}$$

Perhitungan di atas adalah perhitungan kebutuhan oksigen dari stoikiometri. Namun pada prakteknya banyak sekali faktor yang berpengaruh seperti pengaruh jenis difuser, koefisien perpindahan massa gas ke cairan atau juga kecepatan perpindahan oksigen ke flok biomassa (*Oksigen Uptake Rate*). Oleh karena itu perhitungan jumlah oksigen untuk setiap COD yang direduksi dapat menjadi lebih tinggi dari 0,44 g O₂/g COD yang direduksi.

Cara yang paling mudah untuk pengecekan oksigen yang disuplai dalam tangki aerasi proses lumpur aktif cukup atau tidak, dapat dilihat dari oksigen terlarut (DO) air limbah di kolam aerasi maupun di air hasil olahan. DO yang direkomendasikan adalah antara 2 – 4 mg/l.

3.8. Menjaga Kestabilan Konsentrasi Mikroorganisma Dalam Sistem Lumpur Aktif

Untuk menjaga kestabilan proses pengolahan air limbah menggunakan Lumpur aktif ada beberapa hal yang harus diperhatikan:

- Menjaga kestabilan beban BOD dan nilai F/M
- Menjaga konsentrasi mikroorganisma agar supaya konstan
- Dilakukan pembuangan sebagian lumpur dari kolam aerasi secara rutin
- Menjaga kebutuhan oksigen tercukupi
- Menjaga kestabilan keasaman/ pH
- Menghindari masuknya senyawa racun ke dalam kolam aerasi

Kestabilan beban BOD dapat diatur dengan menempatkan bak ekualisasi dengan waktu tinggal yang cukup pada unit IPAL. Untuk menjaga konsentrasi mikroba agar selalu konstan dalam proses aerasi, maka harus dilakukan pembuangan lumpur aktif secara kontinyu atau dapat juga secara berkala.

3.9. Jumlah Produksi Lumpur

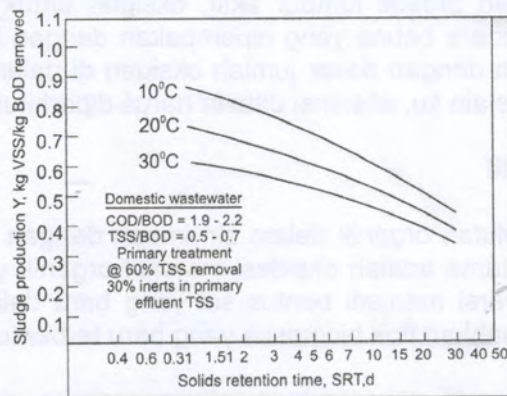
Jumlah lumpur aktif yang harus dibuang dapat dihitung menggunakan rumus empiris sebagai berikut:

$$P = Q \cdot Y_{\text{obs}} (S_0 - S) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right)$$

dimana :

- Q = Laju alir air limbah, m³/hari
- Y_{obs} = Biomasa yield, kg VSS/kg BOD
- S₀ = Konsentrasi BOD inlet, mg/l atau g/m³
- S = Konsentrasi BOD outlet, mg/l atau g/m³
- P = Jumlah lumpur aktif yang harus dibuang dari bak aerasi, (kg/ hari)

Nilai yield biomasa (Y_{obs}) diplot dari grafik antara nilai SRT (*solid retention time*) terhadap produksi lumpur seperti yang ada pada Gambar 3.16 berikut :



Gambar 3.16. Grafik hubungan antara solid retention time terhadap produksi lumpur.

3.10. Perhitungan Kebutuhan Oksigen Secara Empiris Pada Proses Lumpur Aktif

Oksigen yang diperlukan untuk menguraikan polutan dalam air limbah dengan proses lumpur aktif berbeda antara tujuan pengolahan air limbah hanya untuk menurunkan kadar BOD dan COD saja atau pengolahan untuk menurunkan kadar COD, BOD serta amonia. Untuk menentukan berapa jumlah oksigen yang harus disuplai pada proses lumpur aktif dapat dilakukan dengan menggunakan rumus empiris sebagai berikut:

Proses lumpur aktif untuk penghilangan BOD dan COD :

$$R \text{ oksigen} = Q (S_0 - S) - 1,42 (P)$$

$$R \text{ oksigen} = \text{kebutuhan oksigen, g/hari.}$$

$$Q = \text{laju alir atau debit air limbah ke dalam kolam aerasi, m}^3/\text{hari.}$$

- So = konsentrasi COD inlet, mg/l atau g/m³.
 S = konsentrasi COD outlet, mg/l atau g/m³.
 1,42 = nilai COD untuk setiap g mikroorganisma, dihitung dari persamaan reaksi endogenous.
 P = mikroorganisma/ lumpur aktif yang dibuang dari kolam aerasi setiap hari.

Proses lumpur aktif untuk penghilangan BOD, COD dan Nitrogen :

$$R \text{ oksigen} = Q (S_o - S) - 1,42 (P) + 4,33 Q (\text{NO}_x)$$

- R oksigen = kebutuhan oksigen, g/hari
 Q = laju alir air limbah ke dalam kolam aerasi, m³/hari
 So = konsentrasi COD inlet, g/m³
 S = konsentrasi COD outlet, g/m³
 1,42 = nilai COD untuk setiap g mikroorganisma, dihitung dari persamaan reaksi endogenous
 4,33 = nilai COD untuk oksidasi NH₄ + dan NO²⁻
 P = mikroorganisma/lumpur aktif yang dibuang dari kolam aerasi setiap hari
 NO_x = Total nitrogen yang dioksidasi menjadi nitrat
 = Q(Total nitrogen inlet) – NH₄+ outlet – 0,12 (P)
 0,12 = fraksi nitrogen dalam mikroorganisma

Di dalam kebanyakan proses lumpur aktif, oksigen untuk oksidasi biologis polutan organik digunakan udara bebas yang dipompakan dengan blower. Penentuan jumlah udara diperhitungkan dengan dasar jumlah oksigen di dalam udara yaitu sekitar 21% dari jumlah udara. Selain itu, efisiensi difuser harus diperhitungkan.

3.11. Biologi Lumpur Aktif

Proses peruraian polutan organik dalam air limbah dengan sistem lumpur aktif terjadi melalui tahapan pertama adalah oksidasi material organik yang biodegradable dalam tangki aerasi dikonversi menjadi bentuk sel yang baru dalam bentuk flok biomassa, kedua adalah memisahkan flok biomassa yang baru terbentuk dari air limbah.

Flok dalam lumpur aktif mengandung mikroorganisma dan sel bakteri disamping partikel anorganik dan organik. Ukuran flok bervariasi antara <1 µm (ukuran beberapa sel bakteri) sampai dengan 1 000 µm atau lebih (Parker et al., 1971; U.S.EPA, 1987a). Berikut ini adalah beberapa mikroorganisma yang dapat diamati dalam flok lumpur aktif.

3.11.1. Bakteri

Bakteri merupakan unsur utama dalam flok lumpur aktif. Lebih dari 300 jenis bakteri yang dapat ditemukan dalam lumpur aktif. Bakteri tersebut berperan terhadap oksidasi material organik dan transformasi nutrisi. Bakteri akan menghasilkan polisakarida dan material polimer yang membantu flokulasi biomassa. Genus yang umum dijumpai adalah : *Zooglea*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Achromobacter*, *Corynebacterium*, *Comomonas*, *Brevibacterium*, dan *Acinetobacter*, di samping itu ada pula mikroorganisma berfilamen, yaitu *Sphaerotilus* dan *Beggiatoa*, *Vitreoscilla* yang dapat menyebabkan *sludge bulking*. Karena tingkat difusi oksigen

terbatas, jumlah bakteri aktif aerobik menurun karena ukuran flok meningkat (Hanel, 1988). Bagian dalam flok yang relatif besar membuat kondisi berkembangnya bakteri anaerobik seperti metanogen. Kehadiran metanogen dapat dijelaskan dengan pembentukan beberapa kantong anaerobik didalam flok atau dengan metanogen tertentu terhadap oksigen (Wu et al., 1987). Karena itulah flok lumpur aktif baik dan cocok digunakan untuk pembibitan mikroorganisma /seeding bioreaktor anaerobik.

Jumlah total bakteri dalam lumpur aktif standard adalah 10^8 CFU/mg lumpur. Tabel 3.1 menunjukkan beberapa genus bakteri yang ditemui dalam lumpur aktif. Sebagian besar bakteri yang diisolasi teridentifikasi sebagai spesies-spesies *Comamonas-Pseudomonas*. *Caulobacter*, adalah bakteri bertangkai yang umumnya ditemukan dalam air yang rendah kadar organiknya.

Tabel 3.1. Distribusi Bakteri Heterotropik Aerobik Dalam Lumpur Aktif Standard (Hiraishi et al. (1989).

Genus - Kelompok	Persentasi dari total isolat
<i>Comamonas-Pseudomonas</i>	50
<i>Alkaligenes</i>	5,8
<i>Pseudomonas (Kelompok Florescent)</i>	1,9
<i>Paracoccus</i>	11,5
<i>Unidentified (gram negative rods)</i>	1,9
<i>Aeromonas</i>	1,9
<i>Flavobacterium - Cytophaga</i>	13,5
<i>Bacillus</i>	1,9
<i>Micrococcus</i>	1,9
<i>Coryneform</i>	5,8
<i>Arthrobacter</i>	1,9
<i>Aureobacterium-Microbacterium</i>	1,9

Zoogloea adalah bakteri yang menghasilkan exopolysaccharida dengan bentuk seperti jari tangan dan ditemukan dalam air limbah dan lingkungan yang kaya bahan organik (Norberg dan Enfors, 1982; Unz dan Farrah, 1976; Williams dan Unz, 1983). Bakteri ini ditemukan dalam berbagai tahap pengolahan limbah tetapi jumlahnya hanya 0,1-1% dari total bakteri dalam *mixed liquor* (Williams dan Unz, 1983).

3.11.2. Fungi

Lumpur aktif biasanya tidak mendukung kehidupan fungi walaupun beberapa fungi berfilamen kadang-kadang ditemukan dalam flok lumpur aktif. Fungi dapat tumbuh pesat di bawah kondisi pH yang rendah, toksik, dan limbah yang kekurangan nitrogen. Genus yang dominan ditemukan dalam lumpur aktif adalah *Geotrichum*, *Penicillium*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, dan *Alternaria* (Pipes dan Cooke, 1969; Tomlinson dan Williams, 1975). Lumpur ringan (*Sludge Bulking*) dapat dihasilkan oleh pertumbuhan yang pesat *Geotrichum candidum*, yang dirangsang oleh pH rendah dari limbah yang asam.

3.11.3. Protozoa

Protozoa adalah predator yang signifikan dalam lumpur aktif seperti dalam lingkungan akuatik alam (Curds, 1982; Drakides, 1980; Fenchel dan

Jorgensen, 1977; LaRiviere, 1977). Pemakanan bakteri oleh protozoa dapat ditentukan dengan eksperimen pemakanan bakteri yang telah diberi ^{14}C atau ^{35}C atau fluoresen (Hoffmann dan Atlas, 1987; Sherr et al, 1987). Pemakanan bakteri tersebut dapat mereduksi senyawa toksik. Sebagai contoh, *Aspidisca costata* yang memakan bakteri di dalam lumpur aktif dapat menurunkan Kadmium (Hoffmann dan Atlas, 1987). Protozoa yang paling sering ditemukan dalam lumpur aktif adalah *Carchesium*, *Paramecium sp*, *Opercularia sp*, *Chilodonella sp*, *Vortisela sp*, *Aspidisca sp* (Dart dan Stretton, 1980, Edeline, 1988; Eikelboom dan van Buijsen, 1981).

A. Ciliata

Cilia atau bulu getar digunakan untuk pergerakan dan mendorong partikel makanan ke dalam mulut. Ciliata dibagi menjadi tiga, yaitu : Ciliata bebas (*free*), merayap (*creeping*), dan bertangkai (*stalked*). Ciliata bebas (tidak terikat) memakan bakteri bebas yang terbang. Genus yang paling penting sering ditemukan dalam lumpur aktif adalah *Chilodonella*, *Colpidium*, *Blepharisma*, *Euplotes*, *Paramecium*, *Lionotus*, *Trachelophyllum*, dan *Spirostomum*. Ciliata merayap memakan bakteri yang berada di permukaan flok lumpur aktif. Dua genus penting, yaitu : *Aspidisca* dan *Euplotes*. Ciliata bertangkai menempel tangkainya pada flok. Tangkai mempunyai *myoneme* untuk menangkap mangsa. Contoh ciliata bertangkai adalah *Vortisela*, *Carchesium*, *Opercularia*, dan *Epistylis*.

B. Flagellata

Flagellata adalah protozoa yang bergerak dengan satu atau beberapa flagella. Flagellata mengambil makanan melalui mulut atau dengan absorpsi oleh seluruh dinding sel. Beberapa flagellata yang penting yang ditemukan di dalam air limbah adalah *Bodo spp.*, *Pleuromonas spp.*, *Monosiga spp.*, *hexamitus spp.*, dan protozoa berloloni yakni poteriendron spp. (Bitton, 1994).

C. Rhizopoda (Amoebae)

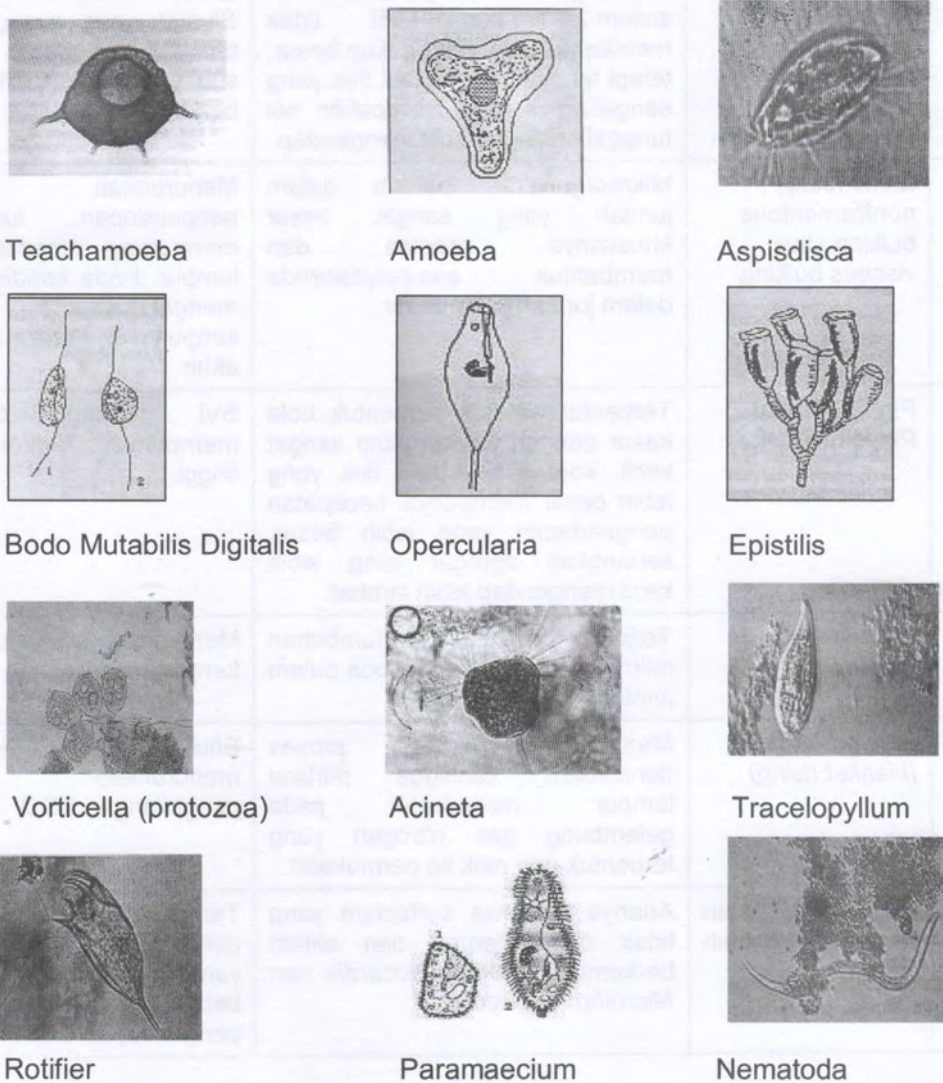
Amoeba bergerak perlahan dengan menggunakan pseudopoda atau kaki semu. Grup ini dibagi menjadi dua kelompok yakni amoeba misalnya *Amoeba proteus* dan thecamoeba yang dikelilingi oleh cangkang (shell) misalnya *Arcella*.

Protozoa berflagella dan ciliata yang berenang bebas umumnya bergabung dengan bakteri dengan konsentrasi yang tinggi ($> 10^8$ sel per ml), sedangkan ciliata bertangkai muncul pada konsentrasi bakteri yang rendah ($< 10^6$ sel per ml). Protozoa mempunyai kontribusi yang besar terhadap penurunan konsentrasi BOD, padatan tersuspensi (*suspended solids*), sejumlah bakteri, termasuk patogen (Cruds, 1975). Komposisi protozoa di dalam lumpur aktif dapat menunjukkan efisiensi penghilangan BOD di dalam proses lumpur aktif. Sebagai contoh, keberadaan ciliata bertangkai (*stalked ciliates*) dan rotifera dalam jumlah yang besar menunjukkan konsentrasi BOD rendah.

3.11.4. Rotifers

Rotifers adalah metazoa (organisma bersel banyak) dengan ukuran bervariasi dari 100 μm - 500 μm . Tubuhnya menancap pada partikel flok dan sering tercabut dari permukaan flok (Doohan, 1975; Eikelboom dan van Buijsen,

1981). Peranan rotifers dalam lumpur aktif adalah : (1) menghilangkan bakteri tersuspensi (contoh : bakteri yang tidak membentuk flok; (2) memberi kontribusi terhadap pembentukan flok melalui pelet kotoran yang dikelilingi oleh rotifers.



Gambar 3.17. Bentuk mikroorganisma yang ada dalam Lumpur aktif.

3.12. Permasalahan Yang Sering Timbul Di dalam Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Lumpur Aktif

Masalah yang sering terjadi pada proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif maupun proses biologis lainnya adalah "*Sludge Bulking*" (Sykes, 1989). *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. Beberapa Masalah yang sering terjadi pada Proses Lumpur Aktif ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.4. Masalah Yang Sering Terjadi Pada Proses Lumpur Aktif.

No	Jenis Masalah	Penyebab Masalah	Pengaruh Terhadap Sistem
1	Pertumbuhan terdispersi (<i>Dispersed Growth</i>)	Mikroorganisma yang ada di dalam sistem lumpur aktif tidak membentuk flok yang cukup besar, tetapi terdispersi menjadi flok yang sangat kecil atau merupakan sel tunggal sehingga sulit mengendap.	Efluen menjadi tetap keruh. <i>Sludge</i> yang mengendap pada bak pengendap akhir kecil sehingga jumlah sirkulasi lumpur berkurang.
2	Slime (Jelly) ; nonfilamentous bulking atau viscous bulking	Mikroorganisma berada dalam jumlah yang sangat besar khususnya zooglea dan membentuk exo-polysacarida dalam jumlah yang besar.	Menurunkan kecepatan pengendapan lumpur dan mengurangi kecepatan kompaksi lumpur. Pada kondisi yang buruk mengakibatkan terlepasnya lumpur di bak pengendapan akhir.
3	Pin Flock atau Pinpoint Flock	Terbentuknya flok berbentuk bola kasar dengan ukuran yang sangat kecil, kompak. Ukuran flok yang lebih besar mempunyai kecepatan pengendapan yang lebih besar, sedangkan agregat yang lebih kecil mengendap lebih lambat.	SVI rendah, dan efluen mempunyai kekeruhan yang tinggi.
4	<i>Filamentous Bulking</i>	Terjadi ekseks pertumbuhan mikroorganisma filamentous dalam jumlah yang besar.	Mengurangi efektifitas kompaksi lumpur.
5	<i>Rising Sludge (blanket rising)</i>	Merupakan ekseks proses denitrifikasi sehingga partikel lumpur menempel pada gelembung gas nitrogen yang terbentuk dan naik ke permukaan.	Efluen yang keruh dan menurunkan efisiensi penghilangan BOD.
6	Foaming atau pembentukan buih (<i>scum</i>)	Adanya senyawa surfactant yang tidak dapat terurai dan akibat berkembangbiaknya <i>Nocardia</i> dan <i>Microthrix parvicella</i>	Terjadi buih pada permukaan bak aerasi dalam jumlah yang besar yang dapat melampaui ruang bebas dan melimpah ke bak pengendapan akhir.

3.12.1. Pertumbuhan Terdispersi (*Dispersed Growth*)

Di dalam proses lumpur aktif yang beroperasi dengan baik, bakteri yang tidak bergabung dalam bentuk flok biasanya dikonsumsi oleh protozoa. Adanya bakteri dalam bentuk dispersi sel yang tidak bergabung dalam bentuk flok dalam jumlah yang besar akan mengakibatkan efluen yang keruh. Fenomena pertumbuhan terdispersi ini berhubungan dengan kurang fungsinya bakteri pembentuk flok (*Floc-forming bacteria*) dan hal ini disebabkan karena beban Organik (BOD) yang tinggi dan kurangnya suplai udara atau oksigen. Selain itu senyawa racun misalnya logam berat juga dapat menyebabkan pertumbuhan terdispersi (*dispersed growth*) di dalam proses lumpur aktif.

3.12.2. *Nonfilamentous Bulking*

Fenomena *nonfilamentous bulking* ini juga sering disebut zooglycal bulking yakni terjadinya eksese produksi exopolysaccharida oleh bakteri misalnya zooglyca. Hal ini menyebabkan mengurangi efektifitas pengendapan serta kompaksi lumpur. Fenomena nonfilamentous bulking ini dapat dicegah dengan proses klorinasi (Chudoba, 1989).

3.12.3. *Pinpoint Floc*

Gejala *pinpoint floc* adalah gejala dimana flok lumpur aktif pecah menjadi flok-flok yang halus dan ikut keluar di dalam efluen sehingga air olahan menjadi keruh. Menurut beberapa peneliti mengatakan bahwa bakteri filamentous merupakan mikroorganisma utama yang menyusun flok di dalam sistem lumpur aktif sehingga keberadaannya dalam jumlah yang sedikit dapat mengakibatkan flok yang terbentuk kurang baik yang berakibat efisiensi pengendapan flok lumpur berkurang dan efluen menjadi keruh.

3.12.4. *Lumpur Yang Mengambang (Rising Sludge)*

Indikasi yang dapat dilihat adalah terjadinya lumpur yang mengambang pada permukaan bak pengendapan akhir. Gangguan ini disebabkan karena terjadinya eksese denitrifikasi yang berlebihan yang mengakibatkan suasana anoxic di dalam bak pengendapan akhir. Selain itu gas nitrogen yang terjadi akibat proses denitrifikasi akan keluar ke atas dan akan mengikat flok lumpur aktif dan lumpur akan mengambang di permukaan sehingga efluen menjadi keruh. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut yakni dengan cara mengurangi waktu tinggal sludge dengan cara meningkatkan laju sirkulasi lumpur di dalam bak pengendap.

3.12.5. *Filamentous Bulking*

Beberapa jenis bakteri tumbuh di dalam gugusan filament yang mengandung sel yang sangat banyak atau bahkan melewati dinding-dinding filament yang mana dapat ditengarai sebagai sel multinucleate panjang (Brock, 1970). Bakteri Tipe 021N adalah merupakan mikroorganisma filament yang paling sering ditemui di dalam lumpur aktif pada kondisi bulking. Penggunaan berbagai jenis sumber karbon dan nitrogen serta pencapaian laju pertumbuhan maksimum pada kondisi konsentrasi substrat yang rendah menunjang organisma ini berkompetisi secara efektif di dalam sistem lumpur aktif (Williams and Unz, 1989).

Karakteristik mikroorganisma tersebut ditempatkan sesuai di dalam genus *Thiothrix* dan *Leucothrix*. Williams and Unz (1989) telah melakukan studi karakteristik nutrisi dari bakteri sulfur filament (*Thiothrix*, *Beggiatoa* dan *Leucothrix*). Asam organik adalah merupakan sumber karbon yang penting bagi pertumbuhan bakteri sulfur filament. Bakteri tersebut tidak dapat berkembang dengan baik pada pH yang rendah. Mikroorganisma dengan tipe yang sama sering ditemukan di dalam lumpur aktif pada kondisi bulking atau terjadi buih (*foaming*). *Nocardia amarae* adalah tipe organisma filament yang sering dijumpai di dalam buih (*foam*).

3.12.6. Pembentukan Buih atau Busa (*Foaming or Scum Formation*)

Indikasi yang terlihat adalah terbentuknya buih pada permukaan bak aerasi dalam jumlah yang besar yang dapat melampaui ruang bebas dan melimpah ke bak pengendapan akhir. Hal ini disebabkan adanya senyawa *surfactant* yang tidak dapat terurai dan akibat berkembangbiaknya *Nocardia* dan *Microthrix parvicella*.

Pembentukan buih (*foaming*) dan pengendapan lumpur yang buruk adalah dua masalah yang sering terjadi di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif. Istilah *bulking* di dalam proses lumpur aktif adalah pertumbuhan mikroorganisma tertentu yang tidak terkendali dalam jumlah yang besar. Dalam hal ini berkembangnya mikroorganisma filament dalam jumlah yang besar di dalam bak aerasi sehingga mempengaruhi pengendapan dan kompaksi atau pemadatan lumpur. Struktur mikroorganisma filament yang menyerupai rajutan berkembang di dalam air limbah yang ada di dalam bak aerasi sehingga menyebabkan struktur flok yang menyebar dan membentuk jembatan antar flok (Ekama and Marais, 1984). Akibatnya volume masa lumpur menjadi sangat besar dan sangat sulit mengendap. Walaupun lumpur yang mengalami *bulking* (*bulking sludge*) mengendap lebih lambat dibandingkan dengan lumpur yang normal, menghasilkan efluen yang sangat jernih. Bahkan pada saat terjadi *bulking* yang hebat masih menghasilkan efluen yang sangat jernih karena sejumlah besar organisma filament dapat menyaring partikel kecil yang menyebabkan kekeruhan.

Lumpur yang mengalami *bulking* dapat mengakibatkan implikasi yang lebih luas selain masalah kesulitan pengendapan di dalam bak pengendap akhir (*clarifier*). Pengendapan yang buruk dapat juga mengakibatkan efluen yang buruk akibat terjadinya pelimpasan padatan yang besar (*solids carryover*) dari bak pengendapan akhir. Efluen yang keruh yang mengandung padatan yang cukup besar selain disebabkan oleh pengendapan flok yang kurang baik dapat juga disebabkan karena terjadinya kondisi anoksik di dalam bak pengendap akhir akibat terjadinya akumulasi lumpur yang besar. Dengan terjadinya kondisi anoksik maka akan terjadi proses denitrifikasi yang akan menghasilkan gelembung gas nitrogen yang dapat mengangkat flok lumpur ke permukaan. Kompaksi lumpur yang buruk mengakibatkan volume buangan lumpur menjadi besar dengan sifat pemekatan yang buruk yang mempengaruhi proses pengendapan secara gravitasi atau flotasi udara (Bratby, 1977). Selain itu dapat mempengaruhi proses dewatering dengan *centrifuges* atau *belt press* (Osborn *et al.*, 1986).

