

2019

Buku Petunjuk Teknis PENGELOLAAN AIR LIMBAH KEGIATAN KLINIK



Dinas Lingkungan Hidup
Pemerintah Kota Surabaya

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT atas perlindungan, ilmu, bimbingan, rahmat serta hidayah-Nya sehingga buku Petunjuk Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk kegiatan Klinik dapat diselesaikan dengan lancar. Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam penyusunan buku ini.

Besar harapan penyusun, buku ini dapat dijadikan pedoman dalam mengelola air limbah di klinik sehingga memenuhi standard baku mutu yang ditetapkan sebelum dibuang ke badan air dengan tujuan:

- Mengurangi penyebaran penularan penyakit yang disebabkan oleh organisme patogen yang ada di dalam air limbah.
- Mencegah pencemaran pada air permukaan dan air tanah.

Surabaya, 2019

Drs. Eko Agus Supiadi Sapoetro, MM

Pembina Utama Muda

NIP 196108251985031006

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Sasaran	2
1.3 Dasar Hukum	2
1.4 Ruang Lingkup.....	2
BAB 2 KLINIK	Error! Bookmark not defined.
2.1 Klinik	4
2.2 Karakteristik Air Limbah Klinik	4
2.2.1 Limbah B3.....	4
2.2.2 Limbah Non B3.....	6
2.2.3 Limbah Cair Klinik	7
2.3 Manajemen Limbah Klinik	12
2.4 Baku Mutu Air Limbah Klinik.....	12
2.5 Teknologi Pengolahan Air Limbah Klinik.....	13
2.5.1 ABR	13
2.5.2 Biofilter	14
2.5.3 Presipitasi, Koagulasi-Flokulasi	17
2.5.4 Pertukaran Ion	18
2.5.5 Klorinasi.....	19
BAB 3 EKSISTING TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH ..	20

3.1	Hasil Survey	20
3.2	Pemilihan Alternatif Pengolahan.....	21
BAB 4	DESAIN STANDAR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH 25	
4.1	Perencanaan Bak Ekualisasi – Presipitasi	25
4.2	Perencanaan ABR	36
4.3	Perencanaan Biofilter	66
4.4	Perencanaan Klorinasi.....	68
BAB 5	PETUNJUK OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN IPAL 74	
5.1	Pengoperasian dan Pemeliharaan IPAL	74
5.1.1	Pengoperasian dan Pemeliharaan Bak Ekualisasi dan Bak Penampung Endapan	74
5.1.2	Pengoperasian dan Pemeliharaan ABR	76
5.1.3	Pengoperasian dan Pemeliharaan Biofilter	77
a.	Pengoperasian Pompa Sirkulasi	79
b.	Penghentian Operasional IPAL	79
c.	Permasalahan Yang Mungkin Timbul dan Cara Penanganannya	80
5.5	Pelaksanaan K3 Bagi Operator IPAL	81
5.6	Sistem Tanggap Darurat IPAL	82
BAB 6	MONITORING DAN EVALUASI	84
6.1	Monitoring.....	84
6.2	Evaluasi	88
BAB 7	PENUTUP	90
DAFTAR PUSTAKA		91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagan Pengelolaan Limbah Klinik.....	6
Gambar 2.2 Bagan Pengelolaan Air Limbah dari Kegiatan Medis	7
Gambar 2.3 Reaktor Biofilter.....	17
Gambar 4.1 Hubungan antara Konsentrasi Fosfat dengan Jumlah Solid yang Terbutuk pada pH 7,8.....	29
Gambar 4.2 Hubungan antara Konsentrasi Fosfat dengan Jumlah Solid yang Terbutuk pada pH 8.....	29
Gambar 4.3 Removal COD pada Tangki Pengendapan ABR.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4 Removal BOD pada Tangki Pengendapan ABR.....	38
Gambar 4.5 Faktor OLR ABR	40
Gambar 4.6 Faktor Strength pada ABR	40
Gambar 4.7 Faktor Suhu pada ABR.....	41
Gambar 4.8 Faktor HRT pada ABR.....	42
Gambar 4.9 Rasio COD/BOD	43
Gambar 5.1 Posisi dan Hubungan Antar Katup	74
Gambar 5.2 Posisi Penutup Bak.....	75
Gambar 5.3 Ilustrasi Larangan Membuang Air Klorin 1% dan Sampah dalam Bak Ekualisasi.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Air Limbah Klinik	8
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan Klinik	12
Tabel 2.3 Dimensi Biofilter Pabrikasi	16
Tabel 3.1 Karakteristik Influent Air Limbah Klinik	20
Tabel 3.2 Karakteristik Effluent Air Limbah Klinik	20
Tabel 4.1 Dimensi Bak Ekualisasi-Presipitasi	27
Tabel 4.2 Lama Waktu (Durasi) Dibukanya Katup	35
Tabel 4.3 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 2 m ³	45
Tabel 4.4 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 2 m ³	46
Tabel 4.5 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 2 m ³	47
Tabel 4.6 Dimensi ABR untuk Kapasitas 2 m ³	48
Tabel 4.7 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 1 m ³	49
Tabel 4.8 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 1 m ³	50
Tabel 4.9 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 1 m ³	51
Tabel 4.10 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 2,3 m ³	52
Tabel 4.11 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 2,3 m ³	53
Tabel 4.12 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 2,3 m ³	54
Tabel 4.13 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 2,5 m ³	55
Tabel 4.14 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 2,5 m ³	56
Tabel 4.15 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 2,5 m ³	57
Tabel 4.16 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 1,3 m ³	58
Tabel 4.17 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 1,3 m ³	59
Tabel 4.18 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 1,3 m ³	60
Tabel 4.19 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 1,5 m ³	61
Tabel 4.20 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 1,5 m ³	62
Tabel 4.21 Perhitungan ABR Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 1,5 m ³	63
Tabel 4.22 Dimensi ABR Kapasitas 1 m ³	64
Tabel 4.23 Dimensi ABR Klinik Tanpa Tambahan Air Limbah Kamar Mandi Pasien	64
Tabel 4.24 Dimensi ABR Klinik Dengan Tambahan Air Limbah Kamar Mandi Pasien	65
Tabel 4.25 Dimensi Biofilter Pabrikasi untuk Kapasitas 2 m ³ ; 1,2 m ³ ; dan 1,5 m ³	66