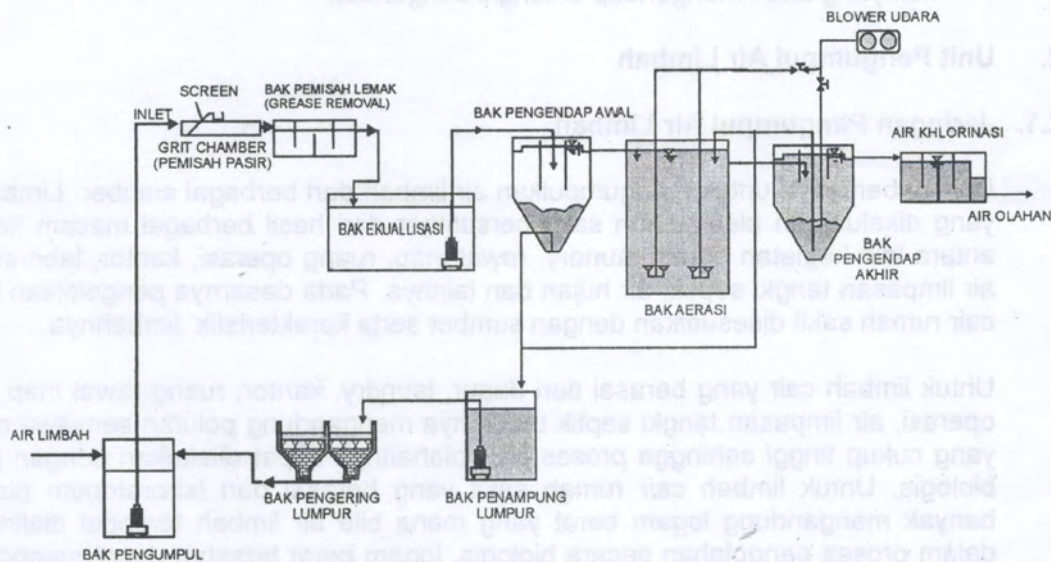
Hal yang penting lagi adalah kompaksi lumpur yang buruk mengakibatkan konsentrasi padatan di dalam lumpur balik (*return sludge*) ke bak aerasi rendah, sehingga menyebabkan kesulitan dalam mempertahankan konsentrasi MLSS di dalam bak aerasi sesuai dengan konsentrasi yang diharapkan. Akibat lebih lanjut adalah menurunnya efisiensi pengolahan atau kualitas efluen. Untuk mengontrol ketinggian selimut lumpur (*sludge blanket*) di dalam bak pengendap akhir maka diperlukan pembuangan lumpur yang lebih banyak dibandingkan dengan kondisi normal. Akibat lanjut adalah penurunan yang cepat konsentrasi MLSS di dalam bak aerasi.

BAB IV

PERALATAN YANG DIGUNAKAN UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH DENGAN PROSES AEROBIK LUMPUR AKTIF

4.1. Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Proses Lumpur Aktif

Tipikal proses pengolahan air limbah rumah sakit atau limbah layanan kesehatan dengan sistem lumpur aktif dapat dilihat seperti pada gambar 4.1. Secara urutan proses dapat dibagi menjadi dua yaitu pengolahan primer dan pengolahan sekunder.



Gambar 4.1. Diagram pengolahan air limbah rumah sakit atau layanan kesehatan dengan proses lumpur aktif.

Pengolahan primer yang terdiri dari antara lain :

- Bak pengumpul,
- Screen atau saringan untuk memisahkan kotoran padat,
- Bak pemisah pasir atau grid chamber,
- Bak pemisah minyak atau lemak,
- Bak ekualisasi.
- Bak Pengendap awal.

Sedangkan pengolahan sekunder merupakan unit atau peralatan standard yang digunakan dalam proses lumpur aktif meliputi:

- Tangki aerasi tempat bereaksinya air limbah dengan mikroorganisma pengurai air limbah. Mikroorganisma tersuspensi yang ada dalam air limbah dinamakan activated sludge.

- Bak pengendap untuk memisahkan air limbah yang telah dimurnikan dari lumpur mikroorganisma.
- Sistem sirkulasi untuk membalikkan sebagian lumpur dari bak pengendap ke tangki aerasi. Sirkulasi ini digunakan untuk menjaga konsentrasi mikroorganisma dalam tangki aerasi. Tinggi rendahnya konsentrasi mikroorganisma dalam tangki aerasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi pengolahan.
- Sistem pengolahan dan pembuangan kelebihan lumpur sebagai akibat dari pertumbuhan mikroorganisma.
- Peralatan pemasok udara seperti blower dan difuser udara.
- Sistem pengadukan seperti untuk membuat campuran mikroorganisma dan air limbah homogen serta tidak mencegah pengendapan lumpur dalam tangki aerasi. Sistem ini tidak perlu digunakan apabila suplai udara dalam kolam aerasi sudah cukup besar dan tidak terjadi pengendapan. Udara disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki pengendap.

4.2. Unit Pengumpul Air Limbah

4.2.1. Jaringan Pengumpul Air Limbah

Unit ini berfungsi untuk mengumpulkan air limbah dari berbagai sumber. Limbah cair yang dikeluarkan oleh rumah sakit bersumber dari hasil berbagai macam kegiatan antara lain kegiatan dapur, laundry, rawat inap, ruang operasi, kantor, laboratorium, air limpasan tangki septik, air hujan dan lainnya. Pada dasarnya pengelolaan limbah cair rumah sakit disesuaikan dengan sumber serta karakteristik limbahnya.

Untuk limbah cair yang berasal dari dapur, laundry, kantor, ruang rawat inap, ruang operasi, air limpasan tangki septik umumnya mengandung polutan senyawa organik yang cukup tinggi sehingga proses pengolahannya dapat dilakukan dengan proses biologis. Untuk limbah cair rumah sakit yang berasal dari laboratorium biasanya banyak mengandung logam berat yang mana bila air limbah tersebut dialirkan ke dalam proses pengolahan secara biologis, logam berat tersebut dapat mengganggu proses pengolahannya. Oleh karena itu untuk pengelolaan limbah cair rumah sakit yang berasal dari laboratorium dilakukan dengan cara dipisahkan dan ditampung, kemudian diolah secara kimia-fisika, selanjutnya air olahannya dialirkan bersama-sama dengan air limbah yang lain, dan selanjutnya diolah dengan proses pengolahan secara biologis.

Pengaliran air limbah dapat dilakukan dengan cara gravitasi, dengan cara pemompaan atau dengan kombinasi aliran gravitasi dan pemompaan.

Sistem pembuangan air limbah dari dalam bangunan meliputi :

- (1) Sistem Campuran.
Yaitu sistem pembuangan, dimana air limbah dan air bekas dikumpulkan dan dialirkan ke dalam suatu saluran.
- (2) Sistem terpisah.
Yaitu sistem pembuangan, dimana air limbah dan air bekas masing-masing dikumpulkan dan dialirkan secara terpisah. Sistem pembuangan air limbah

disambungkan ke IPAL, dan sistem pembuangan air bekas disambungkan ke riol umum bila dimungkinkan.

Cara pengaliran jaringan pembuangan air limbah, terdiri dari :

(1) Sistem gravitasi.

Sistem ini air limbah mengalir dari tempat yang lebih tinggi secara gravitasi ke saluran IPAL atau saluran umum yang letaknya lebih rendah.

(2) Sistem bertekanan.

Bila IPAL letaknya lebih tinggi dari letak saluran pembuangan air limbah, air limbah dikumpulkan lebih dahulu dalam suatu bak penampungan atau bak kontrol kemudian dipompakan ke IPAL

(3) Sistem gabungan kombinasi aliran gravitasi dan pemompaan

4.2.2. Ukuran Pipa Jaringan

Di Indonesia ukuran-ukuran sistem pembuangan ditentukan berdasarkan nilai unit alat plambing, sebagaimana dinyatakan dalam SNI 03-6481-2000m Sistem Plambing 2000. Nilai unit alat plambing dapat dilihat pada Tabel 4.1. Ukuran pipa pembuangan ditentukan berdasarkan jumlah beban unit alat plambing maksimum yang diizinkan untuk setiap diameter pipa dan kemiringan pipa, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1. Unit Beban Alat Plambing Untuk Air Buangan/Limbah.

	Alat Plambing atau Kelompok Alat Plambing	Nilai Unit Beban Alat Plambing
1	Kelompok alat plambing di dalam kamar mandi yang terdiri dari bak cuci tangan, bak mandi atau dus dan kloset dengan katup penggelontor langsung	8
2	Kelompok alat plambing di dalam kamar mandi yang terdiri dari bak cuci tangan, bak mandi atau dus dan kloset dengan katup pengglontor.	6
3	Bak mandi dengan perangkap 40 mm	2
4	Bak mandi dengan perangkap 50 mm.	3
5	Bidet dengan perangkap 40 mm	3
6	Gabungan bak cuci dan bak cuci pakaian dengan perangkap 40 mm.	3
7	Gabungan bak cuci dan bak cuci pakaian yang memakai unit penggerus sisa makanan (perangkap 40 mm terpisah untuk tiap unit).	4
8	Unit dental atau peludahan	1
9	Bak cuci tangan untuk Dokter gigi.	1
10	Pancaran air minum	0,5
11	Mesin cuci piring untuk rumah tangga.	2
12	Lubang pengering lantai	1
13	Bak cuci dapur untuk rumah tangga	2
14	Bak cuci dapur untuk rumah tangga dengan unit penggerus sisa makanan.	3

15	Bak cuci tangan dengan lubang pengeluaran air kotor sebesar 40 mm.	2
16	Bak cuci tangan dengan lubang pengeluaran air kotor sebesar 25 mm atau 32 mm..	1
17	Bak cuci tangan untuk pemangkas rambut , salon kecantikan, kamar bedah.	2
18	Bak cuci tangan jenis majemuk seperti pancuran cuci atau bak cuci, untuk tiap unit bak cuci tangan setaraf.	2
19	Bak cuci pakaian (1 atau 2 bagian).	2
20	Dus pada ruang dus.	2
21	Dus pada kelompok dus untuk tiap dus	3
22	Bak cuci untuk kamar bedah	8
23	Bak cuci jenis penggelontor bibir atau katup glontor langsung.	3
24	Bak cuci jenis umum dipakai dengan pengeluaran dan perangkap pada lantai	4
25	Bak cuci seperti pot, ruang cuci atau sejenis.	2
26	Bak cuci jenis umum yang dipakai dengan pengeluaran dan perangkap P.	8
27	Peturasan dengan katup gelontor 25 mm	4
28	Peturasan dengan katup gelontor 20 mm	4
29	Peturasan dengan tangki gelontor.	8
30	Kloset dengan katup gelontor.	1
31	Kloset dengan tangki gelontor	1
32	Kolam renang untuk tiap volume 3,5 m3	1
33	Alat plambing yang tak tercantum disini dengan pengering atau perangkap berukuran 32 mm.	1
34	Alat plambing yang tak tercantum disini dengan pengering atau perangkap berukuran 40 mm.	2
35	Alat plambing yang tak tercantum disini dengan pengering atau perangkap berukuran 50 mm.	3
36	Alat plambing yang tak tercantum disini dengan pengering atau perangkap berukuran 65 mm.	4
37	Alat plambing yang tak tercantum disini dengan pengering atau perangkap berukuran 80 mm.	5
38	Alat plambing yang tak tercantum disini dengan pengering atau perangkap berukuran 100 mm.	6

Tabel 4.2. Beban Maksimum Yang Diizinkan Untuk Perpipaan Air Buangan/Limbah (Dinyatakan Dalam Unit Beban Alat Plambing)

Ukuran diameter pipa (mm)	Saluran Air Buangan/Limbah Gedung dari Riol air limbah gedung			
	Kemiringan (%)			
	0,5	1	2	4
40 1)				
50 2)			21	26
63 3)			24	31
75			216	250
110		180	422	500
125		390	480	575
150		700	840	1000

200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
315	3000	4600	5600	6700
375	7000	8300	10000	12000

Keterangan :

- 1) Tidak diizinkan untuk kloset.
- 2) Diizinkan untuk tidak boleh lebih dari 2 (dua) kloset.
- 3) Diizinkan untuk tidak boleh lebih dari 6 (enam) kloset.

4.2.3. Bak Kontrol.

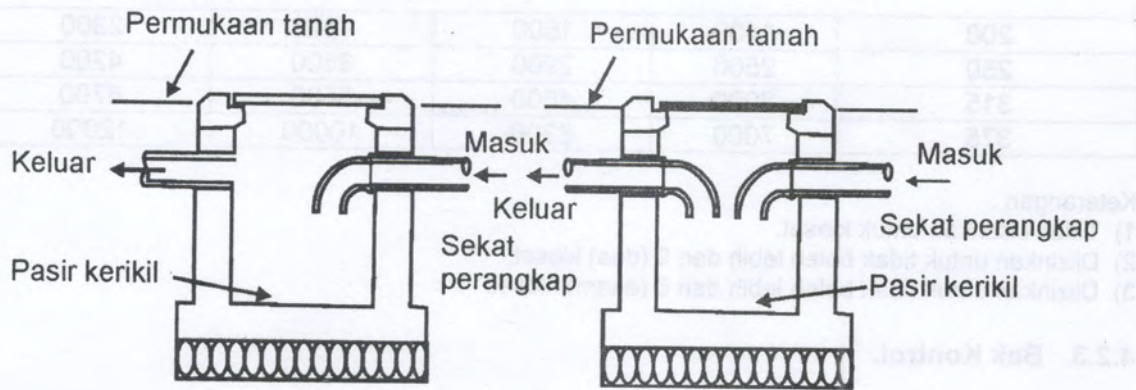
A. Umum

- 1) Limbah akan mengendap pada dasar dari dinding pipa pembuangan setelah digunakan untuk jangka waktu lama. Di samping itu kadang-kadang ada juga benda-benda kecil yang sengaja atau tidak jatuh dan masuk ke dalam pipa. Semuanya itu akan menyebabkan tersumbatnya pipa, sehingga perlu dilakukan tindakan pengamanan.
- 2) Pada saluran pembuangan di halaman dipasang bak kontrol.
- 3) Untuk pipa yang ditanam dalam tanah, bak kontrol yang lebih besar akan memudahkan pekerjaan pembersihan pipa. Penutup bak kontrol harus rapat agar tidak membocorkan gas dan bau dari dalam pipa pembuangan.

B. Pemasangan

- 1) Bak kontrol harus dipasang di tempat yang mudah dicapai, dan sekelilingnya cukup luas untuk orang melakukan pembersihan pipa.
- 2) Untuk pipa ukuran sampai 65 mm, jarak bebas sekeliling bak kontrol sekurang-kurangnya 30 cm, dan untuk ukuran pipa 75 cm dan lebih besar jarak tersebut sekurang-kurangnya 45 cm.
- 3) Bak kontrol harus dipasang pada lokasi sebagai berikut :
 - a) Awal dari cabang mendatar.
 - b) Pada pipa mendatar yang panjang.
 - c) Pada tempat dimana pipa pembuangan membelok dengan sudut lebih dari 45°.
 - d) Pada beberapa tempat sepanjang pipa pembuangan yang ditanam dalam tanah.
- 4) Jarak antara bak kontrol sepanjang pipa pembuangan untuk pipa ukuran sampai 100 mm tidak boleh lebih dari 15 m, sedangkan untuk pipa ukuran lebih besar tidak boleh lebih dari 30 m.

Contoh konstruksi bak kontrol air limbah dapat dilihat seperti pada Gambar 4.2.

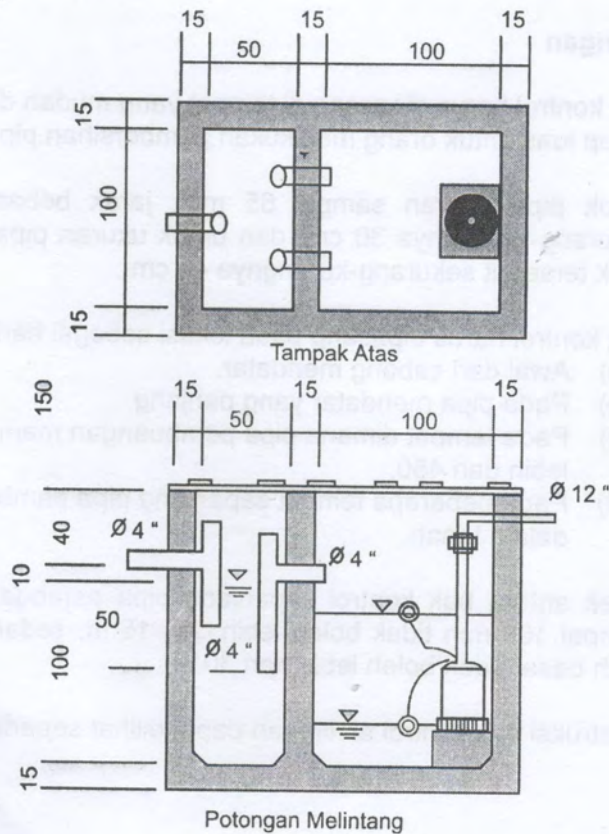


Gambar 4.2. Contoh konstruksi bak kontrol.

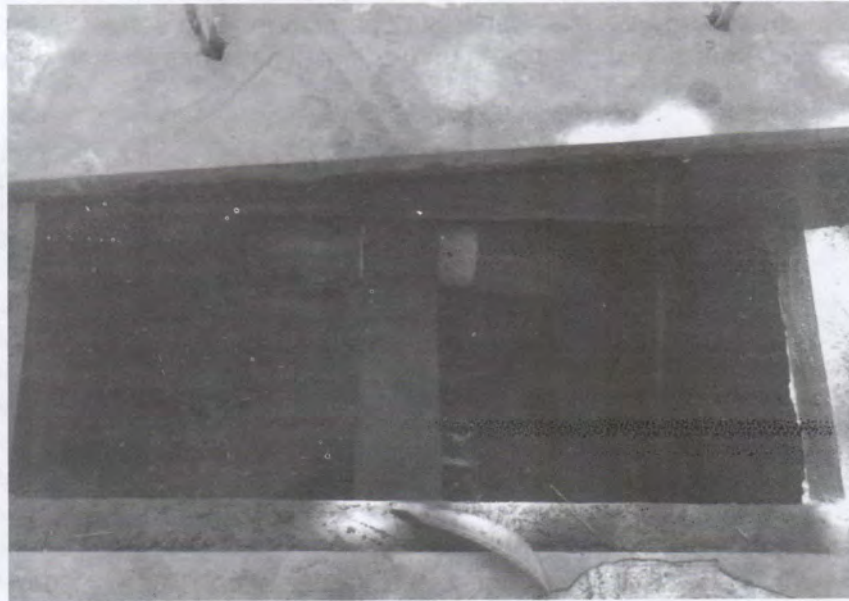
4.2.4. Bak Pengumpul Air Limbah

Jika sumber limbah terpecah-pecah dan tidak memungkinkan untuk dialirkan secara gravitasi maka pengumpulan air limbah dari sumber yang berdekatan dapat dikumpulkan terlebih dahulu ke dalam suatu bak pengumpul, selanjutnya di pompa ke bak pemisah minyak/lemak atau bak ekualisasi. Bak pengumpul dapat juga berfungsi untuk memisahkan pasir atau lemak serta kotoran padatan yang dapat menyebabkan hambatan terhadap kinerja pompa.

Salah satu contoh tipikal konstruksi bak pengumpul dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4.3. Salah satu contoh tipikal konstruksi bak pengumpul.



Gambar 4.4. Photo tipikal bak pengumpul air limbah.

4.3. Bak Saringan (Screen Chamber)

Di dalam proses pengolahan air limbah, *screening* (saringan) atau saringan dilakukan pada tahap yang paling awal. Saringan untuk penggunaan umum (*general purpose screen*) dapat digunakan untuk memisahkan bermacam-macam benda padat yang ada di dalam air limbah, misalnya kertas, plastik, kain, kayu dan benda dari metal serta lainnya.

Benda- benda tersebut jika tidak dipisahkan dapat menyebabkan kerusakan pada sistem pemompaan dan unit peralatan pemisah lumpur (*sludge removal equipment*) misalnya weir, block valve, nozzle, saluran serta perpipaan. Hal tersebut dapat menimbulkan masalah yang serius terhadap operasional maupun pemeliharaan peralatan. Saringan yang halus kadang-kadang dapat juga digunakan untuk memisahkan padatan tersuspensi.

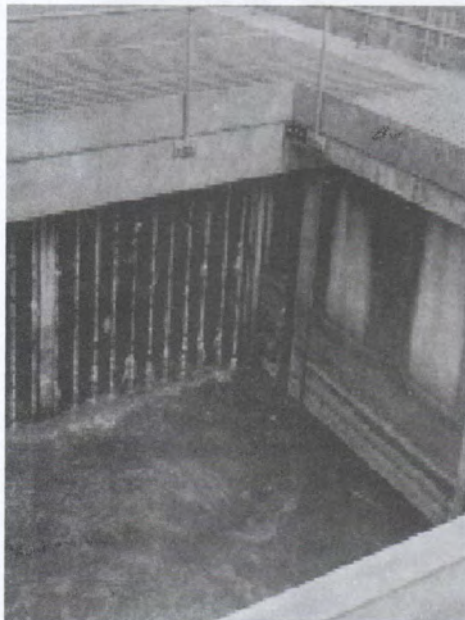
Screen chamber terdiri dari saluran empat persegi panjang, dasar saluran biasanya 7 –15 cm lebih rendah dari saluran inlet (*incoming sewer*). *Screen chamber* harus dirancang sedemikian rupa agar tidak terjadi akumulasi pasir (*grit*) atau material yang berat lainnya di dalam bak. Jumlah bak minimal 2 buah untuk instalasi dengan kapasitas yang besar.

Struktur inlet umumnya divergen (melebar) untuk mendapatkan *head loss* yang minimum. Beberapa contoh bentuk *screen chamber* dapat dilihat seperti pada Gambar 4.5.

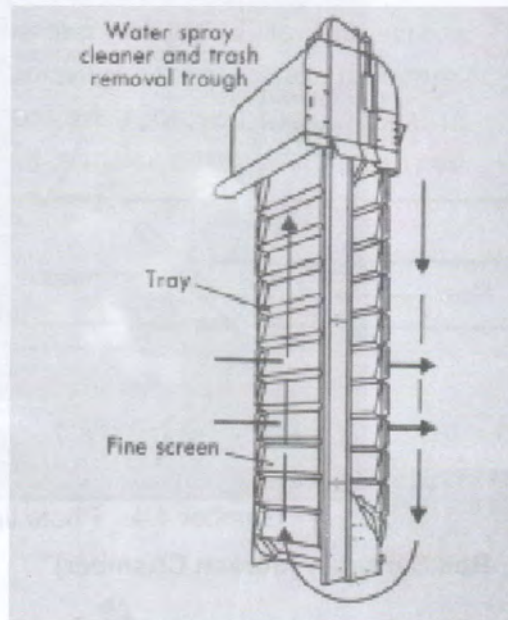
4.3.1. Tipe Screen

Screen atau saringan dapat dikelompokkan menjadi dua yakni saringan kasar (*coarse screen*) dan saringan halus (*fine screen*). Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umum digunakan antara lain : bar rack atau bar screen, coarse woven – wire screen dan comminutor. Saringan halus (*fine screen*) mempunyai bukaan (*opening screen*) 2,3 – 6 mm, ada juga yang mempunyai bukaan

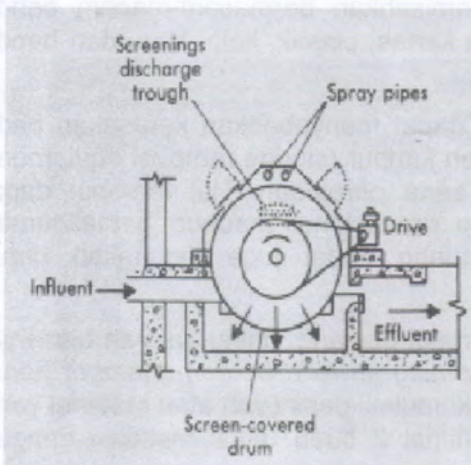
yang lebih kecil dari 2,3 mm. Biasanya untuk saringan halus pembersihannya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe screen yang sangat halus (micro screen) juga telah banyak dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder.



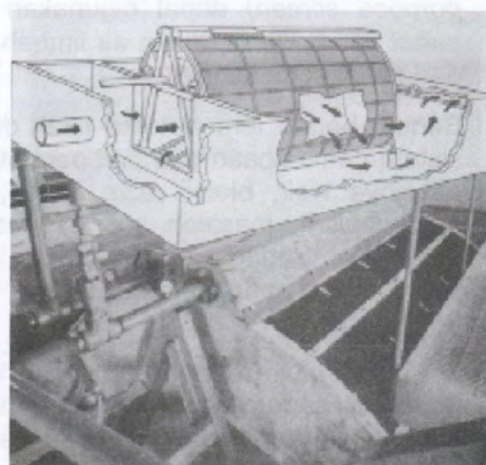
a. intake bar rack



b. traveling screen



c. drum screen



d. microstrainer

Gambar 4.5. Beberapa jenis penyaring yang sering digunakan dalam sistem pengolahan. (a) intake bar rack , (b) traveling screen, (c) rotary drum screen, (d) microstrainer

Bar screen terdiri dari batang baja yang dilas pada kedua ujungnya terhadap dua batang baja horizontal. Penggolongan bar screen yakni kasar, halus dan sedang tergantung dari jarak antar batang (bar). Saringan halus (fine screen) jarak antar batang 1,5 – 13 mm, saringan sedang (medium screen) jarak antar batang 13 – 25 mm, dan saringan kasar (coarse scrr) jarak antar batang 32 – 100 mm.

Saringan halus (*fine screen*) terdiri dari *fixed screen* dan *movable screen*. *Fixed* atau *static screen* dipasang permanen dengan posisi vertikal, miring atau horizontal. *Movable screen* dibersihkan harus secara berkala. Kedua tipe saringan halus tersebut juga dapat menghilangkan padatan tersuspensi, lemak dan kadang dapat meningkatkan oksigen terlarut (DO level) air limbah.

Berapa deskripsi untuk saringan kasar (*coarse screen*) dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Deskripsi Saringan Kasar (*coarse screen*)

Tipe	Lokasi	Diskripsi
Bar Rack atau Bar Screen	Di depan stasiun pompa atau unit pemisah pasir (grit chamber)	Bar screen dapat dibersihkan secara manual atau mekanik. Untuk pembersihan secara manual biasanya digunakan untuk instalasi pengolahan air limbah kapasitas kecil.
Coarse woven-wire screen	Di belakang bar screen atau di depan trickling filter.	Bentuknya bermacam-macam : datar, keranjang, sangkar (cage), disk. Digunakan untuk memisahkan padatan dengan ukuran yang relatif kecil. Pembersihan dilakukan dengan cara mengambil saringan dari bak atau saluran. Ada tipe yang menggunakan screen yang dapat digerakkan atau dipindahkan seperti pada saringan halus. Padatan yang tersaring dipisahkan secara kontinu kedalam penampung, bukaan screen bervariasi antara 3 –20 mm tergantung kebutuhan.
Comminutor	Digabungkan dengan saringan kasar (<i>coarse screen</i>)	Comminutor terdiri dari peralatan seperti grinder dan memotong material yang tertangkap oleh screen. Comminutor dilengkapi dengan gigi pemotong atau peralatan pencacah dalam drum yang berputar.

4.3.2. Kriteria Perencanaan Bar Screen

Bar screen biasanya digunakan untuk fasilitas pengolahan air limbah dengan skala sedang atau skala besar. Pada umumnya terdiri dari screen chamber (bak) dengan struktur inlet dan outlet, serta peralatan saringan (screen). Bentuknya dirancang sedemikian rupa agar memudahkan untuk pembersihan serta pengambilan material yang tersaring.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan bar screen antara lain yakni :

- Kecepatan atau kapasitas rencana.
- Jarak antar bar
- Ukuran Bar (batang).
- Sudut Inclinasi.
- Head loss yang diperbolehkan.

Kriteria perencanaan bar screen dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Kriteria desain untuk bar screen.

Kriteria Desain	Pembersihan Manual	Pembersihan Mekanis
Kecepatan aliran melalui screen (m/det)	0.3 – 0,6	0,6 – 1,0
Ukuran Bar (batang)		
Lebar (mm)	4 – 8	8 – 10
Tebal (mm)	25 - 50	50 - 75
Jarak antar bar (batang) (mm)	25 - 75	75 - 85
Slope dengan horizontal (derajat)	45 - 60	75 – 85
Head loss yang dibolehkan, clogged screen (mm)	150	150
Maksimum head loss, clogged screen (mm)	800	800

4.3.3. Head Loss di dalam Bar Screen

Head loss melalui bar screen (rack) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$H_L = \beta (w/b)^{4/3} hv \sin \theta \tag{4.1}$$

Persamaan 4.1 di atas hanya berlaku untuk saringan (*screen*) yang bersih. Untuk head loss melalui saringan bersih atau setengah kotor (*partly clogged*) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$H_L = \frac{V^2 - v^2}{2g} \left(\frac{1}{0,7} \right) \tag{4.2}$$

Selain rumus di atas head loss melalui bar screen dapat dihitung berdasarkan rumus orifice sebagai berikut :

$$H_L = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2 \tag{4.3}$$

Dimana :

- H_L = head loss melalui bar screen (m)
- V = kecepatan aliran sebelum melewati bar screen (m/detik)
- v = kecepatan aliran pada saat melalui bar screen (m/detik)
- W = lebar *cross section* maksimum dari bar screen yang menghadap arah aliran (m)
- b = Bukaan screen (clear spacing) minimum dari bar (m)
- hv = Velocity head dari aliran yang menuju bar (m)
- θ = sudut bar (batang) dengan horizotal (derajat)
- Q = Debit aliran melalui screen (m³/detik)
- A = Luas efektif bukaan screen yang tercelup (m²)
- C = Koefisien discharge, besarnya 0,6 untuk screen bersih.

4.4. Bak Pemisah Pasir (*Grit Chamber*)

4.4.1. Fungsi

Di dalam proses pengolahan air limbah pasir, kerikil halus, dan juga benda-benda lain misalnya kepingan logam, pecahan kaca, tulang, dan lain lain yang mana tidak dapat membusuk, harus dipisahkan terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk :

- Melindungi kerusakan pada peralatan mekanik seperti pompa, flow meter dll agar tidak terjadi abrasi atau kebuntuan.
- Untuk menjaga atau mencegah kebuntuan di dalam sistem perpipaan dan terjadinya pengendapan di dalam saluran.
- Untuk mencegah pengerasan (*cementing*) di dasar bak pengendapan awal atau bak pengolah lumpur (*sludge digested*).
- Untuk mengurangi atau menghilangkan akumulasi dari material inert yang tidak dapat terurai di dalam bak aerasi atau reaktor biologis serta bak pengolah lumpur yang akan mengakibatkan kerugian volume (*loss of usable volume*).

4.4.2. Lokasi dan Bentuk Bak Pemisah Pasir (*Grit Chamber*)

Lokasi dan bentuk kolam pemisah pasir harus ditentukan dengan pertimbangan sebagai berikut :

Kolam pemisah pasir harus dibangun dekat titik penyadapan (*intake*). Untuk kapasitas yang besar umumnya dibangun dalam tanah sedangkan untuk kapasitas kecil dapat juga dibangun di atas tanah.

- Bentuk kolam harus persegi panjang (*rectangular*) atau melebar pada bagian pemasukan (*inflow*) dan menyempit pada bagian pengeluaran (*out flow*).
- Untuk kapasitas yang besar, jumlah kolam pemisah pasir harus lebih dari dua buah tetapi jika memakai satu buah saja harus dibagi menjadi dua atau dilengkapi dengan saluran pintas (*by pass*).

Untuk Bak dengan bentuk persegi panjang (*rectangular basin*), panjang bak dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L = K \left[\frac{H}{U} V \right]$$

Dimana :

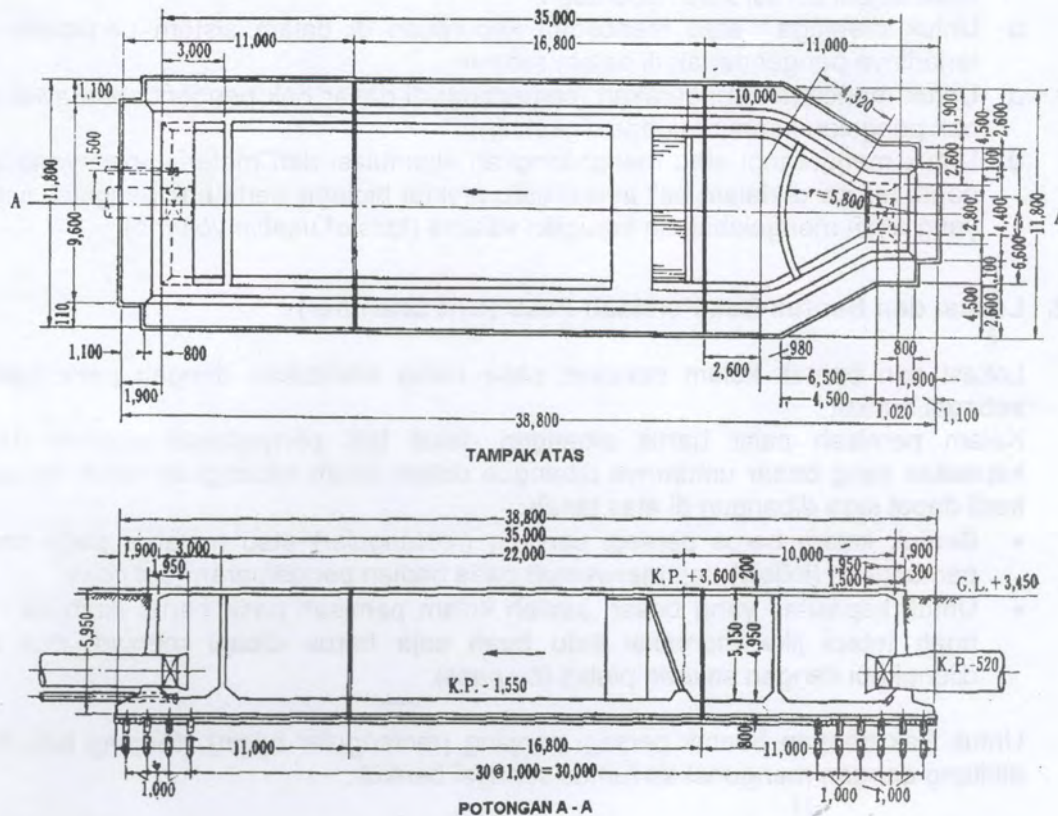
- L = Panjang bak (meter)
- H = Kedalaman efektif air di dalam bak (meter)
- U = Kecepatan pengendapan partikel yang akan dipisahkan (cm/det).
- V = Kecepatan rata-rata aliran di dalam bak (cm/det)
- K = Koefisien (*safety rate*) besarnya 1,5 – 2,0

- Ukuran partikel pasir atau kerikil yang dapat dipisahkan bervariasi antara 0,1 – 0,2 mm.
- Lebar bak umumnya 1/3 – 1/8 kali panjang bak.
- Sudut ekspansi pada bagian pemasukan 40° - 60°.

Contoh tipikal konstruksi bak pemisah pasir (*grit chamber*) dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Untuk menentukan tata letak bak pemisah pasir, pertimbangan yang utama adalah untuk melindungi kerusakan pada peralatan mekanik seperti pompa dll. Oleh karena

itu umumnya bak pemisah pasir (*grit chamber*) diletakkan atau dipasang sebelum pompa air baku limbah (*raw sewage pump*). Tetapi kadang-kadang kondisi saluran terlalu dalam untuk peletakan bak pemisah pasir, maka untuk kondisi yang demikian bak pemisah pasir diletakkan sesudah pompa atau digabungkan dengan bak pengendapan awal. Keuntungan atau kerugian mengenai berbagai letak bak pemisah pasir dirangkum seperti pada Tabel 4.5.



Gambar 4.6. Salah satu contoh konstruksi bak pemisah pasir (*grit chamber*).

Tabel 4.5. Keuntungan atau kerugian mengenai berbagai letak bak pemisah pasir.

Lokasi Bak pemisah Pasir	Keuntungan	Kerugian
Sebelum pompa air limbah	Perlindungan terhadap kerusakan pompa maksimum	Seringkali konstruksinya terletak di dalam tanah sehingga biaya konstruksi lebih mahal, dan pengambilan pasir (<i>grit</i>) ke permukaan lebih susah.
Sesudah Pompa	Tidak terlalu masuk ke dalam tanah dan pengambilan material endapan lebih mudah.	Kadang-kadang terjadi masalah pada pemakaian pompa. Operasi pompa tidak normal.
Digabungkan dengan bak pengendap awal	Biasanya biaya konstruksi lebih murah, pemeliharaan dan pembersihan mudah.	Perlindungan terhadap pompa kurang.

4.4.3. Struktur Bangunan

Struktur bangunan biasanya menggunakan konstruksi beton bertulang.

- Waktu tinggal (*residence time*) standar 10 - 20 menit.
- Kecepatan aliran horizontal dalam kolam rata-rata 2 -7 cm/detik.
- Tinggi permukaan air maksimum dalam bak harus diatur lebih rendah dari permukaan air minimum di titik penyadapan.
- Kedalaman efektif bak antara 3 - 4 meter.
- Jarak antara tinggi permukaan air maksimum dalam bak dengan bibir bak yakni 60 - 100 cm.

4.4.4. Tipe Bak pemisah Pasir

Pemilihan tipe bak pemisah pasir didasarkan pada beberapa faktor antara lain yakni jumlah dan kuantitas pasir (grit), serta pengaruh grit terhadap peralatan pengolahan. Bak pemisah pasir umumnya dikategorikan dalam dua jenis yaitu : tipe *selective removal* dan tipe pemisah pasir dan menghilangkan organik yang ada di dalam air limbah.

Pasir atau grit secara selektif dipisahkan dari polutan organik lainnya di dalam bak pemisah pasir dengan kontrol kecepatan atau bak pemisah pasir dengan aerasi (*aerated grit chamber*).

4.4.4.1. Bak Pemisah Pasir Dengan Kontrol Kecepatan

Grit atau pasir di dalam air limbah mempunyai berat jenis antara 1,5 – 2,7, sedangkan zat organik (*organic matter*) mempunyai berat jenis sekitar 1,02. Dengan demikian untuk memisahkan grit dengan material organik dapat dilakukan dengan pengendapan bertahap (*differential sedimentation*).

Bak pemisah pasir dengan kontrol kecepatan adalah seperti bak pengendap dengan bentuk sempit memanjang dengan kontrol kecepatan pada kondisi terbaik. Pada beberapa bak pemisah pasir, untuk mengontrol kecepatan dilakukan dengan menggunakan multiple channel (multi saluran). Yang lebih ekonomis dan dapat mengontrol aliran atau kecepatan yang lebih baik adalah dengan menggunakan peralatan kontrol (*control section*) pada bagian belakang bak (*channel*). *Control section* ini dapat mempertahankan kecepatan yang konstan di dalam bak terhadap perubahan aliran.

Peralatan kontrol aliran dapat dilakukan dengan menggunakan :

- Proportional weir.
- Sutro weir
- Parshall Flume
- Parabolic flume. Dll

Sebagai contoh, untuk grit dengan diameter 65 mesh atau 0,21 mm, kriteria desain untuk *grit chamber* adalah sebagai berikut :

- Kecepatan horizontal = 0,3 m/detik
- Kecepatan Pengendapan = 1,15 m/detik
- Waktu Tinggal (*detention Time*) = 60 detik

Head loss melalui grit chamber dengan kontrol aliran adalah 30 – 40 % terhadap tinggi permukaan air maksimum di dalam bak.

Untuk pembersihan bak dapat dilakukan secara manual atau mekanik. Pembersihan secara manual hanya dilakukan untuk plant skala kecil.

4.4.4.2. Bak Pemisah Pasir Dengan Aerasi

Bak pemisah pasir dengan aerasi digunakan secara luas untuk memisahkan grit secara selektif. Bentuknya hampir sama dengan bak aerasi dengan aliran spiral. Aliran spiral di dalam bak didapatkan dengan cara mendifusikan udara bertekanan ke dalam air. Kecepatan udara diatur untuk mendapatkan kecepatan aliran dekat dasar bak sedemikian rupa sehingga cukup untuk mengendapkan pasir (grit). Partikel organik yang lebih ringan akan terbawa aliran spiral dan akan keluar dari bak. Bak pemisah pasir dengan aerasi biasanya digunakan untuk memisahkan partikel pasir (grit) dengan berat jenis 2,5 dan diameter lebih besar atau sama dengan 65 mesh (0,21 mm), dan umumnya digunakan untuk plant dengan skala medium atau besar.

Beberapa keuntungan bak pemisah pasir dengan aerasi antara lain :

- Dapat digunakan untuk penambahan bahan kimia, mixing, dan flokulasi sebelum bak pengendapan awal.
- Memperbesar konsentrasi oksigen terlarut, dapat mereduksi bau, dan menurunkan konsentrasi zat organik terlarut.
- Head loss kecil.
- Pemisahan minyak (grease removal) dapat dilakukan jika dilengkapi dengan peralatan skimming.
- Dengan mengontrol kecepatan udara yang diinjeksikan dapat memisahkan grit dengan ukuran yang diharapkan. Tetapi untuk itu harus memperhatikan berat jenis, ukuran dan bentuk partikel yang akan diendapkan.

4.4.5. Kriteria Desain Bak Pemisah Pasir Dengan Aerasi

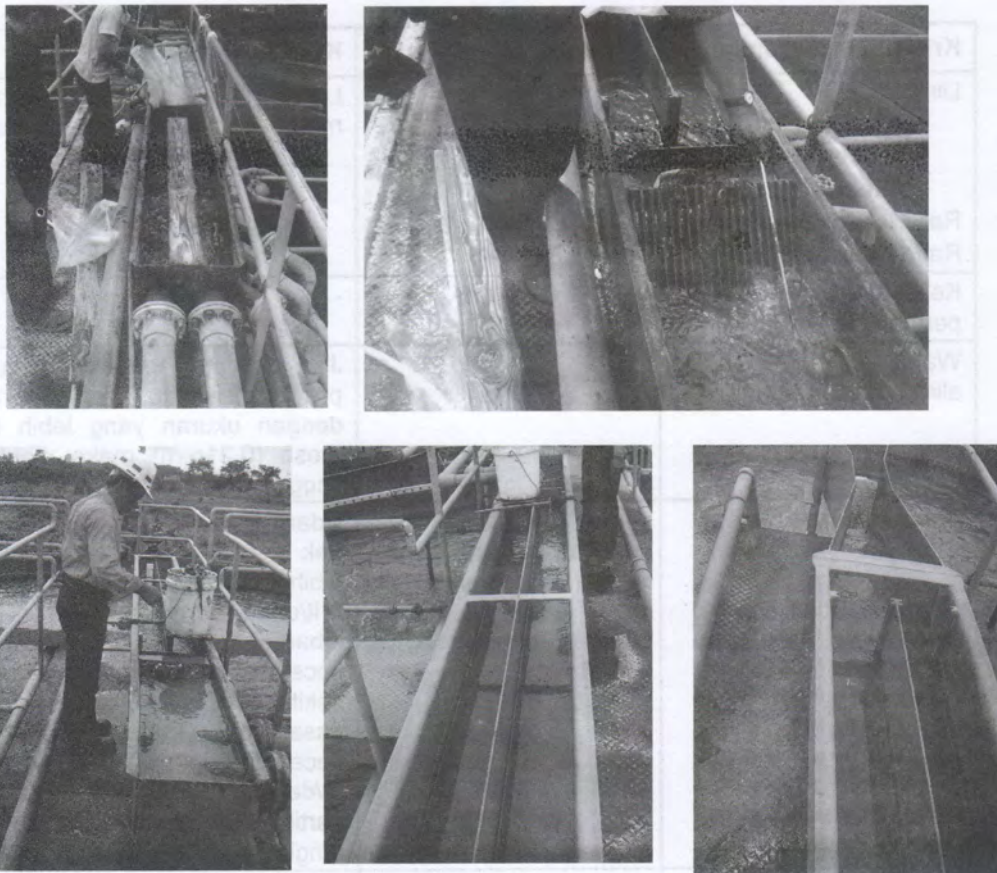
Beberapa kriteria perencanaan yang harus diperhatikan di dalam merancang bak pemisah pasir antara lain :

- Tipe partikel grit dan material lainnya.
- Waktu Tinggal di dalam bak.
- Suplai udara.
- Struktur inlet dan outlet.
- Dead space.
- Bentuk geometri bak.
- Peralatan baffle dll.

Kriteria perencanaan untuk tipikal bak pemisah pasir dengan aerasi dapat dilihat pada Tabel 4.6. sedangkan contoh bak pemisah pasir tipe kecil dapat dilihat seperti pada Gambar 4.7.

Tabel 4.6. Kriteria perencanaan untuk tipikal bak pemisah pasir dengan aerasi.

Kriteria Perencanaan	Besaran (range value)	Keterangan
Dimensi : Panjang (m) Lebar (m) Kedalaman (m) Ratio lebar/kedalaman Ratio Panjang/lebar	7,5 – 20 2,5 – 7,0 2 – 5 1 : 1 – 5 : 1 2,5 : 1 – 5 : 1	Lebar bak adalah terbatas untuk memberikan aksi putaran aliran dalam bak.
Kecepatan aliran pada permukaan (m/detik)	0,6 – 0,8	-
Waktu Tinggal pada aliran puncak (menit)	2 - 5	Jika bak pemisah pasir digunakan untuk pre aerasi atau untuk memisahkan grit dengan ukuran yang lebih kecil dari 65 mesh (0,21mm) maka dibutuhkan waktu tinggal yang lebih lama.
Suplai Udara	4,6 – 12,4 liter/det per meter panjang bak. (3 – 8 cfm/ft)	Udara yang lebih banyak diberikan untuk bak pemisah pasir yang lebih lebar dan lebih dalam. Untuk kecepatan udara 4,6 – 8 lt/det.m dan untuk ukuran bak 3,5 –5 m lebar, kedalaman 4,5 m akan memberikan kecepatan permukaan (surface velocity) sekitar 0,5 – 0,7 m/detik. Kecepatan di dasar bak kurang lebih 75 % dari kecepatan permukaan. Kecepatan 0,23 m/det dibutuhkan untuk dapat Bergeraknya partikel 0,2 mm bergerak sepanjang dasar tangki.
Struktur Inlet dan Outlet	-	Struktur inlet dan outlet harus cukup untuk mencegah terjadinya aliran singkat atau turbulensi. Struktur inlet dalam bak harus dibuat sedemikian rupa agar aliran influen masuk ke dalam putaran aliran. Bagian inlet dan outlet harus dirancang sedemikian rupa agar kecepatan aliran pada bagian tersebut lebih besar atau sama dengan 0,3 m/det untuk berbagai kondisi untuk mencegah terjadinya pengendapan grit pada bagian tersebut.
Baffles	-	Baffle atau sekat membujur dan sekat melintang digunakan untuk menambah efisiensi pemisahan grit. Jika panjang bak jauh lebih besar dari lebar bak dipakai baffle melintang.
Geometri bak	-	Yang harus diperhatikan untuk geometri bak adalah letak difuser udara, slope dasar bak, hoper dan peralatan pengambilan endapan yang terkumpul. Difuser udara umumnya diletakkan kira-kira 0,6 meter di atas dasar bak yang miring.



Gambar 4.7. Bar Screen dan Grit Chamber Skala Kecil.

4.5. Penangkap (Interceptor).

Air limbah yang ke luar dari alat plambing mungkin mengandung bahan-bahan berbahaya, yang dapat menyumbat atau mempersempit penampang pipa, dan dapat mempengaruhi kemampuan IPAL. Untuk mencegah masuknya bahan-bahan tersebut ke dalam pipa, perlu dipasang suatu penangkap (Interceptor).

Bahan yang dapat menimbulkan kesulitan atau atau kerusakan pada pipa pembuangan antara lain :

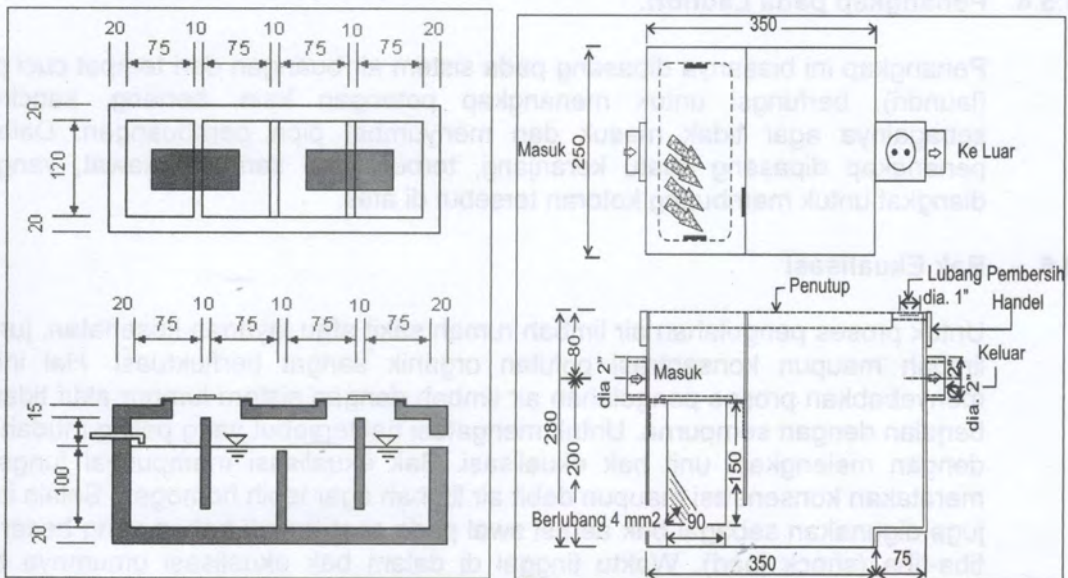
- (1) minyak atau lemak (jumlah besar) dari dapur.
- (2) bahan-bahan bekas dari kamar operasi rumah sakit.
- (3) benang atau serat dari Laundry.
- (4) bahan bakar, minyak, gemuk dari bengkel.

Suatu penangkap harus dipasang sedekat mungkin pada alat plambing yang dilayaninya, sehingga pipa pembuangan yang mungkin akan mengalami gangguan sependek mungkin. Karena ukurannya terlalu besar untuk dipasang di dalam ruangan dimana alat plambing itu berada, terpaksa dipasang di luar bangunan. Dalam hal ini pembuangan dari alat plambing tersebut ke penangkap harus disediakan khusus untuk itu dan tidak boleh digabungkan dengan air buangan lainnya.

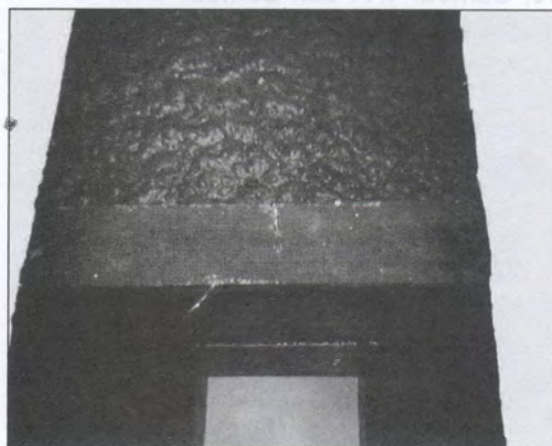
4.5.1. Bak Pemisah Lemak (Grease Removal)

Minyak atau lemak merupakan penyumbang polutan organik yang cukup besar. Oleh karena itu untuk air limbah yang mengandung minyak atau lemak yang tinggi misalnya air limbah yang berasal dari dapur atau kantin perlu dipisahkan terlebih dahulu agar beban pengolahan di dalam unit IPAL berkurang. Kandungan minyak atau lemak yang cukup tinggi di dalam air limbah dapat menghambat transfer oksigen di dalam bak aerasi yang dapat menyebabkan kinerja IPAL kurang maksimal.

Untuk menghilangkan minyak atau lemak dapat dilakukan dengan menggunakan bak pemisah lemak sederhana secara gravitasi. Salah satu contoh konstruksi bak pemisah lemak dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 Untuk merancang bak pemisah lemak sederhana, waktu tinggal di dalam bak pemisah lemak umumnya berkisar antara 30 – 60 menit.



Gambar 4.8. Contoh bak pemisah lemak sederhana.



Gambar 4.9. Foto bak pemisah lemak sederhana.

4.5.2. Penangkap minyak.

Penangkap minyak biasanya dipasang di bengkel, dimana cairan bisa terbakar tercampur dalam air limbah. Tutup penangkap jenis ini harus rapat dan disediakan pipa ven khusus, agar gas-gas yang timbul dan mudah terbakar dapat dikeluarkan dengan aman.

4.5.3. Penangkap Gips.

Bahan gips (plaster) biasanya digunakan dalam kamar operasi plastik, kamar operasi lainnya di rumah sakit, sebagai bahan pencetak atau pelindung/pengaman patah tulang. Bahan gips kalau tidak ditangkap dalam alat penangkap jenis ini akan masuk ke dalam pipa pembuangan dan kalau mengendap akan sulit membersihkannya dari dinding pipa.

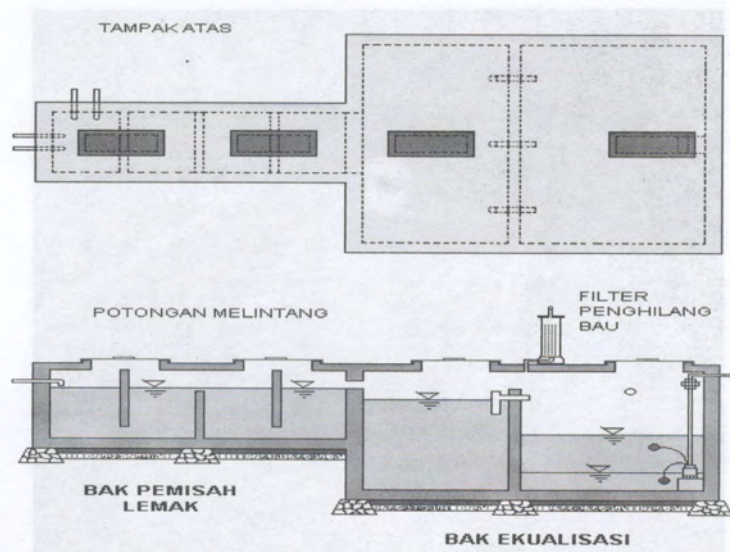
4.5.4. Penangkap pada Laundry.

Penangkap ini biasanya dipasang pada sistem air buangan dari tempat cuci pakaian (laundry), berfungsi untuk menangkap potongan kain, benang, kancing dan sebagainya agar tidak masuk dan menyumbat pipa pembuangan. Dalam bak penangkap dipasang suatu keranjang, terbuat dari saringan kawat, yang dapat diangkat untuk membuang kotoran tersebut di atas.

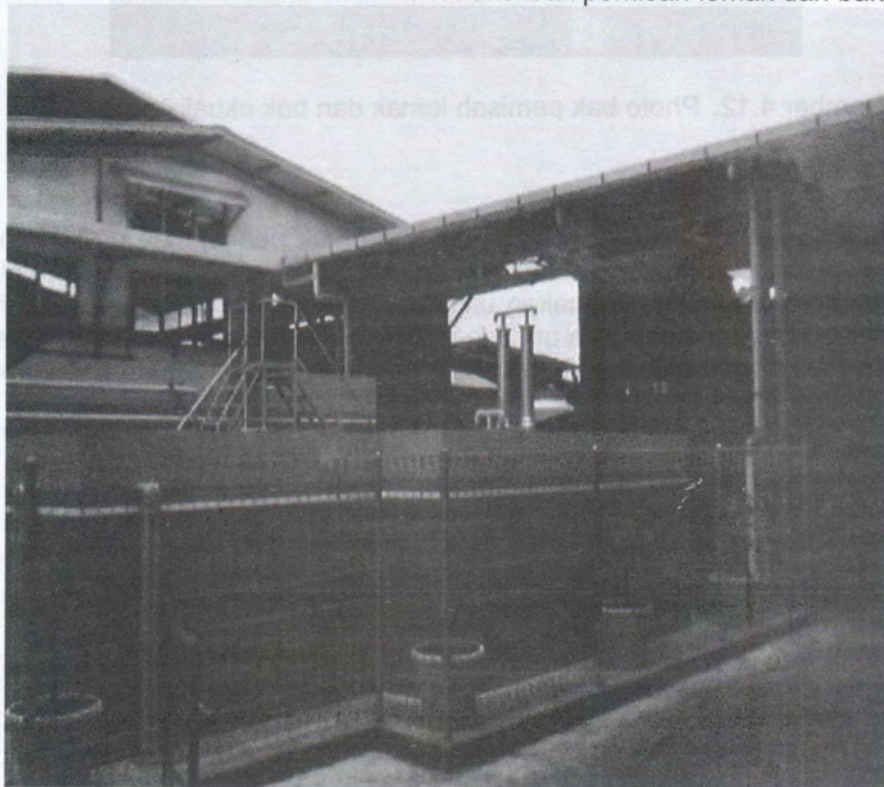
4.6. Bak Ekualisasi

Untuk proses pengolahan air limbah rumah sakit atau layanan kesehatan, jumlah air limbah maupun konsentrasi polutan organik sangat berfluktuasi. Hal ini dapat menyebabkan proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif tidak dapat berjalan dengan sempurna. Untuk mengatasi hal tersebut yang paling mudah adalah dengan melengkapi unit bak ekualisasi. Bak ekualisasi mempunyai fungsi untuk meratakan konsentrasi maupun debit air limbah agar lebih homogen. Selain itu dapat juga digunakan sebagai bak aerasi awal pada saat terjadi beban yang besar secara tiba-tiba (shock load). Waktu tinggal di dalam bak ekualisasi umumnya berkisar antara 6 – 10 jam. Salah satu contoh konstruksi bak ekualisasi dapat dilihat seperti pada Gambar 4.10, Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.