Tabel 4.26 Hasil Analisa Air Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan Proses Anaerob-Aerob	68
Tabel 4.27 Perkiraan Effluent Pengolahan Biofilter Anaerob-Aerob	68
Tabel 4.28 Kebutuhan Dosis Klorin per L limbah	69
Tabel 4.29 Dimensi Bak Klorinasi Setiap Kapasitas	73
Tabel 5.1 Pembibitan Biofilter	78
Tabel 5.2 Jangka Waktu Pemeliharaan Biofilter	78
Tabel 5.3 Permasalahan yang Mungkin Timbul dalam Pengoperasian IPAL serta Cara Penanganannya	80
Tabel 6.1 Contoh Check List Harian	86
Tabel 6.2 Contoh Check List Bulanan	86
Tabel 6.3 Contoh Check List Pemeliharaan IPAL	87

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Klinik merupakan salah satu fasilitas kesehatan berupa kegiatan yang melaksanakan pelayanan pemeriksaan spesimen klinik untuk mendapatkan informasi kesehatan seseorang. Seperti halnya fasilitas kesehatan lainnya (rumah sakit dan puskesmas), klinik mempunyai fungsi dan tanggung jawab yang cukup besar untuk memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat secara berkelanjutan baik dalam upaya pencegahan, diagnosis, dan penyembuhan penyakit. Dalam kaitannya dengan hal tersebut, fasilitas kesehatan harus mampu untuk mengelola limbah yang dihasilkannya dengan baik sesuai dengan prinsip-prinsip pengelolaan lingkungan secara menyeluruh.

Sebagai fasilitas kesehatan yang bertindak untuk melakukan pemeriksaan spesimen klinik pasien, klinik memiliki karakteristik air limbah yang cukup beragam mulai dari senyawa organik, kimia, maupun mikroorganisme. Karakteristik limbah klinik ini tergantung pada kegiatan yang berlangsung dalam klinik tersebut dan reagen-reagen yang digunakan. Kandungan masing-masing polutan pada air limbah klinik cukup tinggi dan hampir tidak jauh berbeda dengan kandungan air limbah rumah sakit. Kuantitas limbah yang dihasilkan pun sangat beragam, tergantung jumlah pasien yang dilayani dan kelengkapan sarana-prasarana laboratorium. Peraturan Menteri Kesehatan No. 43 Tahun 2013 telah mengatur bahwa masing-masing klinik harus melaksanakan tata kelola laboratorium yang baik, termasuk diantaranya adalah pengelolaan limbah agar tidak menimbulkan pencemaran air dan masalah bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

Beberapa jenis teknologi dapat digunakan untuk pengolahan limbah klinik, akan tetapi untuk mengoptimalkan operasi dan pemeliharaan sistem pengolahan limbah tersebut, perlu adanya optimalisasi desain teknologi, kapabilitas operator, dan pemahaman tentang pengelolaan limbah secara baik dan benar. Untuk itu, diperlukan suatu pedoman teknis sebagai petunjuk pelaksanaan di dalam perencanaan, operasional dan pemeliharaan agar diperoleh hasil pengolahan yang optimal serta kinerja prosesnya sesuai dengan kriteria IPAL pada masing-masing klinik.