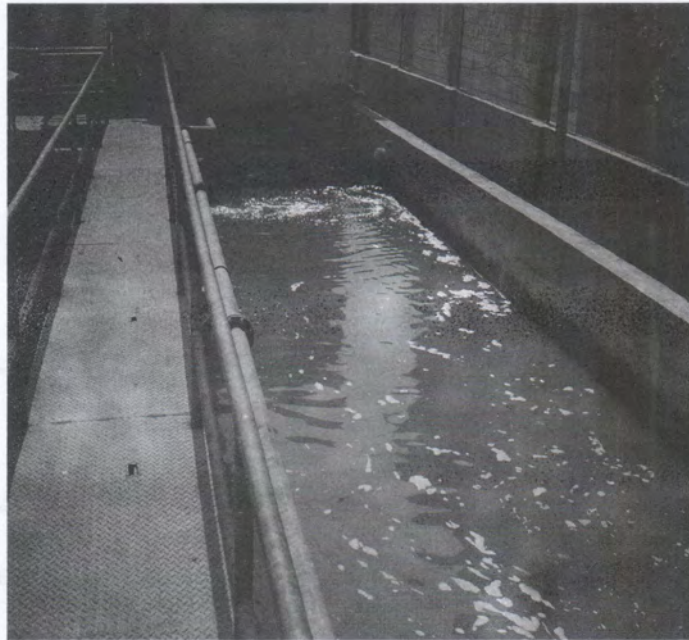




Gambar 4.10. Salah satu contoh konstruksi bak pemisah lemak dan bak ekualisasi.



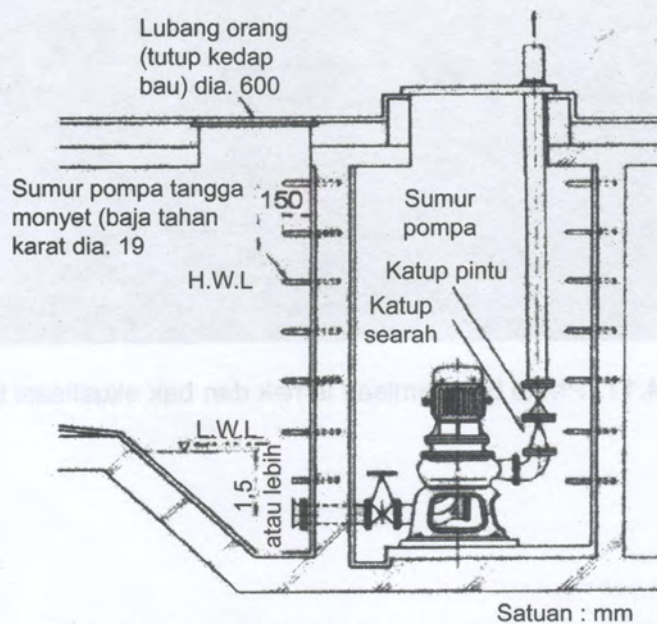
Gambar 4.11. Photo bak pemisah lemak dan bak ekualisasi tertutup.



Gambar 4.12. Photo bak pemisah lemak dan bak ekualisasi terbuka

4.7. Pompa Air Limbah

Ada dua tipe pompa yang sering digunakan untuk pengolahan air limbah yaitu tipe pompa celup/benam (submersible pump) dan pompa centrifugal. Pompa celup/benam umumnya digunakan untuk mengalirkan air limbah dengan head yang tidak terlalu besar, sedangkan untuk head yang besar digunakan pompa centrifugal. Contoh cara pemasangan pompa centrifugal dapat dilihat seperti pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.



Gambar 4.13. Contoh konstruksi pompa air limbah dengan motor di bawah tanah.



Gambar 4.14. Contoh konstruksi pompa air limbah dengan motor di atas tanah.

4.8. Bak Pengendapan Atau Bak Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu unit operasi untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Proses sedimentasi pada pengolahan air limbah umumnya untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukan proses pengolahan selanjutnya. Gumpalan padatan yang terbentuk pada proses koagulasi masih berukuran kecil. Gumpalan-gumpalan kecil ini akan terus saling bergabung menjadi gumpalan yang lebih besar dalam proses flokulasi. Dengan terbentuknya gumpalan-gumpalan besar, maka beratnya akan bertambah, sehingga karena gaya beratnya gumpalan-gumpalan tersebut akan bergerak ke bawah dan mengendap pada bagian dasar tangki sedimentasi.

Bak sedimentasi dapat berbentuk segi empat atau lingkaran. Pada bak ini aliran air limbah sangat tenang untuk memberi kesempatan padatan/suspensi untuk mengendap.

Kriteria-kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah: *surface loading* (beban permukaan), kedalaman bak dan waktu tinggal. Waktu tinggal mempunyai satuan jam, cara perhitungannya adalah volume tangki dibagi dengan laju alir per hari.

Beban permukaan sama dengan laju alir (debit volume) rata-rata per hari dibagi luas permukaan bak, satuannya m^3 per meter persegi per hari.

$$V_o = \frac{Q}{A}$$

V_o = Laju limbah / beban permukaan ($m^3 / m^2 \cdot \text{hari}$)
 Q = aliran rata-rata harian, m^3 per hari
 A = total luas permukaan (m^2)

Waktu tinggal dihitung dengan membagi volume bak dengan laju alir masuk, satuannya jam. Nilai waktu tinggal adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak dengan kecepatan seragam yang sama dengan aliran rata-rata per hari.

$$T = 24 V/Q$$

T = waktu tinggal (jam)
 V = volume bak (m^3)
 Q = laju rata-rata harian (m^3 per hari)

Bak pengendap primer yakni bak pengendap tanpa bahan kimia yang digunakan untuk memisahkan atau mengendapkan padatan organik atau anorganik yang tersuspensi di dalam air limbah. Umumnya dipasang sebelum proses pengolahan sekunder atau proses pengolahan secara biologis.

Beberapa kriteria desain bak pengendapan primer dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Tabel 4.7. Kriteria desain bak pengendapan primer.

Parameter Desain	Harga (besaran)	
	Range	Tipikal
Waktu Tinggal Hidrolik (Jam)	1,5 – 2,5	2,0
Overflow rate ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$)		-
Aliran Rata-rata	32 - 40	
Aliran puncak	80 - 120	100
Weir Loading ($m^3/m \cdot \text{hari}$)	125 - 500	250
Dimensi :		
Bentuk Persegi Panjang		
Panjang (m)	15 - 90	25 - 40
Lebar (m)	3 - 24	6 - 10
Kedalaman (m)	3 - 5	3,6
Kecepatan pengeruk lumpur (m/menit)	0,6 – 1,2	1,0
Dimensi :		
Bentuk bulat (circular)		
Kedalaman (m)	3 - 5	4,5
Diameter (m)	3,6 - 60	12 - 45
Slope dasar (mm/m)	60 - 160	80
Kecepatan sludge scrapper (r/menit)	0,02 – 0,05	0,03

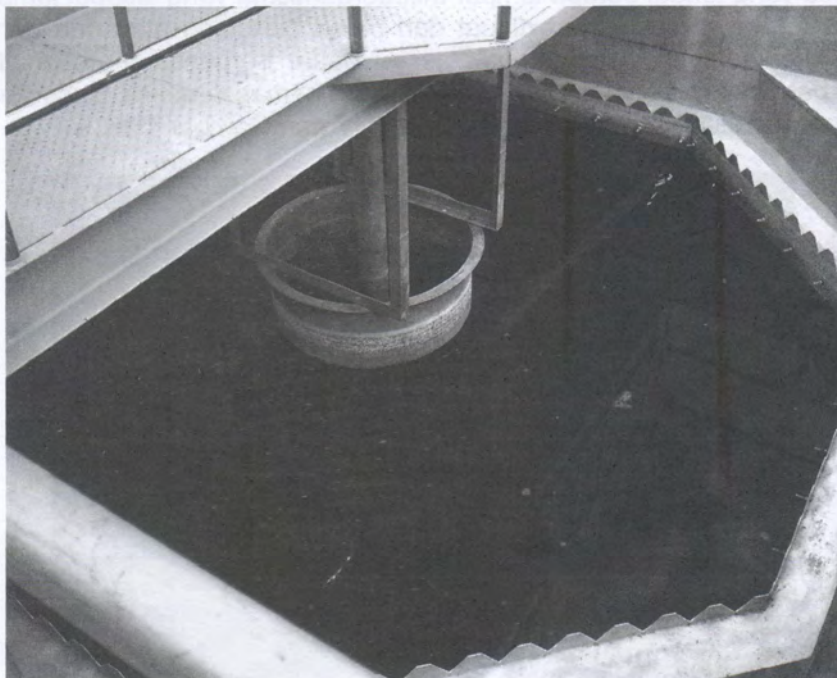
Sumber : Metcalf & Eddy, 2003.

Tabel 4.8. Kriteria desain bak pengendapan awal (primer) dan bak pengendapan Akhir (sekunder)

Parameter desain	Bak Pengendapan Awal			Bak Pengendapan Akhir
	Aliran Terpisah		aliran gabungan	
	Lumpur Aktif	Trickling Filter		
Waktu Tinggal Hidrolik (Jam)	1,5	2,0	3,0	2,5
Material yang dipisahkan	Padatan tersuspensi di dalam air limbah			Lumpur biomassa
Overflow rate ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$)	25 - 30			20 - 30
Weir Loading ($m^3/m \cdot \text{hari}$)	≤ 250			≤ 150
Bentuk Persegi Panjang : Panjang / Lebar	3 : 1 – 5 : 1			sama
Kedalaman (m)	2,5 – 4,0			sama
Tinggi ruang bebas (cm)	40 -60			sama
Slope dasar (mm/m)	Bentuk bulat : 5/100 – 10/100			sama
	Bentuk Persegi panjang : 1/100 – 2/100			sama
Diameter pipa lumpur (mm)	≥ 200			sama

Sumber : Fujita - Gesuidou Kougaku Enshu, 1988.

Beberapa contoh bak pengendapan dapat dilihat pada Gambar 4.15. dan Gambar 4.16.



Gambar 4.15. Salah satu contoh bak pengendapan bentuk segi enam.



Gambar 4.16. Salah satu contoh bak pengendapan bentuk bulat.

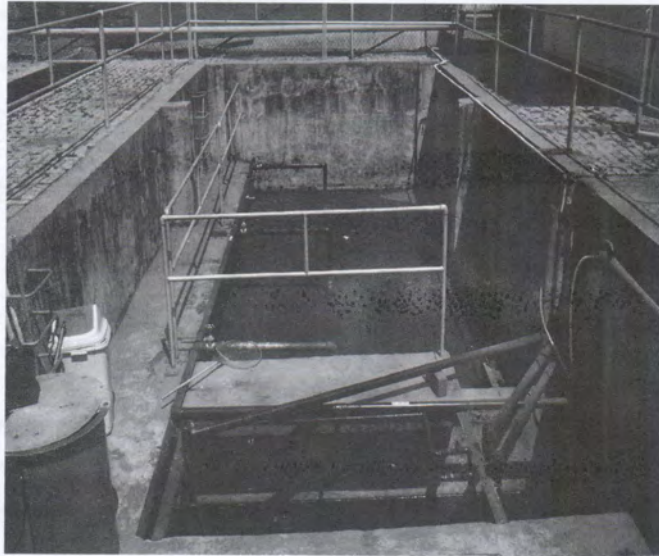
4.9. Bak Aerasi (Aeration Tank)

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif, bak aerasi (aeration tank) merupakan unit utama. Bak aerasi tersebut merupakan reaktor biologis tempat terjadinya penguraian polutan organik oleh aktifitas mikroorganisma. Biomasa yang terjadi berupa lumpur mikroorganisma yang disebut lumpur aktif.

Konstruksi bak aerasi dapat dibuat dari beton bertulang atau dari bahan plat baja atau bahan lainnya. Bentuk bak aerasi dapat berbentuk persegi atau bulat. Di dalam bak aerasi dilengkapi dengan peralatan pemasok udara. Beberapa contoh bak aerasi dapat dilihat seperti pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18.



Gambar 4.17. Bak aerasi dengan bentuk bulat.



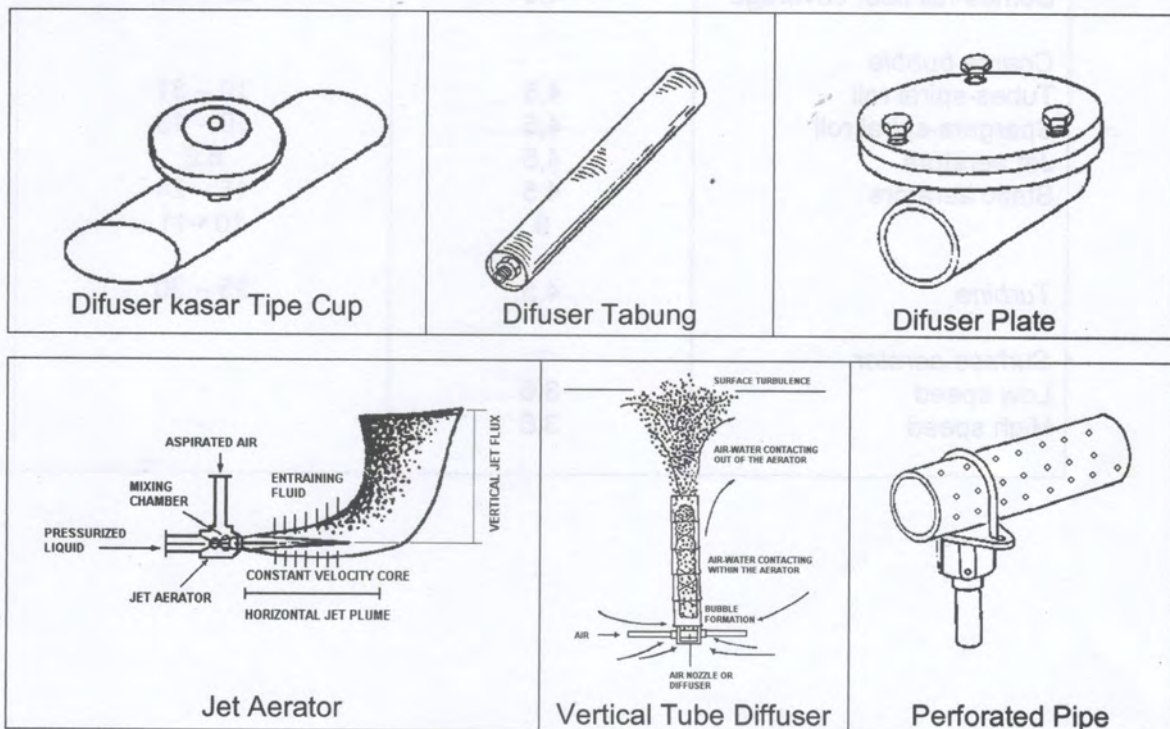
Gambar 4.18. Bak aerasi dengan bentuk segi empat.

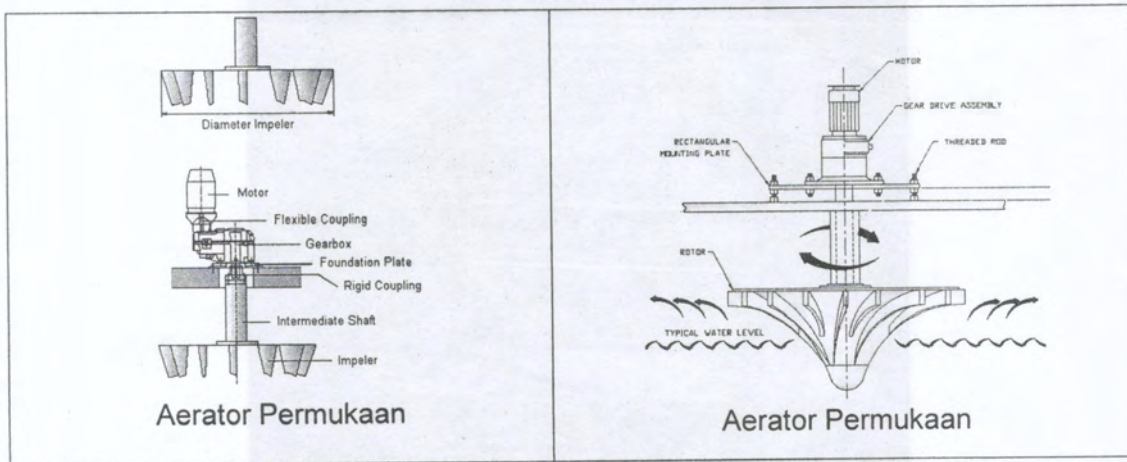
4.10. Peralatan Pemasok Udara

4.10.1. Tipe Difuser dan Aerator

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif, harus dilengkapi dengan peralatan pemasok udara atau oksigen untuk proses aerasi di dalam bak aerasi. Sistem aerasi dapat dilakukan dengan menggunakan blower dan difuser atau dengan sistem aerasi mekanik misalnya dengan aerator permukaan.

Beberapa contoh tipe difuser/aerator dapat dilihat seperti pada Gambar 4.16 sampai dengan 4.19, sedangkan efisiensi perpindahan oksigen ke cairan pada kedalaman tertentu untuk beberapa jenis difuser/aerator dapat dilihat pada Tabel 4.9.



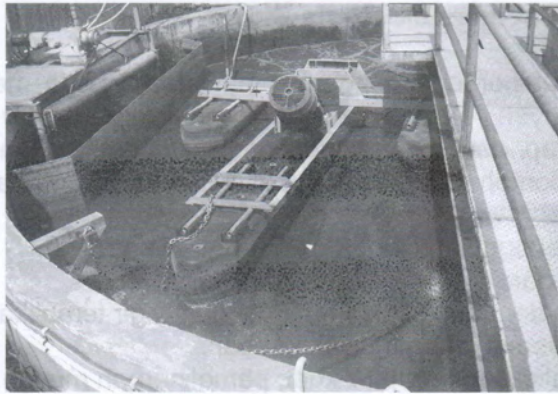


Gambar 4.19. Beberapa contoh tipe aerator dan difuser.

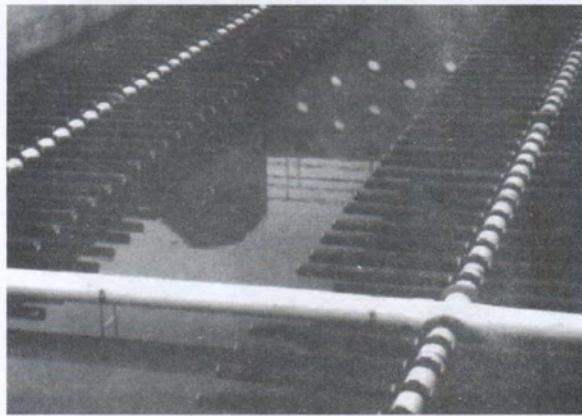
Cara yang paling mudah untuk pengecekan oksigen yang disuplai dalam tangki aerasi proses lumpur aktif cukup atau tidak, dapat dilihat dari oksigen terlarut (DO) air limbah di kolam aerasi maupun di air hasil olahan. DO di dalam bak aerasi yang direkomendasikan adalah antara 2 – 4 mg/l.

Tabel 4.9. Jenis jenis difuser dan efisiensi transfer oksigen.

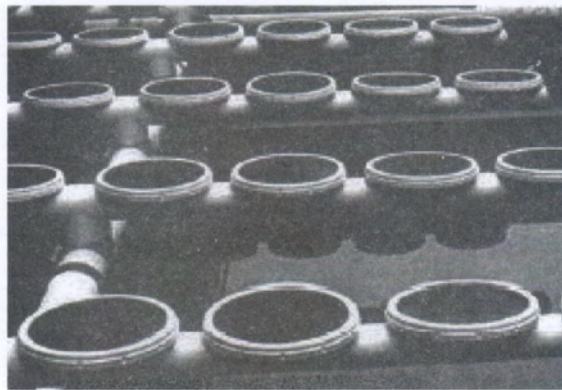
Tipe aerator dan difuser	Kedalaman Air (m)	Efisiensi Transfer Oksigen (%)
<i>Fine bubble</i>		
Tube-spiral roll	4,5	15 – 20
Domes-full floor coverage	4,5	27 – 31
<i>Coarse bubble</i>		
Tubes-spiral roll	4,5	10 – 31
Spargers-spiral roll	4,5	10 – 13
Jet aerators	4,5	8,6
Static aerators	4,5	15 – 24
	9	10 – 11
<i>Turbine</i>	4,5	25 – 30
<i>Surface aerator</i>		
Low speed	3,6	-
High speed	3,6	-



Gambar 4.20. Jet aerator.



Gambar 4.21. Difuser tipe tabung.



Gambar 4.22. Difuser karet gelembung halus.

4.10.2. Tipe Blower Udara

Beberapa tipe blower udara yang sering digunakan untuk pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif antara lain yaitu :

1) Roots and Submersible Roots Blower

Roots Blower berbeda dengan pompa udara pada mekanisme memproduksi aliran udara yang lebih besar dari pompa udara. Rotor berotasi menyebabkan udara diserap dari inlet dan dikompres/dimampatkan keluar menuju outlet. Salah satu contoh root blower dapat dilihat pada Gambar 4.20.

Beberapa keunggulan Root Blower antara lain :

- ❖ Aliran udara stabil, Sedikit variasi tekanan.
- ❖ Kemudi dengan kualitas tertinggi dan & gir teraplikasikan akurat.
- ❖ Udara bersih tanpa minyak lembab.
- ❖ Konstruksi sederhana & kuat, pemeliharaan mudah.
- ❖ Menstandarkan produk dengan gugus kendali mutu



Gambar 4.23. Roots Blower.

2) Submersible Roots Blower

- ❖ Tekanan: 1000;X6000mmAq, Aliran udara: 1. 8 - 10. 2 m3 / min
- ❖ Tidak ada Bising, Tidak ada Alat Soundproofing
- ❖ Struktur kokoh untuk Memastikan Ketahanan.



Gambar 4.24. Submersible Roots Blower.

3) Pompa Udara (Tipe Diafragma Magnetik)

Pompa udara berbeda dengan Blower Udara pada mekanisme memproduksi aliran udara lebih kecil dibandingkan Blower Udara. Pompa udara dipergunakan dengan luas pada bukan aplikasi industri sehubungan dengan keuntungannya yang compact dan kebisingan yang rendah.



Gambar 4.25. Pompa Udara.

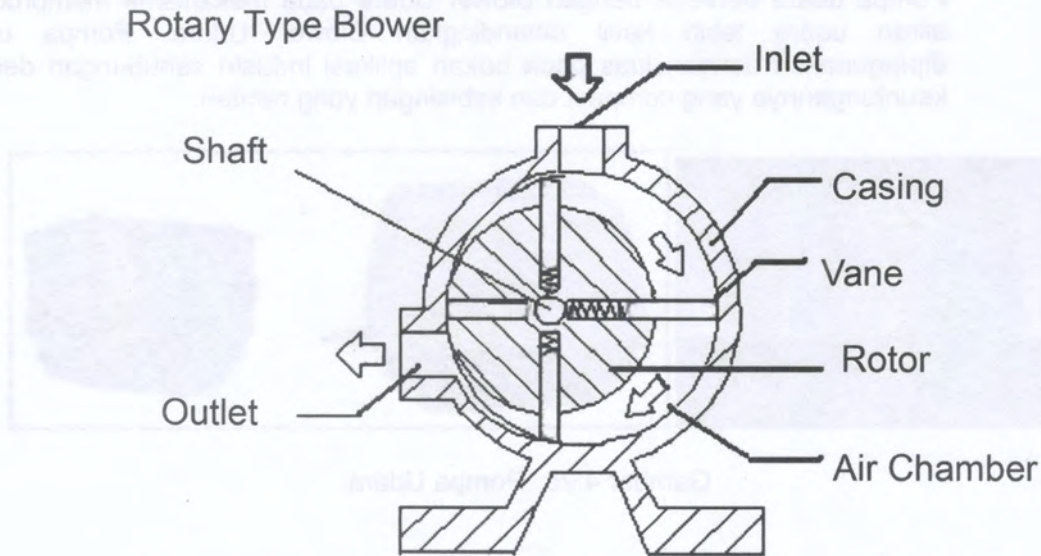
4) Submersible Aerator

- ❖ Aerator Submersible sering digunakan pada bangunan pengolahan air limbah, terutama selama homogenisasi dan persamaan/equalisasi, mempersiapkan langkah, stabilisasi lumpur, langkah pengudaraan terakhir.
- ❖ Motor aerator tercelup mengaktifkan satu impeller/pendorong dan rotasi impeller/pendorong dalam vacuum untuk mendapatkan udara dari satu ruang hembus khusus.
- ❖ Air dan udara bercampur di saluran ruang aerasi. Arus campuran air dan udara dibebaskan dengan cepat oleh sentrifugal force. Daya: 2 - 75 HP, rate oksigen input sampai 85 kg O₂ /jam.
- ❖ Rate transfer oksigen tinggi sehubungan dengan gelembung kecil untuk pengolahan air limbah.
- ❖ Rate transfer oksigen dari unit jenis BHP lebih tinggi dibandingkan dari jenis pengudara lain.
- ❖ Tidak perlu untuk menjadi kosong atau bangunan ditutup untuk pekerjaan instalasi atau pemeliharaan.

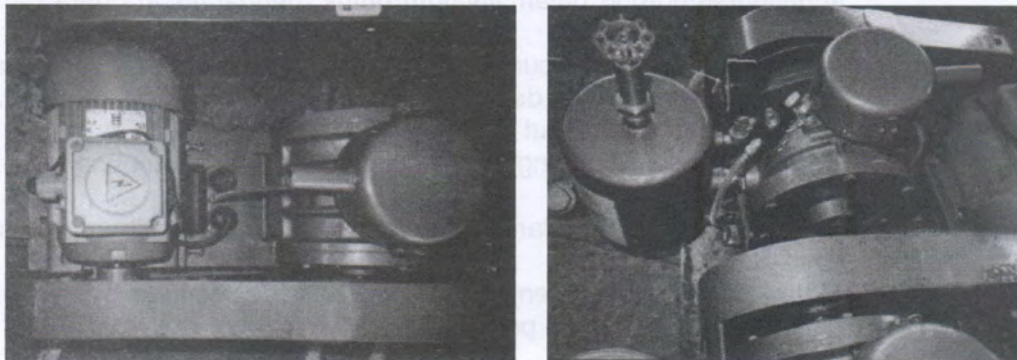
Aplikasi:

- ❖ Homogenisasi
- ❖ Persamaan
- ❖ Langkah-langkah persiapan
- ❖ Stabilisasi lumpur
- ❖ Langkah-langkah pengudaraan terakhir

5) Rotary Vane Blower



Rotor berputar menyimpang (seperti diagram berikut) dengan baling-baling ke dalam dan keluar di dalam lubang kecil. Baling-baling menempel bagian dalam permukaan casing (ruang), sehingga udara dihisap dari inlet dan dimampatkan ke outlet. Salah satu contoh rotary blower dapat dilihat pada Gambar 4.23.

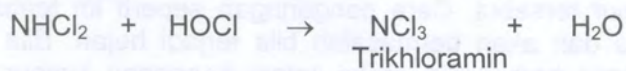
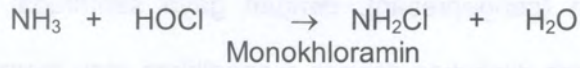


Gambar 4.26. Rotary Vane Blower.

4.11. Bak Klorinasi

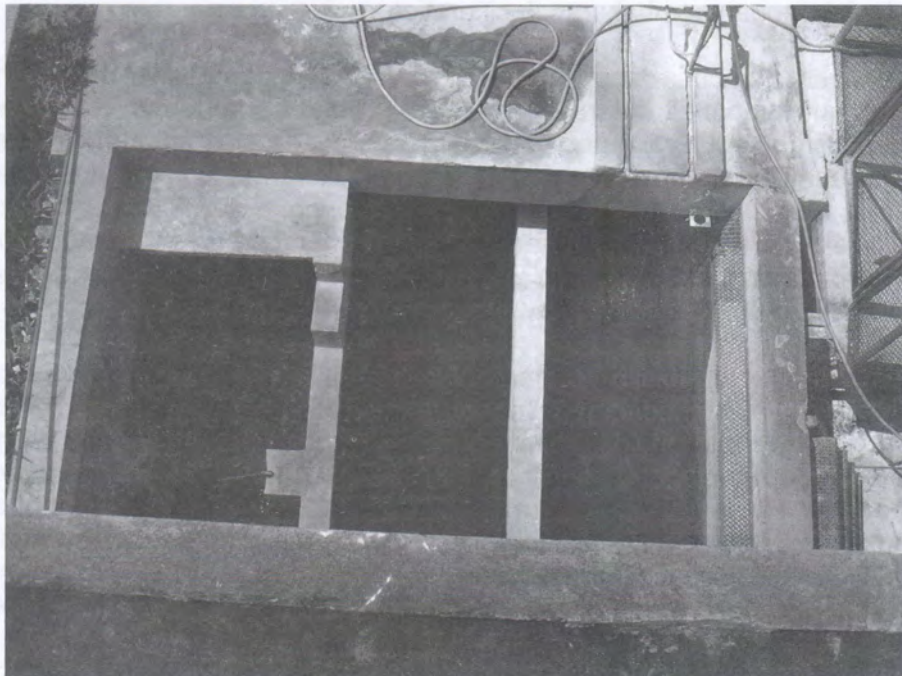
Fungsi bak klorinasi adalah untuk mengontakkan senyawa disinfektan dengan air limbah untuk membunuh mikroorganisma patogen di dalam air limbah. Senyawa disinfektan yang sering digunakan adalah senyawa klorin misalnya kalsium hipoklorit atau natrium hipoklorit. Waktu kontak atau waktu tinggal di dalam bak klorinasi berkisar antara 10-15 menit.