1.2 Tujuan dan Sasaran

Tujuan pembuatan buku petunjuk teknis ini adalah sebagai pedoman penyediaan instalasi pengolahan air limbah bagi klinik meliputi perencanaan, perancangan, pelaksanaan, operasional, dan pemeliharannya.

Sasaran dari buku petunjuk ini adalah:

- a. Memberikan informasi instalasi pengolahan air limbah pada klinik sesuai dengan fungsi dan persyaratan, serta serasi dan selaras dengan lingkungan.
- b. Instalasi pengolahan air limbah pada klinik dapat beroperasi dengan baik, menghasilkan effluent yang memenuhi baku mutu.

1.3 Dasar Hukum

Dasar hukum terkait dengan pengelolaan limbah klinik:

1. Undang-undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup;
2. Undang-undang No. 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan;
3. Peraturan Pemerintah RI No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air;
4. Peraturan Pemerintah RI No. 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan beracun;
5. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 43 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Klinik yang Baik;
6. Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya;
7. Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 12 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air Limbah.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang dibahas pada pedoman ini:

1. Pengelolaan sumber-sumber air limbah yang ada di klinik sebelum dialirkan ke instalasi pengolahan air limbah.
2. Kajian terkait sistem dan teknologi pengolahan air limbah klinik.
3. Konsep dasar dan perhitungan instalasi pengolahan air limbah.
4. Teknologi sistem pengolahan air limbah yang akan diaplikasikan pada usaha klinik, harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Effluent limbah hasil pengolahan memenuhi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan
 - Teknologi tepat guna
 - Pengoperasian dan pemeliharaan yang mampu diterapkan dengan baik
 - Lahan yang dibutuhkan seoptimal mungkin
5. Peralatan dan perlengkapan yang digunakan untuk proses pengolahan air limbah.
 6. Pengoperasian dan pemeliharaan dalam pengolahan instalasi pengolahan air limbah.

BAB 2 KLINIK

2.1 Klinik

Klinik adalah laboratorium kesehatan yang melaksanakan pelayanan pemeriksaan spesimen klinik untuk mendapatkan informasi tentang kesehatan perorangan terutama untuk menunjang upaya diagnosis penyakit, penyembuhan penyakit, dan pemulihan kesehatan (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2013). Sistem pengelolaan klinik dibagi menjadi 2 (dua) macam, yakni:

1. Laboratorium Mandiri (klinik yang pelayanannya tidak terintegrasi dengan fasilitas pelayanan kesehatan lainnya), sebagai contohnya: Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK), Balai Laboratorium Kesehatan (BLK), Klinik yang diselenggarakan oleh swasta.
2. Laboratorium Terintegrasi (klinik yang pelayanannya terintegrasi dengan fasilitas pelayanan kesehatan lainnya), seperti laboratorium pada puskesmas, rumah sakit, atau klinik.

Beberapa layanan yang umum diberikan oleh klinik, diantaranya adalah pemeriksaan hematologi, kimia klinik, klinik rutin, mikrobiologi, patologi, imunologi, serologi, radiologi (pada laboratorium tertentu), elektromedis, dan bioteknologi. Sedangkan, jenis spesimen yang digunakan untuk pemeriksaan rutin dapat berupa: serum, plasma, darah, urin, tinja, dahak, pus, sperma, swab tenggorokan, swab *rectum*, cairan sekresi uretra-vagina-telinga-hidung-mata, cairan pleura, cairan bronchus, cairan acites, cairan otak, bilasan lambung, sumsum tulang, kuku, rambut, kerokan kulit, muntahan, sisa makanan, sisa bahan toksikologi, air, udara, makanan, minuman, dan lain-lain.

2.2 Karakteristik Air Limbah Klinik

Limbah klinik terdiri dari dua jenis, yaitu limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dan limbah non B3. Berikut ini penjelasan masing-masing jenis.

2.2.1 Limbah B3

Limbah bahan berbahaya dan beracun (disingkat limbah B3) adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat, konsentrasi dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta

kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain (berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 101 tahun. 2014).