Cara pembubuhan senyawa desinfektan dapat dilakukan dengan menggunakan pompa dosing atau secara manual dengan pembubuhan secara gravitasi. Selain untuk proses desinfeksi pembubuhan senyawa klorin adalah untuk mereaksikan amoniak menjadi khloramine. Reaksi amoniak dengan klorin adalah sebagai berikut:



Perbandingan ketiga bentuk khloramin itu sangat tergantung pada pH air. Monokhloramin lebih dominan pada pH > 8,5. Monokhloramin dan Dikhloramin keduanya ada pada pH antara 4,5 dan 8,5 dan Trikhloramin terbentuk pada pH < 4,5. Monokhloramin merupakan zat yang dominan yang terbentuk pada suasana pH yang ada dalam proses pengolahan air dan air buangan (pH = 6 – 9).

Percampuran khlor dan amonia menghasilkan kurva antara dosis khlor dengan residual khlor seperti terlihat pada Gambar 4.24. Untuk membunuh mikroorganisma patogen di dalam air limbah konsentrasi residual khlorine di dalam air dipertahankan sebesar 0,5 mg/l. Salah satu contoh bak khlorinasi dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.27. Contoh bak Khlorinasi.

4.12. Pengeringan / Pengolahan Lumpur

Lumpur yang dihasilkan dari proses sedimentasi diolah lebih lanjut untuk mengurangi sebanyak mungkin air yang masih terkandung didalamnya. Proses pengolahan lumpur yang bertujuan mengurangi kadar air tersebut sering disebut dengan pengeringan lumpur. Ada empat cara proses pengurangan kadar air, yaitu secara alamiah, dengan tekanan (pengepresan), dengan gaya sentrifugal dan dengan pemanasan.

Pengeringan secara alamiah dilakukan dengan mengalirkan atau memompa lumpur endapan ke sebuah kolam pengering (drying bed) yang mempunyai luas permukaan yang besar dengan kedalaman sekitar 1 atau 2 meter. Proses pengeringan berjalan dengan alamiah, yaitu dengan panas matahari dan angin yang bergerak di atas kolam pengering lumpur tersebut. Cara pengeringan seperti ini tentu saja sangat bergantung dari cuaca dan akan bermasalah bila terjadi hujan. Bila lumpur tidak mengandung bahan yang berbahaya, maka kolam pengering lumpur dapat hanya berupa galian tanah biasa, sehingga sebagian air akan meresap ke dalam tanah dibawahnya.

Tetapi bila lumpur mengandung bahan yang berbahaya (misalnya logam berat & phenol), maka kolam lumpur harus terbuat dari beton dan pada bagian bawah kolam harus mempunyai saluran rembesan larutan yang kemudian harus diolah kembali. Cara pengeringan seperti ini memang tergolong mudah dan murah, namun membutuhkan waktu yang lama, serta tidak sesuai untuk lumpur yang mengandung zat-zat berbahaya yang mudah menguap. Secara periodik kolam lumpur harus dikeruk untuk memindahkan lumpur kering. Bila lumpur kering masih mengandung unsur yang berbahaya, maka masih harus ditangani secara khusus, misalnya diolah lebih lanjut dengan pembakaran (incineration).

Pengeringan lumpur dengan cara tekanan (pengepresan) dilakukan dengan mengalirkan lumpur di antara dua plat (belt) yang berperforasi. Kemudian dengan sistem rolling kedua plat tersebut bergerak dan menekan lumpur ditengahnya. Dengan demikian lumpur seolah terperas dan cairan keluar melalui lubang-lubang perforasi. Cara pengeringan lumpur seperti ini sungguh efektif dan banyak digunakan untuk skala besar (pabrik). Cairan yang keluar apabila masih mengandung bahan yang berbahaya, maka harus diolah lebih lanjut. Pengeringan lumpur dengan cara ini dapat mengurangi kadar air di bawah 10%.

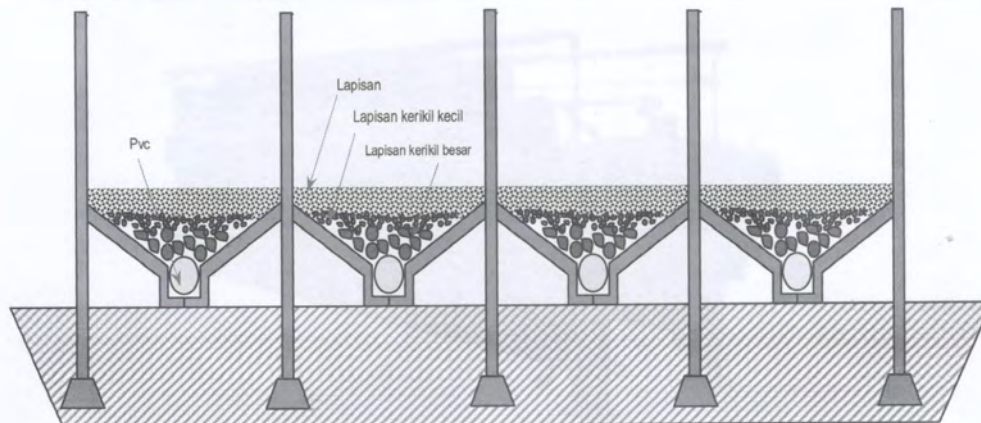
Selanjutnya bila lumpur kering masih mengandung bahan yang berbahaya, maka dapat diolah lebih lanjut, misalnya dengan pembakaran pada incinerator. Cara pengeringan dengan tekanan memang membutuhkan lebih banyak energi, namun prosesnya dapat jauh lebih cepat. Peralatan selain sistem belt, misalnya Plate & Frame Filter Press (PFFP). Alat ini merupakan susunan plat-plat berperforasi yang dirangkai sedemikian rupa sehingga lumpur yang dialirkan ke dalam sistem ini akan tersaring dengan cepat. Hasil pengeringan lumpur dengan PFFP sebenarnya kurang begitu baik, yaitu kadar air dalam lumpur kering masih di atas 10%, bahkan sampai 20%.

Proses pengeringan lumpur dengan gaya centrifugal (centrifuge), prinsipnya seperti proses pengeringan pada mesin cuci pakaian. Namun dalam peralatan ini, hasil lumpur yang sudah melekat dan memadat pada bagian dinding dibawa dengan suatu Screw Conveyor yang berputar dan kemudian mengeluarkan lumpur keringnya pada bagian sisi yang lain. Pengurangan kadar air dari lumpur dengan cara ini dapat

dilakukan dalam skala kecil sampai besar. Sistem ini sangat jarang digunakan di Indonesia, walaupun energi yang dibutuhkan tidak terlalu besar. Proses pengeringan lumpur dengan pemanasan biasanya diterapkan pada suatu pabrik yang mempunyai panas buang yang cukup tinggi, sehingga panas buang tersebut dapat dimanfaatkan dengan optimal.

Panas berlebih yang umumnya diperoleh dari unit pembakaran (incinerator) dialirkan ke dalam unit pengeringan yang berupa silinder dan dilengkapi sistem pembawa lumpur yang berupa screw conveyor. Arah aliran udara panas berlawanan dengan arah aliran lumpur. Hasil pengeringan lumpur dengan sistem ini dapat mencapai 100% tergantung dari waktu tinggal lumpur dalam proses pengeringan tersebut. Hasil lumpur kering bila masih mengandung unsur berbahaya, maka dapat dilanjutkan dengan pembakaran lumpur dalam unit incinerator.

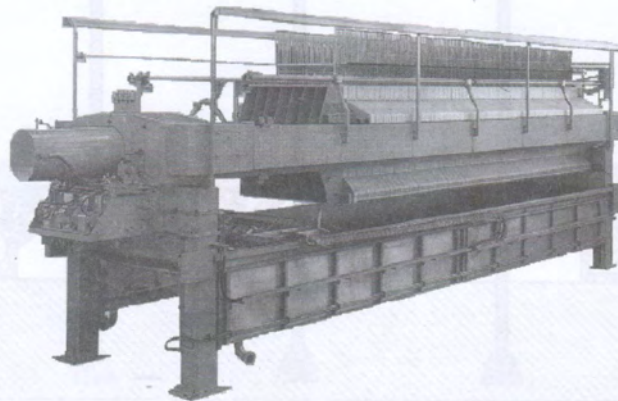
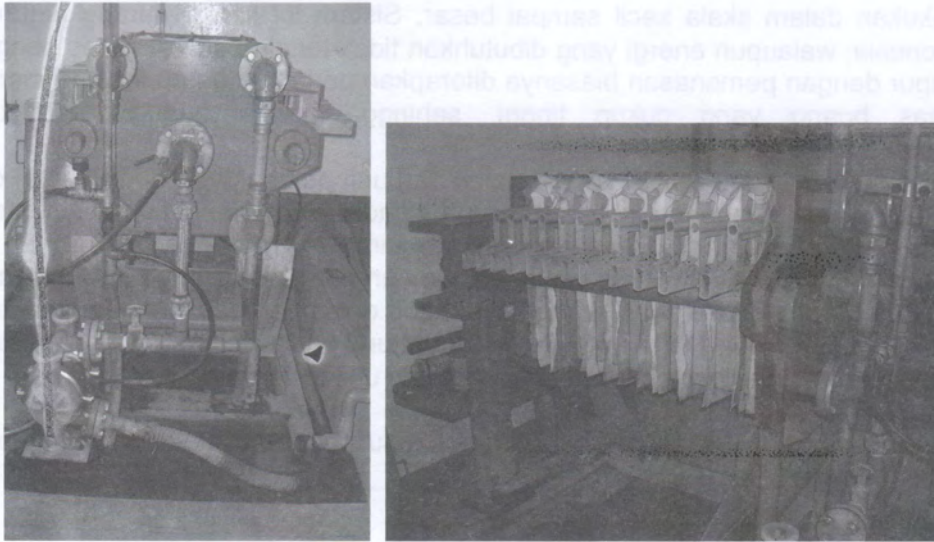
Beberapa contoh peralatan pengering lumpur dapat dilihat pada Gambar 4.28 sampai dengan Gambar 4.35.



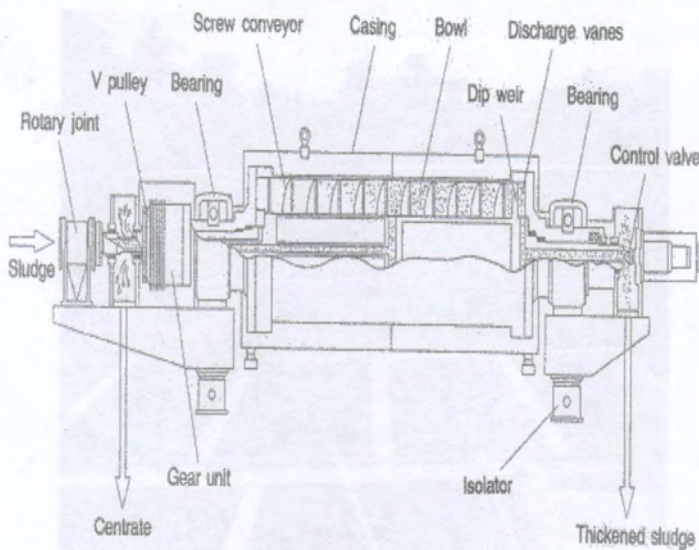
Gambar 4.28. Diagram Proses Pengering Lumpur Secara Alami (*Sludge Drying Bed*)



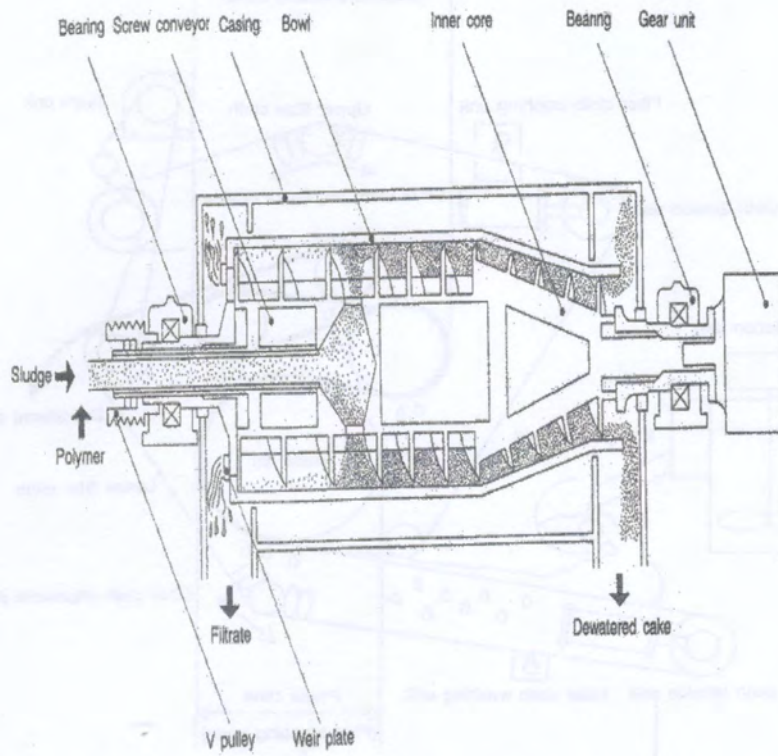
Gambar 4.29. Photo Unit Pengering Lumpur Secara Alami (*Sludge Drying Bed*)



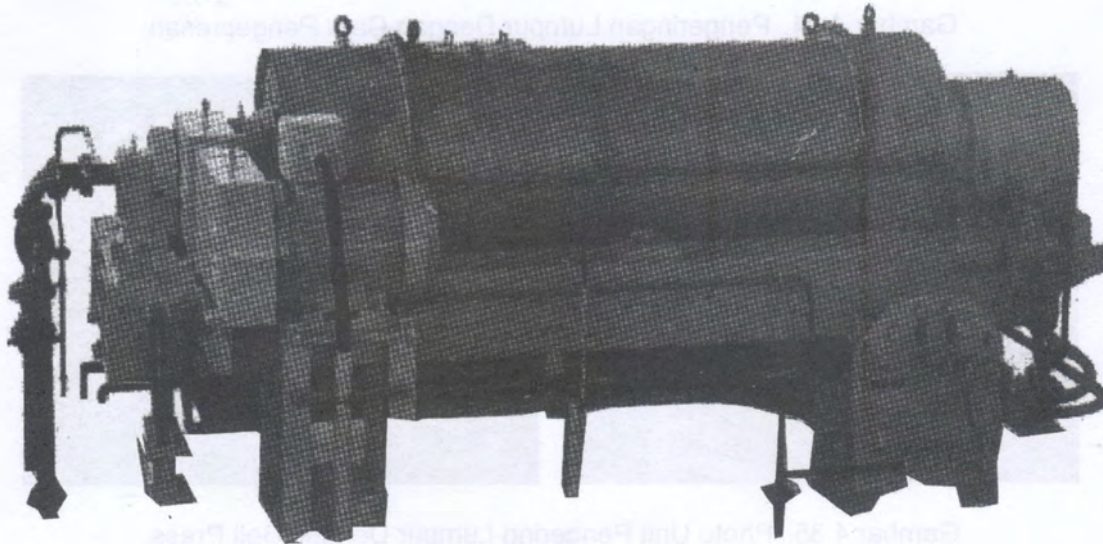
Gambar 4.30. Pengeringan lumpur dengan *plate and frame filter*



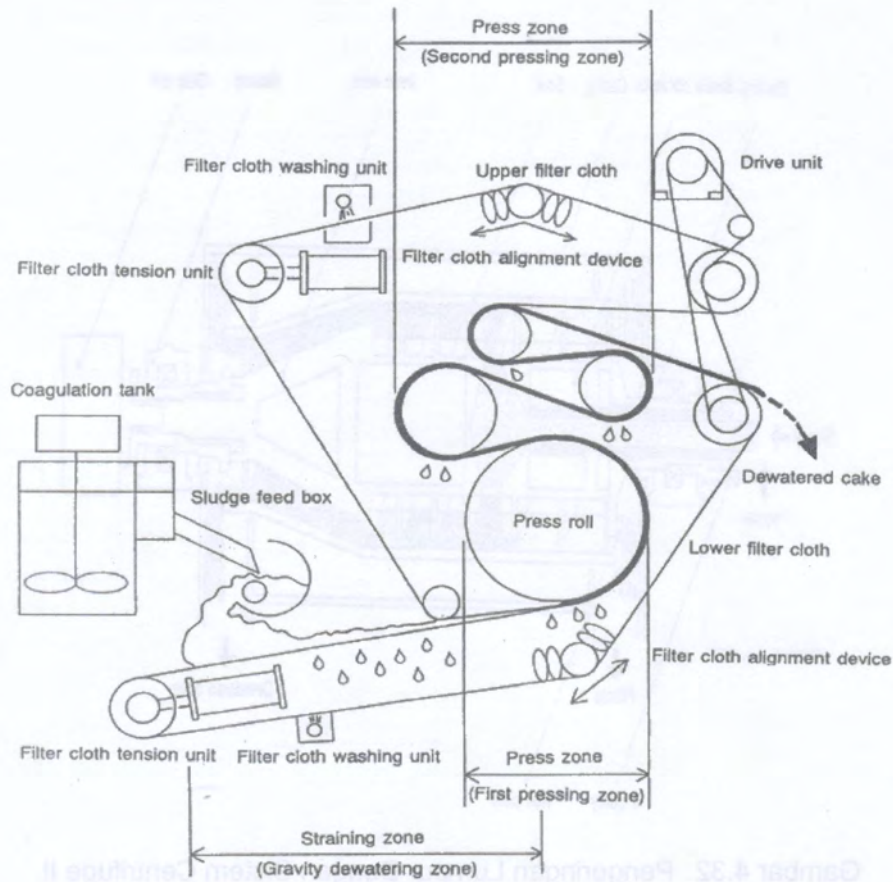
Gambar 4.31. Pengeringan Lumpur Dengan Sistem Centrifuge.



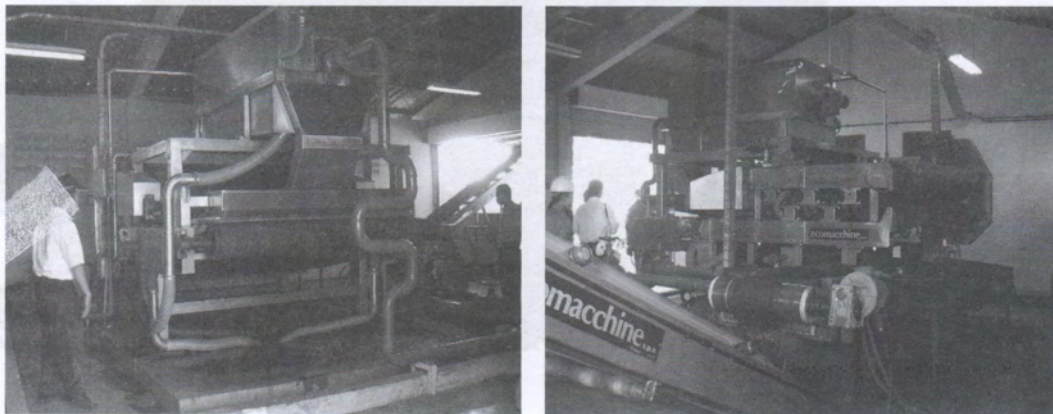
Gambar 4.32. Pengerinan Lumpur Dengan Sistem Centrifuge II.



Gambar 4.33. Unit Pengerinan Lumpur Dengan Sistem Centrifuge.



Gambar 4.34. Pengeringan Lumpur Dengan Cara Pengepresan.



Gambar 4.35. Photo Unit Pengering Lumpur Dengan Belt Press.

4.13. Persyaratan Konstruksi IPAL Lumpur Aktif

4.13.1. Rancangan Lokasi (Site Plan) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Sistem Lumpur Aktif.

A. Lokasi IPAL sebaiknya berada :

- (1) tidak terlalu jauh dari sumber/asal air limbahnya.
- (2) tidak mengganggu lingkungan, baik dari segi pandangan maupun dari segi kemungkinan bau.
- (3) tidak jauh dari saluran pembuangan lingkungan.

B. Posisi bangunan IPAL, dapat berada :

- (1) di atas tanah.
- (2) di bawah tanah.(misalnya di bawah halaman parkir, di bawah taman penghijauan).
- (3) di dalam bangunan (besmen).

4.13.2. Konstruksi Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Sistem Lumpur Aktif)

4.13.2.1. Struktur Bangunan IPAL.

- ❖ Setiap bangunan IPAL, strukturnya harus direncanakan dan dilaksanakan dengan cukup kuat, kokoh, dan stabil dalam memikul beban/kombinasi beban dan memenuhi persyaratan keselamatan, kelayanan, dan umur layanannya.
- ❖ Kemampuan memikul beban diperhitungkan terhadap pengaruh-pengaruh aksi sebagai akibat beban muatan tetap maupun beban muatan sementara yang timbul akibat gempa, angin, pengaruh korosi, jamur dan sebagainya.
- ❖ Dalam perencanaan struktur bangunan IPAL harus diperhitungkan dapat memikul pengaruh gempa rencana sesuai dengan zona gempanya.
- ❖ Apabila bangunan IPAL terletak pada lokasi tanah yang dapat terjadi likuifaksi (pergeseran), maka struktur bawah bangunan IPAL harus direncanakan mampu menahan gaya likuifaksi (pergeseran) tanah tersebut.
- ❖ Untuk menentukan tingkat keandalan struktur IPAL, harus dilakukan pemeriksaan keandalan bangunan IPAL secara berkala sesuai ketentuan dalam Pedoman/Petunjuk Teknis Tata Cara Pemeriksaan Keandalan Bangunan IPAL.
- ❖ Perbaikan atau perkuatan struktur bangunan IPAL harus segera dilakukan sesuai rekomendasi hasil pemeriksaan keandalan bangunan IPAL, sehingga bangunan IPAL selalu memenuhi persyaratan keselamatan struktur.
- ❖ Perencanaan dan pelaksanaan perawatan struktur bangunan IPAL seperti halnya penambahan struktur dan/atau penggantian struktur, harus mempertimbangkan persyaratan keselamatan struktur sesuai dengan pedoman dan standar teknis yang berlaku.
- ❖ Pemeriksaan keandalan bangunan IPAL dilaksanakan secara berkala.
- ❖ Untuk mencegah terjadinya keruntuhan struktur yang tidak diharapkan, pemeriksaan keandalan bangunan harus dilakukan secara berkala sesuai pedoman/petunjuk teknis yang berlaku.

4.13.2.2. Persyaratan Bahan

- ❖ Bahan struktur yang digunakan harus sudah memenuhi semua persyaratan keamanan, termasuk keselamatan terhadap lingkungan dan pengguna bangunan IPAL, serta sesuai standar teknis (SNI) yang terkait.
- ❖ Bahan yang dibuat atau dicampurkan di lapangan, harus diproses sesuai standar tata cara yang baku untuk keperluan yang dimaksud.
- ❖ Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.

4.13.2.3. Sistem Ventilasi.

A. Sistem Penghawaan Alami.

Apabila IPAL terletak di atas tanah secara terbuka, penghawaannya harus tidak mengganggu terhadap lingkungannya.

B. Sistem Penghawaan Mekanis

- ❖ Apabila IPAL terletak di dalam bangunan (besmen), sistem penghawaan ruangan IPAL perlu mendapat perhatian.
- ❖ Kebutuhan oksigen pada proses IPAL harus ditambahkan ke dalam kebutuhan pertukaran udara dalam ruangan.
- ❖ Kebutuhan sistem penghawaan bila IPAL terletak di dalam bangunan, penghawaan harus dilakukan dengan sistem penghawaan mekanis.
- ❖ Besarnya pertukaran udara mengikuti SNI 03-6572-2001 Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung, atau edisi terbaru;

4.13.2.4. Sistem Pencahayaan.

Apabila IPAL terletak di dalam bangunan (besmen), sistem pencahayaan darurat (normal + siaga) harus dipasang sesuai ketentuan yang berlaku.

4.13.2.5. Sistem Kelistrikan.

Sistem kelistrikan pada IPAL mengikuti SNI 04-0225-2000, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000).

BAB V

PENGOPERASIAN, PEMELIHARAAN DAN PENYELESAIAN MASALAH

Untuk mencapai kinerja sistem pengelolaan air limbah lumpur aktif yang baik, banyak ditentukan oleh faktor peralatan dan bahan, terutama peralatan mekanikal dan elektrikal. Fungsionalisasi peralatan tersebut perlu menjadi perhatian, sehingga menjamin sistem IPAL dapat bekerja secara berkelanjutan agar mencapai indikator kualitas hasil olahan yang memenuhi baku mutu. Untuk itu diperlukan adanya kegiatan pengoperasian dan pemeliharaan.

Operasional fasilitas limbah cair adalah kegiatan menjalankan fungsi alat dengan langkah sesuai dengan pedoman/manual alat limbah, sedangkan pemeliharaan fasilitas pengolahan limbah adalah suatu upaya yang dilakukan agar fasilitas pengolahan limbah selalu dalam kondisi layak pakai, dapat difungsikan dengan baik dan menjamin usia pakai alat dapat mencapai usia teknis

Adapun tujuan dari terselenggaranya pengoperasian dan pemeliharaan IPAL yang baik adalah sebagai berikut :

- Untuk memperpanjang usia kegunaan peralatan pengelolaan air limbah
- Untuk menjamin ketersediaan optimal peralatan pengelolaan air limbah yang dipasang, sehingga dapat mencapai efektifitas dan efisiensi yang optimal.
- Untuk menjamin kesiapan pengoperasian peralatan pengelolaan air limbah dalam rangka menjaga kesinambungan pelayanan rumah sakit.
- Untuk menjamin kesehatan dan keselamatan operator pengelolaan air limbah.

5.1. Pengoperasian IPAL

Untuk mencapai keberhasilan kegiatan pengoperasian IPAL, maka pengelola IPAL perlu menyiapkan berbagai aspek, baik aspek teknis maupun aspek manajemen. Aspek dimaksud meliputi :

- Alat dalam keadaan layak pakai berfungsi dengan baik dan aman digunakan.
- Aksesori alat lengkap dan baik.
- Bangunan memenuhi syarat untuk menunjang pengoperasian fasilitas.
- Prasarana listrik, air dan lain-lain memadai.
- Sumber daya manusia (SDM) memadai
- Bahan operasional tersedia
- Prosedur tetap tersedia

5.1.1. Pelaksanaan commisioning

Dalam pelaksanaan commisioning pengoperasian IPAL ada beberapa tahap yang perlu diperhatikan sebagai berikut :

- Sebelum IPAL dioperasikan seluruh peralatan penunjang IPAL harus dipastikan dalam keadaan berfungsi dengan baik.
- Pada saat pertama kali IPAL dioperasikan (*Start Up*), seluruh bak / kolam harus sudah terisi air limbah.
- Disarankan pada start up, air limbah dari laundry tidak dimasukkan ke dalam sistem IPAL dulu, tapi dimasukkan setelah pertumbuhan mikroorganisma air limbah sudah stabil.
- Hidupkan mesin blower untuk memastikan proses aerasi berjalan baik termasuk proses sirkulasi lumpur endapan (*return sludge*) dari bak pengendapan akhir ke bak/kolam aerasi.
- Proses pembiakan/*seeding* memerlukan waktu sekitar 4-8 minggu setelah start up yang dapat dilakukan secara alami dengan menggunakan air limbah domestik yang sudah mengandung mikroba atau menggunakan *seeding* yang diperoleh dari pasaran.
- Indikator stabilitas sistem IPAL dapat dilihat dari pertumbuhan mikroba secara fisik dengan terbentuknya lapisan lendir atau *biofilm* yang menempel pada permukaan dinding bak/kolam aerasi.
- Setelah operasional berjalan selama dua bulan perlu dilakukan pemeriksaan kualitas air limbah pada outlet IPAL untuk mengetahui efisiensi pengolahan. Pemeriksaan kualitas dilakukan minimal 2 kali dalam satu tahun.
- Unit IPAL sistem lumpur aktif sebaiknya dilengkapi dengan bak penampung lumpur (*sludge storage basin*) untuk menampung lumpur dari bak pengendapan akhir. Kemudian jika di bak penampung lumpur sudah mendekati kapasitas bak, maka bisa dikuras dengan menggunakan mobil tangki air kotor/lumpur dan dibuang ke pusat pengolahan air kotor/tinja perkotaan (*Instalasi Pengolahan Air Tinja Perkotaan*). Pengurasan lumpur di dalam bak ekualisasi dilakukan minimal satu tahun sekali atau bila jumlah lumpur sudah menumpuk banyak dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan.

5.1.2. Pengoperasian Blower Udara.

Pencapaian kondisi aerob dalam IPAL lumpur aktif sangat ditentukan oleh kapasitas dan kinerja mesin blower. Untuk mengoperasikan mesin blower ini pastikan suplai listrik tidak terdapat gangguan dan olie mesin terisi secara memadai. Mengingat pengoperasian blower akan berlangsung 24 jam per hari, maka sebaiknya blower disediakan 2 (dua) unit untuk *running* dan *stand by* dengan sistem operasi secara bergantian. Pergantian operasional blower ini diatur menggunakan komponen timer yang terpasang dalam panel listrik dengan interval pergantian 30 – 60 menit.

Apabila suatu saat sistem IPAL atau mesin blower dihentikan operasinya karena kerusakan, maka apabila waktu terhentinya sistem sudah melebihi 24 jam sebaiknya untuk *star up* dilakukan pembiakan/*seeding* kembali.

5.1.3. Pengoperasian Pompa Air Limbah Dan Pompa Sirkulasi.

Seperti halnya pengoperasian mesin blower, maka dalam pengoperasian pompa IPAL baik yang berupa pompa celup (*submersible pump*) maupun pompa sentrifugal harus dipastikan suplai listrik tidak terganggu. Keberhasilan

proses biologi dalam sistem IPAL sangat tergantung pada kesesuaian debit air limbah yang dikeluarkan pompa kapasitas desain, untuk itu ketepatan pemilihan kapasitas pompa sangat diperhatikan. Untuk amannya pengaturan debit air limbah yang masuk sistem, maka pada pipa outlet (discharge) sebaiknya dipasang pipa by pass yang dilengkapi dengan valve.

Khusus untuk pompa celup, pengoperasiannya biasanya secara otomatis, dimana pompa dilengkapi dengan *water level control* (WLC) IPAL yang tingkat ketinggian level operasinya tergantung pada penyetelan WLC oleh teknisi. Pompa ini dalam aplikasinya digunakan untuk mengatur pemasukkan debit air limbah dari bak equalisasi ke dalam bak aerasi atau dapat digunakan juga untuk sirkulasi air lumpur dari bak pengendapan akhir menuju bak aerasi sebagai lumpur balik (return sludge) yang dioperasikan secara terus menerus.

5.2. Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah

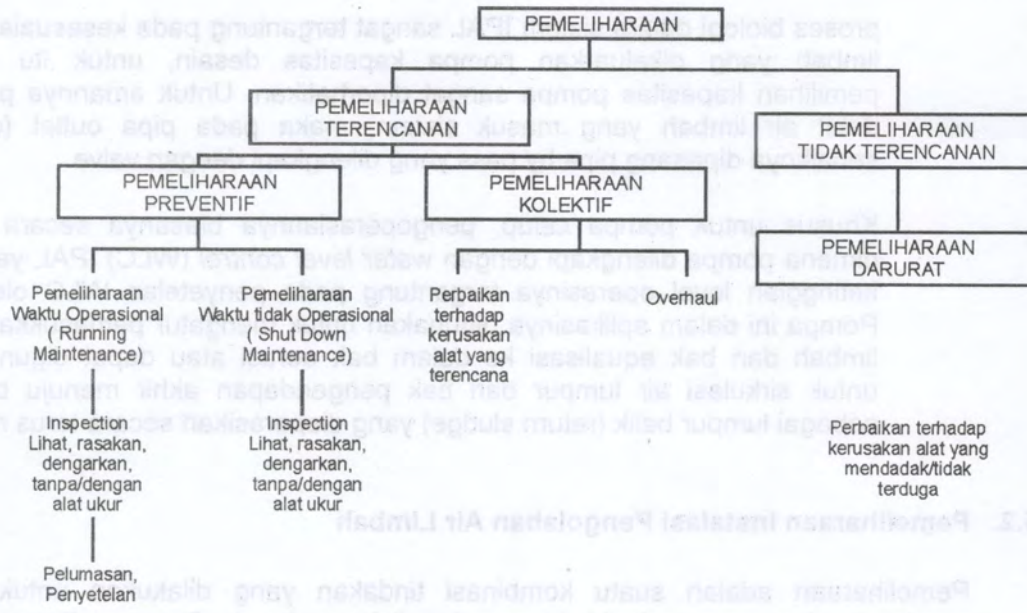
Pemeliharaan adalah suatu kombinasi tindakan yang dilakukan untuk menjaga peralatan atau memperbaiki hingga kondisinya dapat diterima. Dalam kegiatan pemeliharaan ini, maka aspek yang perlu diperhatikan adalah :

- Sumber daya manusia, teknisi terlatih
- Fasilitas kerja, lengkap
- Dokumen teknis penyerta, lengkap
- Suku cadang, sesuai kebutuhan alat
- Mekanisme kerja tersedia, dipahami dan dilaksanakan
- Bahan pemeliharaan, sesuai kebutuhan alat
- Material bantu sesuai kebutuhan alat
- Prosedur tetap pemeliharaan tersedia

Pemeliharaan IPAL sistem lumpur aktif dapat dibedakan menjadi dua jenis, yakni pemeliharaan terencana dan pemeliharaan tidak terencana. Pemeliharaan terencana dapat dibedakan lagi menjadi pemeliharaan pencegahan dan pemeliharaan korektif. Sedangkan pemeliharaan tak terencana berupa pemeliharaan darurat.

Pemeliharaan pencegahan adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah dilakukan sebelumnya, meliputi pemeriksaan (termasuk penyetelan dan pelumasan) tanpa harus menghentikan kegiatan dan penggantian komponen minor (pekerjaan langsung yang berasal dari pemeriksaan) yang perlu menghentikan kegiatan.

Pemeliharaan korektif adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian (termasuk penyetelan dan reparasi) yang telah terhenti untuk memenuhi suatu kondisi yang dapat diterima, meliputi reparasi minor yang tidak ditemukan waktu pemeriksaan dan overhaul atau perbaikan menyeluruh yang terencana. Skematik program pemeliharaan IPAL disajikan seperti gambar berikut.



Gambar 5.1. Skematik Program Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Dalam melaksanakan program pemeliharaan IPAL, maka materi program difokuskan kepada kegiatan menjalankan, menjaga dan mengawasi terhadap aspek-aspek :

- Sistem (kinerja /proses pengolahan limbah)
- Kondisi (lingkungan, bangunan, alat mekanikal dan elektrik, piping dll)
- Fungsi (alat ME dan piping)

Untuk memelihara agar sistem IPAL tetap terjaga, maka aspek yang perlu diperhatikan bagi operator IPAL adalah :

- Kesesuaian BOD loading (kualitas dan debit) aktual dengan desain
- Misal : Netralisasi limbah laundry/lab, mengatur debit aliran masuk dengan valve
- Jaminan sistem pengaliran air limbah dari urutan unit operasi/proses IPAL berjalan baik
- Misal : Kontrol pompa submersible secara ketat, gangguan aliran oleh lumpur dll
- Keberlangsungan operasi fungsi alat IPAL (pompa, blower, panel, diffuser, tabung filter dll)
- Keberlangsungan kinerja sistem IPAL (nutrisi, bakteri, pH, suhu, oksigen, MLSS, return sludge dll)

Sedang untuk memelihara agar sistem IPAL tetap terjaga, maka aspek yang mempengaruhi kondisi dan fungsi IPAL yang perlu diperhatikan bagi operator IPAL adalah :

- Program pemeliharaan peralatan IPAL
 - Ketersediaan program
 - Implementasi
 - Monitoring dan evaluasi
 - Tindak lanjut
- Kemampuan SDM terhadap keteknisan peralatan IPAL
 - Ketersediaan SDM – memadai
 - Kemampuan teknis tenaga
- Manual/pedoman pemeliharaan peralatan IPAL
- Pembiayaan
 - Bahan dan peralatan kerja
 - Spare part

Kegiatan pemeliharaan IPAL secara rinci berdasarkan jenis peralatan mekanikal dan elektrik diuraikan sebagai berikut :

Tabel 5.1. Kegiatan pemeliharaan IPAL

No.	Aspek Peralatan/sistem	Kegiatan Pemeliharaan
1	Pompa (misal jenis submersible pump)	<ul style="list-style-type: none"> • Pengangkatan dan pembersihan serat sampah pada impellernya untuk mencegah motor terbakar • Pengecekan Instalasi kabel listrik untuk memastikan tidak bocor/konslet • Pemeriksaan Instalasi pipa untuk memastikan tidak bocor
2	Mesin Blower (Misal jenis Root Blower)	<ul style="list-style-type: none"> • Pembersihan fisik mesin • Pengisian olie secara berkala • Pengecekan Instalasi kabel listrik untuk memastikan tidak bocor/konslet • Pemeriksaan Instalasi pipa untuk memastikan tidak bocor • Pengecekan fleksible joint untuk memastikan tidak aus/bocor • Pengecekan keausan vanbelt/karet motor tidak aus • Pengecekan bunyi blower untuk mengetahui kemungkinan kelainan akibat kerusakan
3	Diffuser	<ul style="list-style-type: none"> • Pengamatan perbedaan bubble/gelembung udara, yang menggambarkan kondisi diffuser yakni membran pecah atau tersumbat • Pengecekan kepastian Instalasi pipa udara dari blower menuju diffuser pastikan tidak bocor

4	Panel listrik	<ul style="list-style-type: none"> • Pembersihan fisik bagian luar dan dalam • Pengecekan Instalasi kabel listrik untuk memastikan tidak bocor/konslet • Pengamatan lampu indikator apakah masih berfungsi • Pengecekan untuk memastikan MCB masih layak pakai
5	Kualitas dan debit	<ul style="list-style-type: none"> • Lakukan swapantau parameter minimal pH, suhu dan debit • Pengecekan debit yang masuk agar selalu sesuai dengan debit desain • Lakukan uji kualitas 1 kali/3 bulan (influen dan efluen) • Pengamatan pertumbuhan bakteri di bak aerasi (lihat warna air, biofloc dan biofilm pada dinding bak/biomedial) • Pengecekan proses return sludge tetap berjalan
6	Kinerja IPAL	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil analisis laboratorium limbah cair influen dan efluen • Perhitungan Debit air limbah • Perhitungan efisiensi (removal efficiency) IPAL (%) • Perhitungan SVI (suspended volume index) • Perhitungan beban limbah cair (BOD loading) • Perhitungan satuan produksi air limbah (liter/TT/hari) • Jenis dan frekuensi kerusakan peralatan

Sedang kegiatan pemeliharaan pada rangkaian unit operasi dan unit proses IPAL sistem lumpur aktif secara rinci diuraikan pada **lampiran 2**.

Untuk menjamin kelayakan operasional pada IPAL, ikutilah observasi berikut ini:

- a. Plant selalu bersih dan teratur setiap waktu. untuk menjaga umur peralatan lebih panjang.
- b. Cek peralatan untuk kelayakan operasional
- c. Gunakan spesifikasi oli atau grease yang digunakan.
- d. Setelah sebulan beroperasi periksa kekuatan semua baut yang menggabungkan instalasi dan berikutnya secara periodik periksa cat-cat yang ada di sekitar kepala baut, hal ini dapat menimbulkan karat. Baut mounting

- motor dan baut penyambung lainnya akan bergetar, secara periodik dicek dari kerusakan.
- Sedapat mungkin tidak ada sampah padat (plastik, kain, batu, softex, dll) yang masuk ke dalam sistem IPAL.
 - Bak kontrol harus dibersihkan secara rutin minimal satu minggu sekali atau segera jika terjadi penyumbatan oleh sampah padat.
 - Menghindari masuknya zat-zat kimia beracun yang dapat mengganggu pertumbuhan mikroba yang ada di dalam bak/kolam aerasi misalnya, cairan limbah perak nitrat, merkuri atau logam berat lainnya.
 - Perlu pengurasan lumpur di dalam bak ekualisasi / bak pengendap awal secara periodik untuk menguras lumpur yang tidak dapat terurai secara biologis. Biasanya dilakukan 6 bulan sekali atau disesuaikan dengan kebutuhan.

5.3. Penanggulangan Masalah / Gangguan pada proses lumpur aktif

Beberapa Permasalahan Di dalam Proses Lumpur Aktif dan Penanggulangannya dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Beberapa Permasalahan Di dalam Proses Lumpur Aktif dan Penanggulangannya.

Masalah	Kemungkinan Penyebab	Pemecahan Masalah
Terjadi buih putih kaku dan mengambang di permukaan bak aerasi	Umur lumpur (SRT) yang masih muda di dalam bak aerasi dengan beban organik yang tinggi (MLSS rendah). Masalah ini biasanya terjadi selama proses start up dan sifatnya temporer.	Mengatur beban organik sesuai dengan disain kapasitasnya (F/M), mengurangi jumlah limbah yang masuk sampai mencapai target F/M yang sesuai.
	Terjadi pelepasan padatan yang berlebih (<i>excessive solids carryover</i>) dari bak pengendapan akhir sehingga jumlah sirkulasi lumpur yang masuk bak aerasi berkurang.	Memperbesar laju sirkulasi lumpur yang masuk ke bak aerasi untuk meminimalkan padatan (<i>solids</i>) yang keluar (<i>carryover</i>).
	Konsentrasi DO yang terlalu rendah atau terlalu tinggi di dalam bak aerasi.	Menjaga konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada level antara 2,0 mg/l dan 3,0 mg/l. Selain itu dilakukan pengadukan yang merata di dalam bak aerasi agar tidak terjadi ruang mati (<i>dead space</i>).

	Adanya senyawa toxic (racun) misalnya logam berat baktericida, pH yang terlalu tinggi/rendah. Kemungkinan juga disebabkan karena kecepatan pengambilan oksigen yang sangat rendah kurang dari 5 mg/g-jam.	Membuang lumpur yang toxic keluar sistem. Melakukan seeding kembali dengan menggunakan lumpur aktif dari IPAL lain yang beroperasi dengan baik.
Timbul buih warna coklat gelap mengkilat di permukaan bak aerasi	Beban organik (F/M) terlalu rendah akibat pembuangan lumpur kurang.	Meningkatkan laju pembuangan lumpur dengan jumlah tidak lebih dari 10 % per hari sampai terlihat buih hilang.
	Terjadi ketidakseimbangan laju sirkulasi lumpur yang masuk ke bak aerasi.	Menyeimbangkan resirkulasi lumpur aktif ke bak aerasi.
Terjadi buih atau scum tebal berwarna coklat gelap di permukaan bak aerasi.	Beban organik (F/M) di bak aerasi terlalu kecil akibat pembuangan lumpur yang tidak sesuai.	Meningkatkan laju pembuangan lumpur dengan jumlah tidak lebih dari 10 % per hari sampai terlihat buih hilang.
	Masuknya scum atau lemak (grease) ke bak aerasi.	Cek sistem pemisahan scum atau lemak pada proses pengolahan primer atau pengolahan awal dan lakukan proses operasi yang sesuai.
Buih berwarna gelap dan berminyak masuk ke bak pengendap akhir atau clarifier.	Terjadi pertumbuhan bakteri filamen (filamentous bacteria) misalnya Nocardia.	Kontrol influen dan recycle minyak atau lemak. Menurunkan MCRT untuk menghilangkan bakteri dari sistem. Jika memungkinkan mengambil buih atau scum dari bak aerasi atau bak pengendap akhir secara fisik.
Buih ringan yang fresh dengan jumlah yang tidak terlalu banyak.	Pada dasarnya tidak menjadi masalah. Umumnya menunjukkan proses berjalan baik.	-

<p>Terjadi lumpur keruh naik dan mengambang di permukaan di seluruh permukaan bak pengendap atau clarifier. Pengendapan Lumpur (MLSS) lambat. Tidak terdapat adanya mikroorganisma filament atau kalau ada jumlahnya sangat sedikit.</p>	<p>Adanya senyawa racun menyebabkan pertumbuhan mikroba terdispersi. Beban organik terlalu besar dan suplai oksigen atau udara kurang.</p>	<p>Mengurangi jumlah limbah yang masuk. Memperbesar suplai udara di dalam bak aerasi. Mengurangi rasio sirkulasi lumpur. Untuk membantu pengendapan lumpur di dalam bak pengendap akhir dapat menggunakan polimer. Proses khlorinasi tidak efektif untuk mengatasi bulking akibat pertumbuhan terdispersi.</p>
<p>Sama dengan atas tetapi terdapat mikroorganisma filament dalam jumlah yang banyak.</p>	<p>Konsentrasi DO yang sangat rendah di dalam bak aerasi menyebabkan <i>filamentous bulking</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Jika konsentrasi DO di dalam bak aerasi terlalu rendah dan merata maka suplai udara harus ditingkatkan. Jika konsentrasi DO rendah hanya pada bagian-bagian tertentu di dalam bak aerasi maka cek distribusi udara agar merata. Cek difuser terjadi kebuntuan atau tidak. • Menurunkan beban organik (F/M), jika memungkinkan melakukan khlorinasi terhadap lumpur balik (return sludge) dengan dengan konsentrasi 1 – 10 g Klor/hari per 1000 g MLSS dimulai dengan konsentrasi rendah. Lakukan monitoring kekeruhan dan analisa kemampuan pengendapan lumpur. • Menambahkan polimer untuk mengatasi masalah pengendapan lumpur.
	<p>Pembusukan influen limbah, konsentrasi sulfida cukup besar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Periksa saluran sistem aerasi bekerja dengan baik. • Periksa aerasi di dalam grid chamber berjalan dengan baik.

Turunnya pH di dalam sistem lumpur aktif dan proses nitrifikasi tidak berjalan dengan baik	Kurangnya penambahan zat alkali untuk mengganti alkalinitas yang dibutuhkan untuk proses nitrifikasi.	Cek alkalinitas pada efluen bak pengendap akhir. Jika kurang dari 20 mg/l lakukan penambahan zat alkali misalnya kapur (lime) ke dalam influen bak aerasi.
	Penambahan atau masuknya senyawa asam ke dalam saluran air limbah.	Cek pH dan alkalinitas influen air limbah. Lakukan pengecekan terhadap sumber limbah yang asam.
Proses nitrifikasi tidak berjalan dengan sempurna. Konsentrasi amoniak di dalam efluen melebihi batas yang diijinkan	Konsentrasi oksigen terlarut (DO) tidak cukup untuk proses nitrifikasi. Waktu tinggal di dalam bak aerasi terlalu singkat.	Cek konsentrasi oksigen terlarut (DO) di dalam bak aerasi. Konsentrasi DO tidak kurang dari 2 mg/l. Jika Konsentrasi DO < 2 mg/l, lakukan penambahan suplai udara atau mengurangi beban organik yang masuk ke bak aerasi.
	Suhu yang terlalu dingin yang mengakibatkan proses nitrifikasi berjalan lambat.	Menurunkan beban organik yang masuk ke dalam sistem, meningkatkan konsentrasi MLVSS dengan cara meningkatkan konsentrasi MLSS.
	Alkalinitas influen rendah.	Cek alkalinitas influen air limbah. Jika terlalu rendah tambahkan senyawa alkali (kapur) ke dalam influen. Jika bak aerasi zona 1 tidak dioperasikan untuk zona anoksik, lakukan proses anoksik untuk meningkatkan alkalinitas.
Kecepatan pengendapan MLSS rendah.	Bulking yang disebabkan oleh organisme filament.	Cek DO dan pH..
Pin floc di dalam bak pengendapan akhir.	Umur lumpur yang terlalu lama.	Membuang Lumpur dari bak pengendap ke sludge drying bed.
Banyak busa	<ul style="list-style-type: none"> • Aerasi berlebihan • Sedikit lumpur • Banyak kandungan detergent 	<ul style="list-style-type: none"> • Kurangi waktu aerasi • Biasanya terjadi pada waktu permulaan operasi • Kurangi sebelum masuk ke IPAL

IPAL tidak bekerja secara otomatis	<ul style="list-style-type: none"> • Kesalahan pengesetan waktu • Saklar beban turun 	<ul style="list-style-type: none"> • Periksa sistem kelistrikan • Tekan tombol reset
Lumpur terkumpul di permukaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pompa lumpur tidak cukup untuk membuang lumpur • Jumlah lemak yang terlalu banyak • *Untuk detail-detail mengenai lumpur akan dibicarakan lebih lanjut 	<ul style="list-style-type: none"> • Cek pompa dari kemungkinan tersumbat • Periksa dan bersihkan penangkap lemak jika diperlukan
Banyak lumpur melewati saluran pembuangan	<ul style="list-style-type: none"> • Pompa lumpur tidak dapat membuang lumpur, sehingga lumpur terlalu banyak di tangki • Beban air limbah melebihi kapasitas IPAL 	<ul style="list-style-type: none"> • Cek volume lumpur dan saluran udara dan tabung pompa dari tersumbat • Cek aliran limbah dan volume • Analisa limbah terhadap BOD dan lumpur

*Catatan : Untuk catatan tambahan mengenai permasalahan lumpur dijelaskan pada section Microscopic Examinations

Masalah	Kemungkinan Penyebab	Pemecahan Masalah
Penurunan kandungan COD / BOD terlalu kecil	Jumlah lumpur aktif terlalu sedikit	Cek konsentrasi dan warna lumpur aktif meningkatkan MLSS dgn menambah makanan glukosa, molase, menaikkan volume return sluge ke bak aerasi.
	Aerasi dan kebutuhan oksigen tidak cukup	Naikkan tingkat / durasi suplai oksigen
	Limbah yang masuk tidak dapat didegradasi (COD: terlalu tinggi; BOD: o.k.)	Periksa sumber limbah, lakukan pengolahan pendahuluan
Tingkat penurunan Nitrogen terlalu kecil;	Tahap Start up	<p>Menaikkan kandungan oksigen di bak aerasi.</p> <p>Meningkatkan waktu tinggal air limbah di bak aerasi.</p> <p>Menambah suplai oksigen di bak effluen.</p> <p>Menambah unit biofilter</p> <p>Meningkatkan konsentrasi kaporit pada bak effluen</p> <p>*Tidak perlu tindakan: Nitrification / Denitrification dapat dicapai dalam beberapa hari.</p>

Kandungan Ammonia yang tinggi di effluent	Umur lumpur masih pendek	Cek konsentrasi lumpur aktif, pemeriksaan secara visual, turunkan jumlah pembuangan lumpur
	Kapasitas Nitrifikasi terlalu kecil	Naikkan tingkat aerasi
Kandungan Phosphorus melewati batas	Konsentrasi terlalu tinggi pada penurunan secara biologis	Pergunakan presipitasi dengan lime(kapur), ferric chloride ($FeCl_3$) (lihat juga: bagian persiapan dan pemberian dosis bahan kimia) Proses monitoring MLSS pada bak erasi di jaga sesuai kriteria.
	Pemberian dosis ferric chloride tidak bekerja	Cek larutan dalam tangki dosis, sistem dosing dan kapasitas dosis
Sludge Bulking : Terdapat lumpur di effluent		Cara sederhana: Tambahkan Poly-Electrolite atau Ferric Chloride untuk memperbaiki pengendapan
Lumpur tidak mau mengendap	Terlalu tinggi beban organik (kg BOD tiap hari)	Periksa sumber yang punya beban tinggi; turunkan beban organik
	pH rendah	Perbaiki pH dengan menambah kapur tohor (<i>add lime or hydrated lime</i>)
	Tumbuh bakteri filamentos	Cek komposisi limbah untuk BOD, Nitrogen dan Phosphorus Dalam hal presipitasi Phosphorus: Cek tingkat dosisnya
	Terdapat racun pada Inflow	Identifikasikan sumbernya; lakukan pengolahan pendahuluan
	Terlalu tinggi tingkat aerasinya	Kurangi aerasi pada saat aliran influen sedikit (malam hari)
Terdapat endapan pada efluen Pengendapan lumpurnya bagus	Terlalu banyak endapan di tangki biologis sehingga endapan mengalir bersama efluen pada saat akhir decanting	Perbanyak pengambilan lumpur. Sehingga jarak permukaan lumpur paling atas dengan limpahan air buangan tidak kurang dari 40 cm pada saat akhir decanting

Terdapat endapan di efluen (pin-point size)	Untuk lumpur tua: Waktu tinggal lumpur dalam tangki terlalu lama	Turunkan umur lumpur dengan cara meningkatkan banyaknya pembuangan lumpur
	Untuk sistem yang lebih dari satu tangki lumpur aktif: tidak tersedia cukup limbah yang diolah untuk beroperasi	Kurangi tangki lumpur aktif yang beroperasi selama inflow limbah masih sedikit
Rising Sludge: Pengendapan bagus tapi muncul lagi ke permukaan	Terlalu tinggi tingkat aerasinya	Turunkan kapasitas aerasi
	Reaksi denitrifikasi terjadi setelah pengendapan	Cek komposisi limbah yang diolah dan lumpurnya / konsentrasi endapan dalam tangki
TSS terlalu tinggi	Pengendapan yang tidak sempurna Kualitas lumpur pada bak aerasi tidak sempurna.	Memperbesar volume bak sedimentasi. Menambah unit filtrasi.(sand filter, karbon filter) Mengatur debit pada inlet apabila kapasitas masih memungkinkan
Bau busuk di tangki (bau telur busuk)	Kondisi anaerobik di tangki	Tingkatkan kapasitas aerasi
	Jumlah lumpur aktif terlalu sedikit	Cek konsentrasi endapan dan aktifitas biologisnya (penurunan kandungan BOD)

5.4. Penyelesaian masalah pada pengoperasian desinfeksi

Tabel 5.3. Beberapa Permasalahan Pengoperasian Desinfeksi Di dalam Proses Lumpur Aktif dan Pemecahan Masalahnya

Masalah	Kemungkinan Penyebab	Pemecahan Masalah
Perhitungan bakteri coli tidak memenuhi (dibawah) standar desinfeksi	Sisa chlorine terlalu rendah	Tingkatkan debit chlorine
	Tidak cukupnya kontrol chlorine residu	Cek perlengkapan dan prosedur untuk menentukan chlorine residu
	Terdapat endapan di kolam desinfeksi	Bersihkan kolam desinfeksi
	Debit air melewati tembok pembatas	Cek muka air dan pipa keluaranya
	Kapasitas chlorinasi terlalu rendah	Dibutuhkan kapasitas dosis yang lebih tinggi; hubungi CONSORTIUM

Tidak dapat memperoleh chlorine residu	Debit dosis terlalu kecil	Perbesar debit dosis
	Kebutuhan bahan kimia yang banyak	Cek kualitas air buangan terolah dan air buangan yang masuk
	Hasil tes berubah-ubah	Tambahkan asam sulfat pada sampel
	Dosis maksimum tidak dapat dicapai	Cek sistem dosis: <ul style="list-style-type: none"> • tekanan gas, bocor • ada kotoran di injektor • injektor aliran air lihat petunjuk dari pabrik
Terdapat variasi yang lebar pada residual chlorine efluen	Meter pengukur aliran chlorine terlalu kecil	Gunakan yang berkapasitas besar
	Kurang teraduknya antara air buangan terolah dengan air yang mengandung chlor	Cek peralatan pengaduk dan instalasinya
Terlalu tinggi chlorine yang dilepas di lingkungan	Cek dosis yang cocok	Pasang instalasi penurun chlor

5.5. Pelaksanaan K3 bagi pelaksana di IPAL

Pengelolaan air limbah rumah sakit harus menyertakan upaya perlindungan dan pemantauan kesehatan dan keselamatan kerja bagi pelaksana IPAL, baik yang berhubungan langsung maupun tidak langsung dengan air limbah secara menyeluruh dan terus menerus.

Beberapa aspek Jaminan pelaksanaan kesehatan dan keselamatan kerja yang harus dipenuhi/dicakup agar pelaksana IPAL senantiasa sehat prima dan bekerja dengan baik, meliputi :

- a. Kelengkapan peralatan K3 untuk digunakan saat bekerja, antara lain:
 - Alat Pelindung Diri (APD) saat bekerja di IPAL dan laboratorium swapantau lingkungan, antara lain : pakaian kerja, sarung tangan, earplug, masker, sepatu, kacamata pelindung, sarana cuci tangan.
 - Tersedianya APAR.
 - Pengawasan penerapan ergonomi saat bekerja di IPAL.
 - Tersedianya alat pengangkat dan pengangkut untuk mengangkat dan mengangkut mesin-mesin dan benda-benda berat.
 - Tersedianya Prosedur Tetap (Protap) / Standar Operational Procedure (SOP) dalam bekerja dan mengoperasikan peralatan.

- b. Jaminan kesehatan bagi pelaksana, antara lain:
 - Pemberian extrafooding bagi pelaksana IPAL
 - Pemeriksaan kesehatan bagi operator IPAL secara berkala min. 1 tahun terhadap darah, HBsAg, telinga, kulit, saluran pernafasan, sistem pencernaan dan lain-lain. Selain itu dilengkapi Data Rekam Medik dari operator IPAL seperti pada gambar di lampiran 3 dan 4.
 - Pemberian imunisasi bagi petugas operator, khususnya imunisasi hepatitis.

BAB VI MONITORING DAN EVALUASI

6.1. Monitoring

Monitoring adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk memantau proses IPAL yang dilakukan secara terus menerus, dan dilakukan secara berkala dalam waktu periode tertentu per satuan waktu seperti mingguan, bulanan dan tahunan. Hal ini sangat bergantung pada seberapa besar pengaruh aspek yang dimonitor tersebut terhadap keberlangsungan proses IPAL. Aspek yang perlu dilakukan monitoring dan IPAL sistem lumpur aktif ini meliputi monitoring terhadap sistem, kondisi dan fungsi peralatan IPAL. Yang merupakan satu kesatuan yang saling mempengaruhi.

Kegiatan monitoring IPAL ini secara teknis dan manajemen pengelolaan meliputi :

1. Monitoring kualitas air limbah

Dalam monitoring kualitas air limbah IPAL sebaiknya memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Gunakan laboratorium rujukan (diakui BPLHD/Dinas LH/Dinas Kesehatan Provinsi/Kabupaten)
Misal : Lab. Dinkes, Lab BTKL, Lab BPLHD dll
- Sampel dikirim terdiri air limbah influen dan efluen (untuk memudahkan komparasi dan perhitungan efisiensi)
- Gunakan parameter standar limbah RS atau yang berlaku lokal
- Frekuensi sampling dan analisis minimal 1 kali/bulan
- Baku mutu air limbah mengacu pada baku mutu nasional sesuai dengan Keputusan MenLH No. 58 Tahun 1995.

Monitoring kualitas air limbah secara lengkap diuraikan seperti pada lampiran 5, sedang Jenis monitoring kualitas air limbah IPAL meliputi :

- **Monitoring Berkala :**
Monitoring yang dimaksud adalah melakukan pengambilan sampel air limbah pada inlet dan outlet IPAL untuk dilakukan pemeriksaan di laboratorium lingkungan (B/BBTKL PPM, LabKes dan lainnya). Monitoring berkala ini dilakukan secara berkala dengan frekuensi minimal 1 kali setiap 3 bulan, dengan parameter yang sesuai dengan Kep. MenLH No.58/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi kegiatan rumah sakit, atau mengikuti baku mutu limbah cair sesuai dengan peraturan daerah yang berlaku.
- **Monitoring rutin (swapantau) :**
Monitoring yang dimaksud adalah melakukan pengukuran lapangan (*in situ*) setiap hari pada kualitas air limbah dengan parameter pH, suhu, Amonia, *Dissolved Oxygen (DO)*, KMnO_4 , TSS, dan dilakukan swapantau pada bak proses aerasi seperti : DO dan debit. Untuk menjamin system berjalan secara optimal.

2. Monitoring debit air limbah

- Menggunakan pendekatan rasional (angka konversi 80-90 % air bersih terpakai menjadi air limbah)
 - Pastikan tidak ada kebocoran pipa air bersih
 - Data gunakan rekening air PDAM/flow meter pompa
 - Satuan M3/hari atau M3/Bulan
- Pencatatan pada flow meter (pencatatan perbedaan kenaikan angka pada flow meter per hari/minggu/bulanbulan) – membutuhkan kedisiplinan tenaga
- Hasil perhitungan debit dan fluktuasinya disajikan dalam laporan bulanan

3. Monitoring efisiensi kinerja air limbah

- Data yang dibutuhkan hasil analisis lab air limbah influen dan effluen
- Perhitungan efisiensi menggunakan satuan % dan diterapkan untuk parameter BOD,COD,TSS, Ammoniak
- Rumus/formulasi :

$$\% \text{ efisiensi BOD} = \frac{(\text{BOD inlet} - \text{BOD outlet})}{\text{BOD Inlet}} \times 100 \%$$

- Hasil perhitungan efisiensi dan fluktuasinya disajikan dalam laporan bulanan

4. Monitoring beban cemaran air limbah

- Data yang dibutuhkan adalah Rata-rata debit harian dan kualitas air limbah influen dan effluen
- Analisis BOD loading hasil perhitungan dibandingkan dengan BOD loading hasil perencanaan (BOD loading desain IPAL) – BOD loading hasil perhitungan harus di bawah BOD loading desain, bila di atas maka kinerja IPAL over loading (pengaruh ke kualitas air limbah effluen)
- Rumus/formulasi :

$$\text{BOD loading (Kg BOD/hari)} = \text{Debit (M3/hari)} \times \text{konsentrasi BOD influen (mg/l)}$$

- Hasil perhitungan BOD loading dan fluktuasinya disajikan dalam laporan bulanan

5. Monitoring satuan produksi air limbah

- Data yang dibutuhkan : debit air limbah, jumlah tempat tidur (TT) dan data BOR rata-rata bulanan
- Perhitungan produksi air limbah menggunakan Liter/TT/hari
- Rumus/formulasi :

$$\text{Sat Prod. AL} = \frac{\text{Volume air limbah (M3/bln)}}{(\text{Jml TT} \times \% \text{ BOR})} : 30 \text{ hari}$$

- Hasil perhitungan satuan produksi air limbah dan fluktuasinya disajikan dalam laporan bulanan

6.2. Evaluasi

Pelaksanaan evaluasi kinerja IPAL sistem lumpur aktif dapat dilakukan terhadap sistem, kondisi dan fungsi peralatan. Beberapa pendekatan evaluasi dimaksud meliputi :

1. Membandingkan kualitas air limbah dengan baku mutu air limbah
2. Membandingkan kondisi sistem IPAL dengan standar teknis/desain IPAL
3. Membandingkan kondisi dan fungsi peralatan IPAL dengan data teknis yang tercantum dalam manual alat
4. Analisis kecenderungan atas fluktuasi debit, efisiensi, beban cemaran dan satuan produksi air limbah

Hasil monitoring dan evaluasi di atas sebaiknya disusun dalam laporan tertulis sebagai bentuk dokumentasi untuk keperluan pemenuhan sistem manajemen air limbah pada sarana kesehatan.

BAB VII PENUTUP

Fasilitas kesehatan dapat menghasilkan limbah cair dan juga limbah padat medis serta klinis yang sebagian bersifat infeksius. Upaya pengelolaan limbah cair khususnya domestik di fasilitas kesehatan di Indonesia pada dasarnya telah dilakukan dengan berbagai cara atau proses pengolahan oleh pihak penyelenggara fasilitas kesehatan agar limbah cair domestik yang dibuang melalui efluen proses pengolahannya dapat memenuhi persyaratan.

Perlu disadari bahwa sarana dan fasilitas pengolahan limbah cair domestik yang dimiliki oleh fasilitas kesehatan dari proses pengolahan yang sederhana hingga proses pengolahan yang lengkap telah dilakukan. Dengan keadaan tersebut maka fasilitas pengolahan yang masih sederhana secara bertahap harus ditingkatkan kemampuannya, sedangkan yang proses pengolahannya sudah lengkap perlu dilakukan pengolahan dan operasionalisasi dengan lebih baik agar dapat dicapai hasil efluen lebih optimal serta memenuhi persyaratan maupun ketentuan yang berlaku.

Ketenagaan yang bertugas mengelola limbah fasilitas kesehatan sebagian belum memadai, baik aspek kuantitas maupun kualitas, sehingga masih perlu ditingkatkan baik melalui pengadaan dan pendidikan maupun pelatihan bidang kesehatan lingkungan.

Pembiayaan yang dialokasikan oleh pihak penyelenggara fasilitas kesehatan untuk pengelolaan limbah belum mendapat perhatian sebagaimana mestinya, relatif masih terbatas dan perlu diupayakan peningkatan penyediaan pembiayaannya untuk lebih proporsional mengingat bahwa akibat pengelolaan serta operasional pembiayaan yang rendah menimbulkan pengelolaan yang tidak optimal juga.

Dengan buku pedoman ini diharapkan adanya peningkatan kemampuan proses pengolahan limbah cair domestik yang menggunakan proses lumpur aktif serta peningkatan manajemen pengelolaan limbah cair domestik di fasilitas kesehatan. Dengan demikian fasilitas pengolahan yang ada dapat dioperasionalkan lebih optimal dan efisien serta mendapatkan efluen yang memenuhi syarat baku mutu yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- , " *Gesuidou Shissetsu Sekkei Shisin to Kaisetsu* ", Nihon Gesuidou Kyokai, 1984.
- BRATBY, JR (1977) Aspects of sludge thickening by dissolved-air flotation. *Water Poll. Control* 77 421-432.
- BROCK, TD (1970) *Biology of Microorganisms*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- CHUDOBA, J, GRAU, P and OTTOVA, V (1973) Control of activated sludge filamentous bulking II: Selection of micro-organisms by means of a selector. *Water Res.* 7 1389 pp.
- Degreemont, 1991, *Water Treatment Handbook*, Sixth Edition.
- Departemen Kesehatan (1992), *Pedoman Sanitasi Rumah Sakit Di Indonesia*, Direktorat Jenderal PPM & PLP dan Direktorat Jenderal Bina Pelayanan Medik, Jakarta.
- Departemen Kesehatan (2006), *Pedoman Penatalaksanaan Pengelolaan Limbah Padat dan Limbah Cair di Rumah Sakit*, Direktorat Bina Pelayanan Medik Spesialistik, Jakarta.
- Departemen Kesehatan (2007), *Pedoman Penyelenggaraan Pelayanan Di Rumah Sakit*, Direktorat Jenderal Bina Pelayanan Medik, Jakarta.
- Design Criteria for Waterworks Facilities, Japan Water Works Association, 1978.
- Directorate Health Facilities, Ministry of Health of Republic Indonesia & Consortium Hydrotechnic / BWT & AME, (April – September 2000), "IPAL : Pengoperasian, Pemeliharaan dan Analisa Laboratorium", Jakarta.
- EKAMA, GA and MARAIS, GvR (1984) Two improved activated sludge settleability parameters. *IMIESA* 9(6) 20-27.
- EKAMA, GA and MARAIS, GvR (1986) Sludge settleability and secondary settling tank design procedures. *Water Pollut. Control* 85(1)
- EKAMA, GA, MARAIS, GvR, SIEBRITZ, IP, PITMAN, AR, KEAY, GFP, BUCHAN, L, Gabriel Bitton, 1994, *Wastewater Microbiology*, Wiley-Liss, A John Wiley & Sons, Singapore.
- METCALF and EDDY (2003), *Wastewater Engineering: Treatment Disposal, Reuse*, 3rd ed., G. Tchobanoglus and F.L. Burton, eds., McGraw-Hill, Toronto.
- NEETHLING, JB (1984) The Control of Activated Sludge Bulking by Chlorination. Ph.D. dissertation, Dept of Civil Engineering, Univ. of California, Berkeley, CA, USA.
- NEETHLING, JB, JENKINS, D and JOHNSON, KM (1985a) Chemistry, microbiology, and modelling of chlorination for activated sludge bulking control. *J. Water Pollut. Control Fed* 57(8) 882-889.
- NEETHLING, JB, JOHNSON, KM and JENKINS, D (1985b) Using ATP to determine the chlorine resistance of filamentous bacteria, associated with activated sludge bulking. *J. Water Pollution. Control Fed* 57(8) 890-894.

- NEL, M (1991) Personal communication. Biwaler (Pty)Ltd, Johannesburg. 29 July.
- OSBORN, DW, LOTTER, LH, PITMAN, AR and NICHOLLS, HA (1986) *Enhancement of Biological Phosphate Removal by Altering Process Feed Composition*. Water Research Commission Report No. 137/1/86. Pretoria, South Africa.
- SAID, NUSA IDAMAN, IR, M.ENG, (2008), "Pengelolaan Air Limbah Domestik Di DKI Jakarta", Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumber Daya Alam, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta.
- SAID, NUSA IDAMAN, IR, M.ENG, dan INEZA, IR (2002), " Uji Performance Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Proses Biofilter Tercelup", Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material, dan Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta. *Water Pollution Control Fed.* 61, 1 66.
- WILLIAMS, T.M. AND UNZ, R.F. (1989), "The Nutrition of *Thiotrix*, Type 021N, *Beggiatoa* and *Leucothrix* Strains," *Water Research*, 23, 1, pp. 15-22.

Lampiran 1

BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN RUMAH SAKIT

LAMPIRAN B KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP NO. 58 TAHUN 1995 TANGGAL 21 DESEMBER 1995

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 Golongan Koli/ 100 mL	10.000
RADIOAKTIVITAS	
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
⁶⁵ 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

Lampiran 2

MODEL DESAIN IPAL RUMAH SAKIT DENGAN PROSES AEROBIK LUMPUR AKTIF STANDAR (KONVENSIONAL) KAPASITAS 500 m³ PER HARI

1. Disain Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Lumpur Aktif

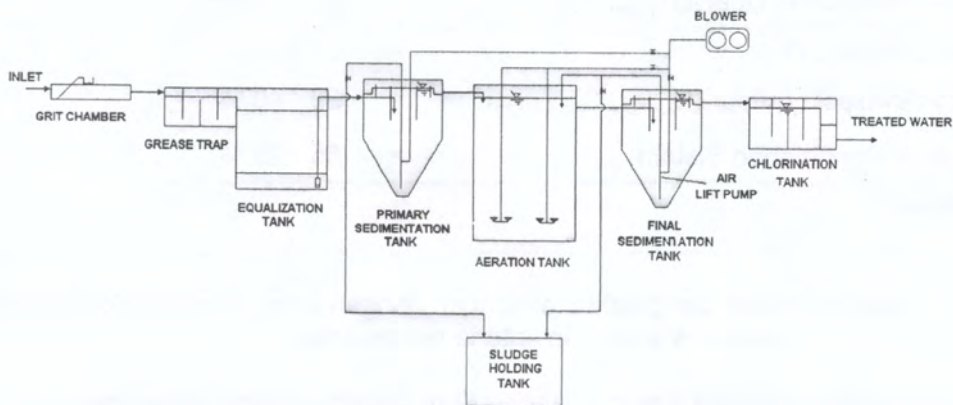
Pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif konvensional (standar) secara umum terdiri dari bak pengendap awal, bak aerasi dan bak pengendap akhir, serta bak khlorinasi untuk membunuh bakteri patogen. Secara umum proses pengolahannya adalah sebagai berikut : air limbah yang berasal dari sarana pelayanan kesehatan ditampung ke dalam bak penampung air limbah. Bak penampung ini berfungsi sebagai bak pengatur debit air limbah serta dilengkapi dengan saringan kasar untuk memisahkan kotoran yang besar. Kemudian, air limbah dalam bak penampung di pompa ke bak pengendap awal.

Bak pengendap awal berfungsi untuk menurunkan padatan tersuspensi (*Suspended Solids*) sekitar 30 - 40 %, serta BOD sekitar 25 % . Air limpasan dari bak pengendap awal dialirkan ke bak aerasi secara gravitasi. Di dalam bak aerasi ini air limbah dihembus dengan udara sehingga mikroorganisma yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah. Energi yang didapatkan dari hasil penguraian zat organik tersebut digunakan oleh mikroorganisma untuk proses pertumbuhannya. Dengan demikian di dalam bak aerasi tersebut akan tumbuh dan berkembang biomassa dalam jumlah yang besar. Biomassa atau mikroorganisma inilah yang akan menguraikan senyawa polutan yang ada di dalam air limbah.

Dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisma diendapkan dan dipompa kembali ke bagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur.

Air limpasan (*over flow*) dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak khlorinasi. Di dalam bak kontaktor khlor ini air limbah dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh mikroorganisma patogen. Air olahan, yakni air yang keluar setelah proses khlorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum.

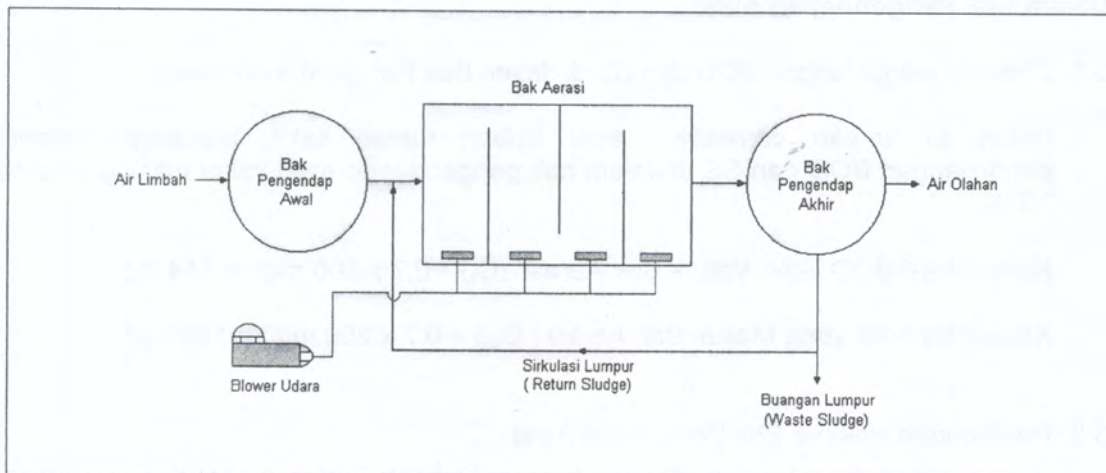
Dengan proses ini air limbah dengan konsentrasi BOD 250 -300 mg/lit dapat diturunkan kadar BOD nya menjadi 20 -30 mg/lit. Skema proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif standar atau konvensional dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram proses pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif standar (konvensional).

Surplus lumpur dari bak pengendap awal maupun akhir ditampung ke dalam bak pengering lumpur, sedangkan air resapannya ditampung kembali di bak penampung air limbah.

Keunggulan proses lumpur aktif ini adalah dapat mengolah air limbah dengan beban BOD yang besar, sehingga tidak memerlukan tempat yang besar. Kriteria perencanaan pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif standar (konvensional) ditunjukkan seperti pada Gambar 2.



KRITERIA PERENCANAAN LUMPUR AKTIF KONVENSIONAL

- Beban BOD :
 - ✓ BOD – MLSS Loading = 0,2 – 0,4 [kg/kg.hari]
 - ✓ BOD – Volume Loading = 0,3 – 0,8 [kg/m³.hari]
- MLSS = 1500 – 2000 mg/l
- Sludge Age = 2 – 4 hari

• Ratio Kebutuhan Udara (Q_{Udara}/Q_{Air})	=	3 – 7 m^3/m^3
• Waktu Aerasi (T)	=	6 - 8 jam
• Ratio Sirkulasi Lumpur ($Q_{Lumpur}/Q_{Air\ Limbah}$)	=	20 - 40 %
• Efisiensi Pengolahan Sistem	=	85 - 95 %
Keterangan :		

Gambar 2. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif standar (konvensional) dan kriteria perencanaan.

Sumber : Gesuidou Shisetsu Sekkei Shishin to Kaisetsu, Nihon Gesuidou Kyoukai (Japan Sewage Work Assosiation)

2 Karakteristik Air Limbah

Kapasitas disain = $500\ m^3 / \text{hari} = 20,83\ m^3 / \text{jam}$

Konsentrasi BOD_{masuk} = 200 mg/l

Konsentrasi SS_{masuk} = 200 mg/l

Konsentrasi BOD_{keluar} = 20 mg/l

Konsentrasi SS_{keluar} = 20 mg/l

$$\text{Efisiensi Penghilangan BOD} = \frac{200 - 20}{200} \times 100 \% = 90 \%$$

3 Disain Bak Pengendapan Awal

3.1 Efisiensi penghilangan BOD dan SS di dalam Bak Pengendapan Awal

Untuk air limbah domestik atau limbah rumah sakit, biasanya efisiensi penghilangan BOD dan SS di dalam bak pengendapan awal yakni masing-masing 30 %.

Konsentrasi BOD yang Masuk Bak Aerasi (C_s) = $0,7 \times 200\ \text{mg/l} = 140\ \text{mg/l}$

Konsentrasi SS yang Masuk Bak Aerasi (C_{ss}) = $0,7 \times 200\ \text{mg/l} = 140\ \text{mg/l}$

3.2 Perhitungan Volume Bak Pengendap Awal

Kriteria Perencanaan :

- Waktu Tinggal di dalam bak =
 - 1,5 – 2,5 jam, kriteria dari Metcalf & Eddy , 2003 hal. 398
 - 1,5 jam, kriteria dari Fujita –Gesuidou Kougaku Enshu, 1988, hal. 324
- Beban permukaan (*surface loading*) atau overflow rate (OFR) =
 - 25 – 30 $m^3/m^2 \cdot \text{hari}$, kriteria dari Fujita –Gesuidou Kougaku Enshu, 1988, hal. 324
 - 30 – 50 $m^3/m^2 \cdot \text{hari}$, kriteria dari Metcalf & Eddy , 2003 hal. 398

- Beban Weir atau weir loading (WL) =
 - > $\leq 250 \text{ m}^3/\text{m.hari}$, kriteria dari Fujita –Gesuidou Kougaku Enshu, 1988, hal. 324
 - > $125 - 500 \text{ m}^3/\text{m.hari}$, kriteria dari Metcalf & Eddy , 2003 hal. 398

Sumber : Japan Sewage Work Assosiation.

Ditetapkan : waktu Tinggal di dalam Bak = 3 jam

$$\text{Volume Bak Pengendapan Awal yang diperlukan} = \frac{3 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hari}} \times 500 \text{ m}^3/\text{hari} = 62,5 \text{ m}^3$$

Kedalaman air efektif = 2,5 meter

Maka, luas area bak yang diperlukan = $62,5 \text{ m}^3 / 2,5 \text{ m} = 25 \text{ m}^2$

Lebar Bak = 5 m \rightarrow Panjang Bak = $25 \text{ m}^2 / 5 \text{ m} = 5 \text{ m}$

Dimensi Bak Pengendap awal :

1. Bak Pengendap awal bentuk persegi :

Lebar	= 5,0 meter
Panjang	= 5,0 meter
Kedalaman Air	= 2,5 meter
Tinggi ruang Bebas	= 0,5 meter

Cek :

$$\text{Volume Efektif} = 5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 62,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Tinggal} = \frac{62,5 \text{ m}^3}{500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 3 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Permukaan (surface loading)} &= \frac{500 \text{ m}^3/\text{hari}}{5 \text{ m} \times 5 \text{ m}} = \\ &= 20 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}. \end{aligned}$$

2. Bak Pengendap awal circular / lingkaran :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \pi (0,5 d)^2 \\ \text{Diameter} &= 2 \times (\text{Luas} / \pi)^{1/2} = 2 \times (25 / 3,14)^{1/2} = 5,64 \text{ meter} \\ &= 5,7 \text{ meter} \\ \text{Kedalaman Air} &= 2,5 \text{ meter} \\ \text{Tinggi ruang Bebas} &= 0,5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned} \text{Volume Efektif} &= \text{Luas} \times \text{Kedalaman efektif} = \pi (0,5 d)^2 \times \text{Kedalaman efektif} \\ &= \pi (0,5 \times 5,7)^2 \times 2,5 = 63,762 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Waktu Tinggal} = \frac{63.762 \text{ m}^3}{500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 3,06 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Permukaan (surface loading)} &= \frac{500 \text{ m}^3/\text{hari}}{\uparrow (0,5\text{m} \times 5,7\text{m})^2} = \frac{500\text{m}^3/\text{hari}}{25,505 \text{ m}^2} \\ &= 19,6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}. \end{aligned}$$

4. Perhitungan Volume Bak Aerasi

4.1 Kriteria Perencanaan

MLSS	: 1500 – 2000 mg/l
BOD – SS Loading (L_s)	: 0,2 – 0,4 kg-BOD/kg-SS.hari
Ratio Sirkulasi Lumpur (R)	: 0,2 - 0,3
Waktu Aerasi	: 6 – 8 jam

4.2 Perhitungan Disain

$$\text{MLSS} = \frac{C_{ss} + R \cdot C_R}{1 + R}$$

di mana C_R adalah konsentrasi SS di dalam lumpur sirkulasi (*return sludge*).
Konsentrasi $C_R = 8000 \text{ mg/l}$

R = ditetapkan 0,25

Jadi :

$$\text{MLSS} = \frac{140 + 0,25 \cdot 8000}{1 + 0,25} \text{ mg/l} = 1712 \text{ mg/l}$$

4.3 Volume Bak Aerasi (V) :

$$V = \frac{Q \times C_s}{\text{MLSS} \times L_s} \text{ m}^3$$

L_s ditetapkan = 0,2 kg-BOD /kg-SS.hari (JSWA)

$$V = \frac{500 \text{ m}^3/\text{hari} \times 140 \text{ g/m}^3}{1712 \text{ g/m}^3 \times 0,2 \text{ kg/kg.hari}} \text{ m}^3 = 204,4 \text{ m}^3$$

Ditetapkan :

Kedalaman Air di dalam Bak = 2,5 m
Lebar Bak = 5,0 meter

Jadi :

$$\text{Panjang Bak} = \frac{204,4 \text{ m}^3}{2,5 \text{ m} \times 5 \text{ m}} = 16,36 \text{ m}$$

Ditetapkan : Panjang Bak = 17 m

Dimensi Bak Aerasi :

Lebar bak = 5,0 m
Panjang Bak = 17 m
Kedalaman efektif = 2,5 m
Tinggi Ruang bebas = 0,5 meter
Volume Efektif Bak Aerasi = 212,5 m³

Waktu Tinggal di dalam Bak Aerasi =

$$\text{Waktu Tinggal} = \frac{212,5 \text{ m}^3}{500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 10,2 \text{ jam}$$

4.4 Perhitungan Beban BOD Di dalam Bak Aerasi

$$\begin{aligned} \text{Beban BOD yang masuk Bak Aerasi} &= 500 \text{ m}^3/\text{hari} \times 140 \text{ gr/m}^3 = \\ &= 70.000 \text{ gr/hari} \\ &= 70 \text{ kg-BOD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah BOD yang keluar} &= 500 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20 \text{ gr/m}^3 = 10.000 \text{ gr/hari} \\ &= 10 \text{ kg-BOD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah BOD yang dihilangkan di dalam Bak Aerasi} &= \\ &= (70 - 10) \text{ kg/hari} = 60 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

4.5 Jumlah Kebutuhan Oksigen

Jumlah kebutuhan oksigen untuk proses aerasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R_o = a' \cdot BOD_R + b' \cdot X$$

dimana :

R_o = Jumlah oksigen yang diperlukan (kg/hari)

a' = Jumlah oksigen yang dikonsumsi per jumlah BOD yang dihilangkan (kg-O₂/kg-BOD). Biasanya $a' = 0,42$

BOD_R = Jumlah BOD yang dihilangkan (kg-BOD/hari)

b' = Oksigen yang dikonsumsi oleh respirasi endogeneous (kg-O₂/kg-MLSS). Biasanya harga $b' = 0,12$

X = jumlah MLSS di dalam Bak Aerasi

$$X = 1696 \text{ gr/m}^3 \times 212,5 \text{ m}^3 = 360.400 \text{ gr} = 360,4 \text{ kg}$$

Jumlah oksigen yang diperlukan = $(0,42 \times 60 + 0,12 \times 360,4)$ kg/hari = 68,5 kg/hari

Berat oksigen per m³ udara adalah 0,285 kg.

Diasumsikan volume oksigen yang terlarut di dalam mixed liquor adalah 5 %.

$$\begin{aligned} \text{Volume udara yang diperlukan} &= \frac{68,5 \text{ kg-O}_2/\text{hari}}{0,285 \text{ kg O}_2/\text{m}^3 \times 0,05} = 4.798,6 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 3,33 \text{ m}^3/\text{menit}. \end{aligned}$$

Jika sirkulasi lumpur menggunakan air lift pump, maka kebutuhan udara akan menjadi lebih besar.

Chek :

$$\begin{aligned} \text{BOD - SS Loading (L}_s) &= \frac{Q \times C_s}{V \times \text{MLSS}} \\ &= (500 \times 140)/(212,5 \times 1696) \text{ kg-BOD/kg-SS.hari} \\ &= 0,194 \text{ kg-BOD/kg-SS.hari} \end{aligned}$$

5 Perhitungan Volume Bak Pengendapan Akhir

Kriteria Perencanaan :

$$\begin{aligned} \text{Waktu Tinggal di dalam bak} &= 2 - 4 \text{ jam} \\ \text{Beban permukaan (surface loading)} &= 25 - 30 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \\ \text{Beban Weir atau weir loading (WL)} &= < 250 \text{ m}^3/\text{m.hari} \end{aligned}$$

Ditetapkan : waktu tinggal di dalam bak = 3 jam

$$\begin{aligned} \text{Volume bak pengendapan akhir yang diperlukan} &= \\ &= \frac{3 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hari}} \times 500 \text{ m}^3/\text{hari} = 62,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kedalaman air efektif = 2,5 meter

$$\text{Maka, luas area bak yang diperlukan} = 62,5 \text{ m}^3 / 2,5 \text{ m} = 25 \text{ m}^2$$

$$\text{Lebar Bak} = 5 \text{ m} \rightarrow \text{Panjang Bak} = 25 \text{ m}^2 / 5 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

- Dimensi bak pengendap akhir :
 - Lebar = 5,0 meter
 - Panjang = 5 m
 - Kedalaman Air = 2,5 meter
 - Tinggi ruang Bebas = 0,5 meter

Chek :

$$\text{Volume Efektif} = 5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 62,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Tinggal} = \frac{62,5 \text{ m}^3}{500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 3 \text{ jam}$$

$$\text{Beban Permukaan (surface loading)} = \frac{500 \text{ m}^3/\text{hari}}{5 \text{ m} \times 5 \text{ m}} = 20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari.}$$

- Bak Pengendap awal circular / lingkaran :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \pi (0,5 d)^2 \\ \text{Diameter} &= 2 \times (\text{Luas} / \pi)^{1/2} = 2 \times (25 / 3,14)^{1/2} = 5,64 \text{ meter} \\ &= 5,7 \text{ meter} \\ \text{Kedalaman Air} &= 2,5 \text{ meter} \\ \text{Tinggi ruang Bebas} &= 0,5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned} \text{Volume Efektif} &= \text{Luas} \times \text{Kedalaman efektif} = \pi (0,5 d)^2 \times \text{Kedalaman} \\ \text{efektif} &= \pi (0,5 \times 5,7)^2 \times 2,5 = 63.762 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Waktu Tinggal} = \frac{63.762 \text{ m}^3}{500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 3,06 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Permukaan (surface loading)} &= \frac{500 \text{ m}^3/\text{hari}}{\pi (0,5 \text{m} \times 5,7 \text{m})^2} = \frac{500 \text{ m}^3/\text{hari}}{25,505 \text{ m}^2} \\ &= 19,6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari.} \end{aligned}$$

6. Perhitungan Produksi Lumpur

Jumlah lumpur aktif yang harus dibuang dapat dihitung menggunakan rumus empiris sebagai berikut:

$$P = Q \cdot Y_{\text{obs}} (S_0 - S) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right)$$

dimana :

Q = Laju alir air limbah, m³/hari

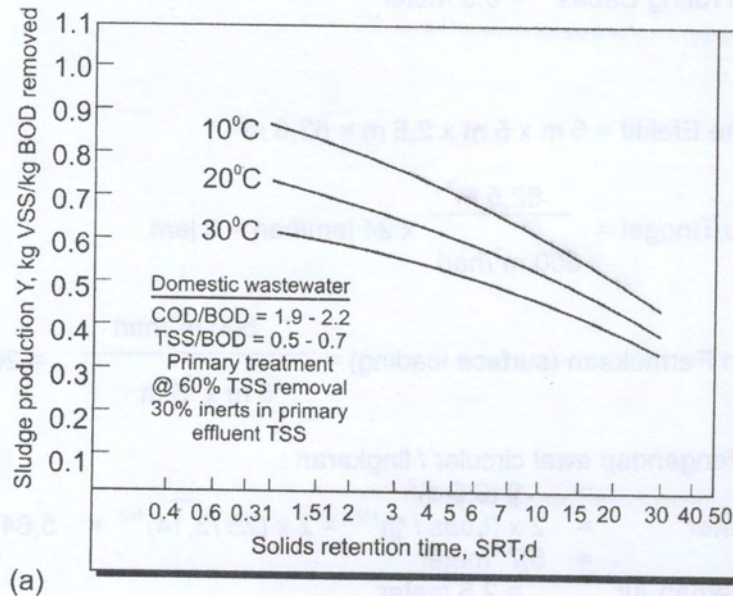
Y_{obs} = Biomassa yield, kg VSS/kg BOD

S₀ = Konsentrasi BOD inlet, g/m³

S = Konsentrasi BOD outlet, g/m³

P = Jumlah lumpur aktif yang harus dibuang dari bak aerasi, (kg/ hari)

Nilai yield biomasa (Y_{obs}) diplot dari grafik antara nilai *solid retention time* terhadap produksi lumpur seperti yang ada pada Gambar berikut :



Grafik hubungan antara SRT (*solid retention time*) terhadap produksi lumpur.

Jadi : Untuk Y_{obs} = 0,5 kg VSS/kg BOD, maka → Jumlah produksi lumpur (P),

$$P = 500 \times 0,5 (140 - 20) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) = 30 \text{ kg/hari.}$$

$$\text{Konsentrasi Lumpur} = 8000 \text{ mg/l} = 8 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume lumpur yang dibuang} = (30 \text{ kg/hari}) / (8 \text{ kg/m}^3) = 3,75 \text{ m}^3/\text{hari}$$

**Desain Kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah
Dengan Sistem Aerobik Lumpur Aktif**

NO	Debit (m ³)	Bak Pengendap Awal					Kolam Aerasi					Bak Pengendap Akhir							
		Panjang (m)	Bentuk Persegi Lebar r (m)	Tinggi (m)	Ruang Bebas (m)	Tinggi (m)	Ruang Bebas (m)	Diameter (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Ruang Bebas (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Bentuk Persegi Tinggi (m)	Ruang Bebas (m)	Tinggi (m)	Ruang Bebas (m)	Diameter (m)
1	500	5	5	2.5	0.5	2.5	0.5	5.7	17	5	2.5	0.5	5	5	2.5	0.5	2.5	0.5	5.7
2	400	5	4	2.5	0.5	2.5	0.5	5.1	14	5	2.5	0.5	5	4	2.5	0.5	2.5	0.5	5.1
3	300	5	3	2.5	0.5	2.5	0.5	4.4	10	5	2.5	0.5	5	3	2.5	0.5	2.5	0.5	4.4
4	200	5	2	2.5	0.5	2.5	0.5	3.6	7	5	2.5	0.5	5	2	2.5	0.5	2.5	0.5	3.6
5	150	5	2	2.5	0.5	2.5	0.5	3.1	5	5	2.5	0.5	3.75	2	2.5	0.5	2.5	0.5	3.1
6	100	3.75	2	2.5	0.5	2.5	0.5	2.6	5	3.5	2.5	0.5	2.5	2	2.5	0.5	2.5	0.5	2.6
7	80	2.5	2	2.5	0.5	2.5	0.5	2.3	4	3.5	2.5	0.5	2	2	2.5	0.5	2.5	0.5	2.3
8	60	2	2	1.9	0.3	1.9	0.5	2.3	4.1	3	2	0.3	2	2	1.9	0.3	1.9	0.3	2.3
9	50	2.1	1.6	1.9	0.3	1.9	0.3	2.1	4.1	2.5	2	0.3	2.1	1.6	1.9	0.3	1.9	0.3	2.1
10	40	1.8	1.6	1.8	0.3	1.8	0.3	1.9	3.3	2.5	2	0.3	1.6	1.6	1.8	0.3	1.8	0.3	1.9
11	30	1.6	1.5	1.6	0.3	1.6	0.3	1.8	3.1	2	2	0.3	1.6	1.5	1.6	0.3	1.6	0.3	1.8
12	20	1.4	1.2	1.5	0.3	1.5	0.3	1.5	2.1	2	2	0.3	1.4	1.2	1.5	0.3	1.5	0.3	1.5
13	10	1.2	0.7	1.5	0.3	1.5	0.3	1.1	2.1	1.3	1.5	0.3	1.2	0.7	1.5	0.3	1.5	0.3	1.1
14	5	1	0.5	1.3	0.3	1.3	0.3	0.8	1.5	1.2	1.2	0.3	1	0.5	1.2	0.3	1.3	0.3	0.8

Lampiran 3

Kegiatan Pemantauan Kualitas Air Limbah

Frekuensi Pengambilan Sampel

- Analisa inflow IPAL :
Titik sampling : air buangan sebelum tangki/kolam aerasi
Sampling: kombinasi sampel selama waktu kerja – tidak diendapkan. Disarankan untuk mengambil sampel sebelum siklus proses mulai.

Parameter	Simbol	Unit	Tiap hari	Mingguan
pH	pH	-	x	
Temperature	T	⁰ C	x	
Chemical Oxygen Demand	COD	mg/l		x
Biological Oxygen Demand	BOD	mg/l		x
Suspended Solids	SS	ml/l	x	
Ammonia-N	NH ₄ -N	mg/l		x
Phosphorus	PO ₄ -P	mg/l		x
Inflow	Q _{in}	m ³	x	

Tabel 1. Frekuensi analisa untuk inflow air buangan

- Analisa lumpur dan larutan pada tangki/kolam aerasi :
Titik sampling : tangki/kolam aerasi
Jenis sampel : grab sample – tidak mengendap

Parameter	Simbol	Unit	Analisa
pH - Value	pH	-	1 x per hari kerja
Temperature	T	⁰ C	1 x per hari kerja
Oksigen (mulai pengadukan)	O ₂	mg/l	1 x per hari kerja
Oksigen (mulai aerasi)	O ₂	mg/l	1 x per hari kerja
Sludge Volume	SV	ml/l	1 x per hari kerja
Suspended Solids	MLSS	g/l	Sesekali
Volatile Suspended Solids	MLVSS	g/l	Sesekali
Zone Settling Velocity or level of sludge before decanting	ZSV	M / h	1 x per minggu

Tabel 2. Frekuensi pengambilan sampel untuk analisa larutan dan lumpur pada tangki/kolam aerasi

3. Analisa efluen IPAL :
Titik sampling: air buangan terolah sebelum tangki desinfeksi.

Parameter	Simbol	Unit	Tiap hari	Mingguan
pH	pH	-	x	
Temperature	T	⁰ C	x	
Chemical Oxygen Demand	COD	mg/l		x
Biological Oxygen Demand	BOD	mg/l		x
Suspended Solids	SS	ml/l	x	
Ammonia-N	NH4-N	mg/l		x
Nitrat	NO3	mg/l		x
Phosphorus	PO4-P	mg/l		x
Inflow	Qin	m ³	x	

Tabel 3. Frekuensi pengambilan sampel untuk analisa efluen air buangan

4. Analisa Residual Klorine
Titik sampling : sampel dari air buangan terolah setelah tangki desinfeksi

Parameter	Simbol	Unit	Analisa
Residual Chlorine	Cl	-	1 x per minggu

Tabel 4. Frekuensi untuk analisa residual klorine

5. Monitoring Pengolahan Lumpur
Titik sampling : setelah dewatering; tangki stabilisasi

Parameter	Simbol	Unit	Analisa	Remark
Volume lumpur ke thickening	QDT	m ³	1 x per minggu	Pump running time
Lumpur ke tangki stabilisasi	Qstab	m ³	1 x per minggu	
Lumpur yang dibuang	Qsludge	m ³	jika butuh	
Tangki stabilisasi				
Sludge volume	Vstab	m ³	1 x per minggu	
Lumpur kering	SS, stab	g/l	jika butuh	
pH	pH, stab	-	1 x per minggu	
T	T, stab	⁰ C	1 x per minggu	

Tabel 5. Frekuensi untuk analisa pengolahan lumpur

Lampiran 4

KEGIATAN DAN FREKUENSI PENGOPERASIAN DAN PEMELIHARAAN FASILITAS PENGELOLAAN AIR LIMBAH

No.	KEGIATAN	FREKUENSI						
		H	M	2M	B	3B	T	Sp
a.	Penanganan pada sumber							
1.	Alat saniter							
	a) Pembersihan alat saniter	X						
	b) Pemeriksaan fungsi	X						
b.	Penyaluran							
1.	Saluran							
	a) Pembersihan saluran					X		
	b) Pemeriksaan fungsi		X					
	c) Pemeriksaan aliran	X						
2.	Bak kontrol							
	a) Pembersihan			X				
	b) Pemeriksaan fungsi		X					
3.	Bak Penangkap Lemak							
	a) Pembersihan bak		X					
	b) Pemeriksaan lemak					X		
4.	Bak Pengangkat							
	a) Pembersihan bak		X					
	b) Pemeriksaan fungsi	X						
5.	Pompa pengangkat							
	a) Pembersihan		X					
	b) Pemeriksaan fungsi	X						
	c) Pemeriksaan oli/gemuk			X				
	d) Pemeriksaan/penggantian oli							X
	e) Penambahan/penggantian gemuk							X
	f) Pemeriksaan kebisingan					X		
	g) Pemeriksaan getaran					X		
6.	Screen							
	a) Pembersihan	X						
	b) Pemeriksaan kondisi	X						
7.	Grit Chamber							
	a) Pembersihan dinding bak					X		
	b) Pengangkatan limbah padat			X				
8.	Communitor							
	a) Pemeriksaan fungsi	X						
	b) Pemeriksaan oli & gemuk					X		
	c) Penambahan/penggantian oli							X
	d) Penambahan/penggantian gemuk							X
	e) Pemeriksaan alat pemotong					X		
	f) Pembersihan alat pemotong						X	
9.	Sedimentasi awal							
	a) Pembersihan limbah padat	X						
	b) Pemeriksaan alat mekanik		X					
	c) Pemeriksaan level lumpur		X					

Lampiran 5

Prosedur

Ijin Pembuangan Limbah Cair (IPLC) di DKI Jakarta

1. Dasar Hukum

Air merupakan sumber daya alam untuk memenuhi hajat orang banyak sehingga perlu dilestarikan kemampuannya agar tetap bermanfaat bagi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Dan dalam rangka itulah perlu kiranya dilakukan pengendalian beban limbah yang masuk ke perairan/badan air melalui perizinan membuang limbah cair. Ijin pembuangan limbah cair di DKI Jakarta diatur berdasarkan Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 30 tahun 1999, tentang : Pembuangan Limbah Cair. Melalui Ijin Pembuangan Limbah Cair (IPLC) dapat dipantau tentang kepatuhan pemenuhan baku mutu limbah cair, beban limbah, kualitas dan kuantitas limbah cair.

2. Tujuan IPLC

Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 30 Tahun 1999, pasal 2, tujuan IPLC adalah :

Maksud : sebagai upaya pembatasan beban limbah cair yang dibuang ke badan air atau perairan umum serta sumber air.

Tujuan IPLC adalah mengurangi beban pencemaran agar badan air atau sumber air tidak tercemar dan dapat digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan sesuai dengan peruntukannya.

3. Kegiatan Yang Wajib Memiliki IPLC

Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 30 Tahun 1999, pasal 3, kegiatan yang wajib mempunyai IPLC adalah :

1. Setiap orang atau badan hukum yang dalam operasinya akan dan atau telah membuang limbah cair ke perairan umum.
2. Setiap rencana kegiatan baru sebelum diberikan Undang Undang Gangguan (UUG) atau Ijin Pemakaian Bangunan (IPB).
3. Bagi rencana kegiatan yang dilengkapi AMDAL dan berdasarkan studinya harus lebih ketat dari ketentuan baku mutu limbah cair (BMLC) maka pembatasan limbahnya didasarkan pada hasil studi AMDAL tersebut.

4. Tata Cara Memperoleh IPLC

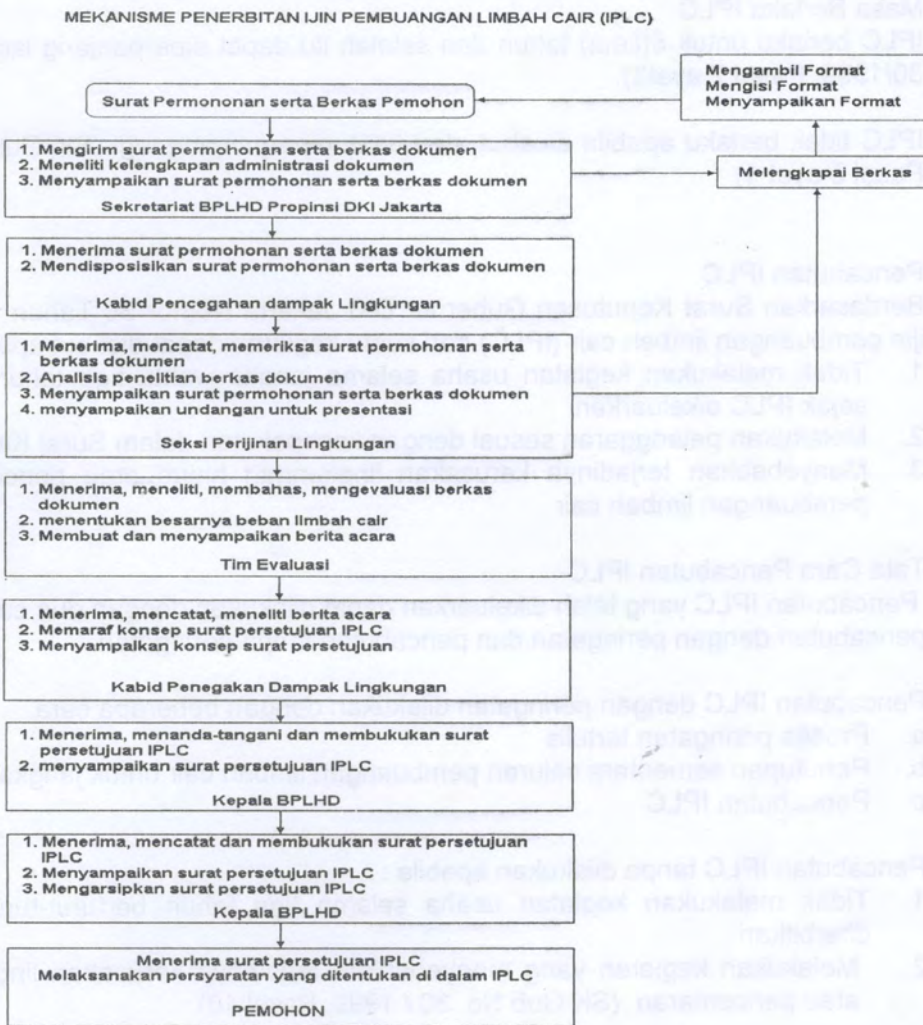
A. Persyaratan

Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 30 Tahun 1999, pasal 5, beberapa persyaratan untuk memperoleh IPLC adalah :

- Mengajukan permohonan secara tertulis kepada Gubernur kepala Daerah melalui BPLHD.
- Permohonan izin pembuangan limbah cair haruslah dilengkapi dengan :
 - a Data isian tentang pembuangan limbah cair ;
 - b Peta lokasi pembuangan limbah cair dan pengambilan air yang berskala proporsional ;
 - c Fotorian perusahaan ;
 - d Fotocopy IMB dan IPB ;
 - e Fotocopy Undang Undang Gangguan ;

- f Desain unit pengolahan limbah dan cara kerjanya ;
- g Memiliki dokumen RKL dan RPI atau dokumen UKL dan UPL ;
- h Hasil pemeriksaan limbah cair dari laboratorium BPLHD DKI Jakarta ;
- i Serta surat pernyataan kesanggupan untuk mentaati persyaratan yang berlaku.

Mekanisme Penerbitan Ijin Pembuangan Limbah Cair (IPLC) dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



Catatan :
Proses penerbitan IPLC 16 hari kerja terhitung sejak kelengkapan persyaratan teknis terpenuhi.

Gambar 1. Mekanisme Penerbitan Ijin Pembuangan Limbah Cair (IPLC) di DKI Jakarta

B. Debit Maksimum

Debit maksimum yang disetujui berdasarkan pada produksi riil selama 3 (tiga) tahun terakhir dibandingkan dengan kapasitas produksi sesuai ijin dan kapasitas produksi terpasang (SK Gub No. 30/1999, Pasal 7 ayat 2).

5. Tim Evaluasi IPLC

Tim Evaluasi IPLC adalah Tim yang dibentuk dengan Keputusan Gubernur melalui Kepala BPLHD Propinsi DKI Jakarta yang mempunyai tugas antara lain :

1. Meneliti kelengkapan teknis permohonan IPLC.
2. Meneliti kelengkapan teknis permohonan IPLC.
3. Memberikan rekomendasi teknis kelayakan upaya penurunan beban limbah dan kelayakan pembuangan limbah cair (SK Gub No. 30/1999, Pasal 8)

6. Masa Berlaku IPLC

IPLC berlaku untuk 5(lima) tahun dan setelah itu dapat diperpanjang lagi (SK Gub No. 30/1999, Pasal 7 ayat3).

IPLC tidak berlaku apabila dicabut atau tidak diperpanjang lagi (SK Gub No. 30/1999, Pasal 9 ayat 1)

7. Pencabutan IPLC

Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 30 Tahun 1999, Pasal 9, ijin pembuangan limbah cair (IPLC) dari suatu kegiatan dapat dicabut apabila:

1. Tidak melakukan kegiatan usaha selama jangka waktu tiga tahun berturut-turut sejak IPLC dikeluarkan.
2. Melakukan pelanggaran sesuai dengan kesepakatan dalam Surat Keputusan IPLC
3. Menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan hidup atau pencemaran akibat pembuangan limbah cair

8. Tata Cara Pencabutan IPLC

Pencabutan IPLC yang telah dikeluarkan dapat dilakukan dengan dua cara yakni pencabutan dengan peringatan dan pencabutan tanpa peringatan.

Pencabutan IPLC dengan peringatan dilakukan dengan beberapa cara:

- a. Proses peringatan tertulis
- b. Penutupan sementara saluran pembuangan limbah cair untuk jangka waktu 30 hari
- c. Pencabutan IPLC

Pencabutan IPLC tanpa dilakukan apabila :

1. Tidak melakukan kegiatan usaha selama tiga tahun berturut-turut sejak IPLC diterbitkan
2. Melakukan kegiatan yang menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan hidup atau pencemaran (SK Gub No. 30 / 1999, Pasal 10)

9. Kewajiban Pemegang IPLC

Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 30 Tahun 1999, Pasal 11, setiap kegiatan usaha atau badan hukum yang telah memperoleh IPLC mempunyai beberapa kewajiban yang harus dipenuhi antara lain:

1. Mentaati baku mutu limbah cair (BMLC) yang telah ditetapkan
2. Tidak melampaui beban maksimum yang telah ditentukan di dalam IPLC
3. Tidak melakukan pengenceran
4. Memisahkan saluran pembuangan air limbah proses dan air limbah domestik, kecuali jika diolah secara bersama
5. Memasang alat ukur debit limbah cair yang dibuang

6. Membangun bangunan dan saluran pembuangan limbah cair untuk memudahkan pengambilan sampel air limbah
7. Memeriksa air limbah secara berkala setiap tiga bulan
8. Melakukan swapantau selama pembuangan air limbah dan melaporkan hasilnya secara berkala ke BPLHD setiap tiga bulan

10. Perpanjangan IPLC

Setelah lima tahun IPLC dapat diperpanjang dengan cara:

1. Membuat surat permohonan secara tertulis kepada Gubernur Kepala Daerah melalui BPLHD Propinsi DKI Jakarta dengan melampirkan formulir permohonan dan IPLC sebelumnya.
2. Dilakukan verifikasi lapangan oleh Tim BPLHD
3. Jika debit yang dihasilkan tidak sesuai dengan debit maksimum yang tertera didalam IPLC sebelumnya (khususnya jika melebihi debit maksimum) maka harus mengajukan permohonan baru.
4. Jika terjadi perluasan kegiatan usaha (kapasitas kegiatan sudah tidak sesuai dengan IPLC sebelumnya) maka harus mengajukan permohonan baru

Perpanjangan IPLC diberikan setelah mendapatkan hasil rekomendasi kelayakan teknis pembuangan limbah cair dari Tim Evaluasi dan hasil analisa laboratorium terhadap air limbah yang akan dibuang telah memenuhi baku mutu limbah cair (BMLC) yang telah ditetapkan

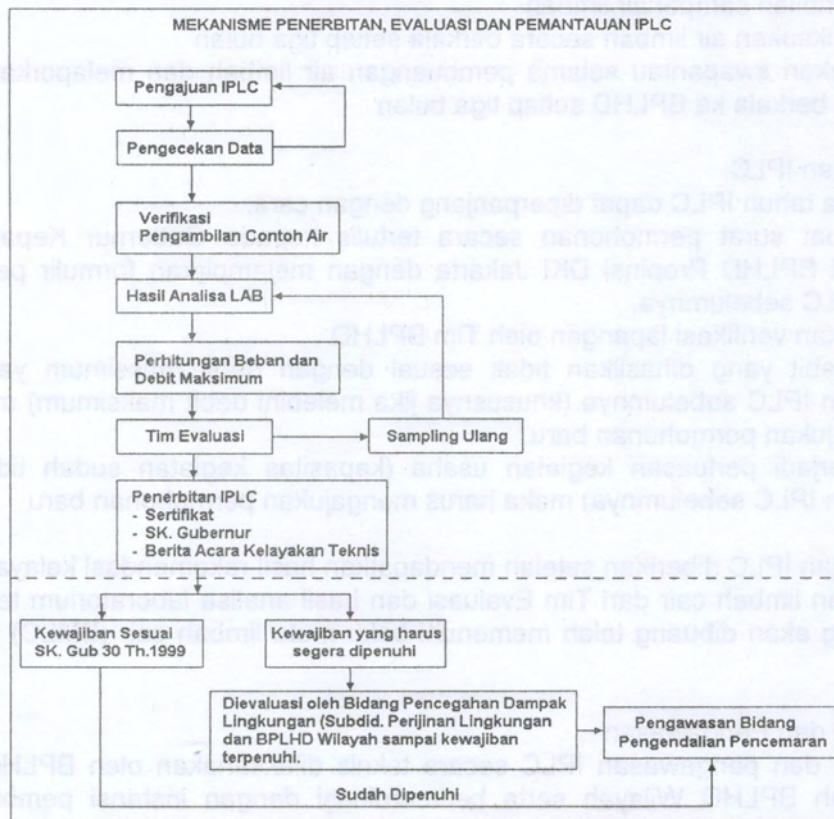
11. Pembinaan dan Pengawasan

Pembinaan dan pengawasan IPLC secara teknis dilaksanakan oleh BPLHD Propinsi dibantu oleh BPLHD Wilayah serta berkoordinasi dengan instansi pembina. Untuk pengawasan dan peninjauan lapangan oleh tim pengawas dapat dilakukan sewaktu-waktu.

Kegiatan pemantauan meliputi beberapa hal, yaitu:

1. Pemeriksaan air limbah secara berkala atau sewaktu-waktu
2. Pengecekan tingkat ketaatan terhadap baku mutu limbah cair yang tercantum didalam IPLC
3. Pengamatan terhadap upaya yang telah dilakukan
4. Evaluasi terhadap hasil pemantauan, pengecekan dan pengamatan yang dapat ditindaklanjuti dengan penegakan hukum atau pemberian penghargaan (SK Gub No. 57 / 2003, Pasal 7)

Mekanisme penerbitan, evaluasi dan pemantauan Ijin Pembuangan Limbah Cair (IPLC) di DKI Jakarta secara sederhana dapat diterangkan seperti Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme Penerbitan, Evaluasi Dan Pemantauan Ijin Pembuangan Limbah Cair (IPLC) di DKI Jakarta

Dalam rangka memberikan motivasi bagi kegiatan usaha untuk mengelola limbah cairnya dengan baik maka Pemerintah Daerah Khusus Ibukota Jakarta memberikan piagam penghargaan. Bagi kegiatan yang memperoleh piagam penghargaan minimal 1 tahun sebelumnya akan diberikan insentif dan kemudahan secara khusus dalam proses penerbitan IPLC.

St. John's