Berbagai sarana pelayanan klinik dapat menghasilkan limbah baik berbentuk cair maupun padat. Limbah padat dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu limbah medis dan limbah non medis. Limbah medis adalah limbah yang dihasilkan langsung dari kegiatan analisis laboratorium medis. Limbah ini tergolong dalam kategori limbah B3. Jika pembuangan limbah medis tidak memenuhi syarat maka dapat menimbulkan bahaya terhadap masyarakat di sekitar lokasi pembuangan. Departemen Kesehatan RI telah menggolongkan limbah medis sebagai berikut:

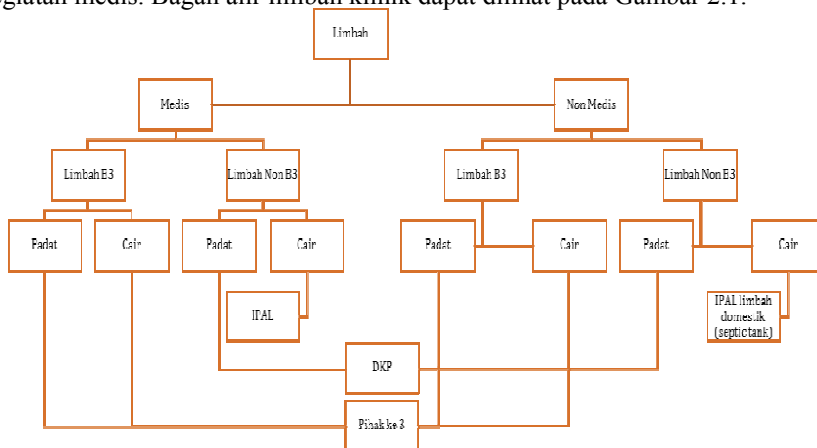
1. Limbah benda tajam, yaitu obyek atau alat yang memiliki sudut tajam, sisi, ujung atau bagian yang menonjol yang dapat memotong atau menusuk kulit, seperti jarum hipodermik, perlengkapan intravena, pipet Pasteur, pecahan gelas dan pisau bedah.
2. Limbah infeksius, yaitu limbah yang berkaitan dengan pasien yang memerlukan isolasi penyakit menular dan limbah laboratorium yang berkaitan dengan pemeriksaan mikrobiologi dari poliklinik dan ruang perawatan/isolasi penyakit menular.
3. Limbah jaringan tubuh, yang meliputi organ, anggota badan, darah dan cairan tubuh. Biasanya dihasilkan pada saat pembedahan atau autopsi. Limbah jaringan tubuh pada klinik hanya ada darah dan cairan tubuh.
4. Limbah sitotoksik, yaitu bahan yang terkontaminasi oleh obat-sitotoksik selama peracikan, pengangkutan atau tindakan terapi sitotoksik.
5. Limbah farmasi, yaitu terdiri dari obat-obatan kedaluwarsa, obat yang terbuang karena karena *batch* yang tidak memenuhi spesifikasi atau kemasan yang terkontaminasi, obat yang tidak diperlukan lagi atau limbah dari proses produksi obat. Limbah farmasi hanya terdapat pada klinik yang terdapat fasilitas apotek di dalamnya.
6. Limbah kimia, yaitu limbah yang dihasilkan dari penggunaan bahan kimia dalam tindakan medis, veterenary, laboratorium, proses sterilisasi atau riset. Dalam hal ini dibedakan dengan buangan kimia yang termasuk dalam limbah farmasi dan sitotoksik. Limbah kimia dibagi menjadi 2 macam yaitu limbah kimia tergolong limbah B3 dan limbah kimia non B3. Limbah kimia tergolong limbah B3 adalah limbah kimia yang bersifat seperti limbah B3, misalnya korosif dan reaktif.

7. Limbah radioaktif, yaitu bahan yang terkontaminasi dengan radio isotop yang berasal dari penggunaan medis atau riset radionuklida. Limbah radioaktif hanya terdapat pada klinik yang terdapat fasilitas radiologi di dalamnya.

2.2.2 Limbah Non B3

Limbah non B3 pada klinik merupakan limbah medis non B3 dan limbah non medis non B3. Limbah medis non B3 dapat berupa limbah kimia yang bersifat non B3. Limbah non medis adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan di luar kegiatan medis, seperti limbah domestik, limbah perkantoran, dan limbah dari taman. Limbah domestik yang dimaksud adalah limbah yang berasal dari kegiatan MCK, bungkus makanan, dan sisa makanan. Limbah domestik yang tergolong non B3 ini juga merupakan limbah yang tidak berhubungan dengan tindakan pelayanan terhadap pasien. Limbah perkantoran dapat berupa kertas bekas, plastik, dan lainnya (kecuali lampu TL, tinta, dan *cartridge*).

Buku petunjuk ini disusun untuk pengolahan air limbah non B3 dari kegiatan medis. Bagan alir limbah klinik dapat dilihat pada Gambar 2.1.

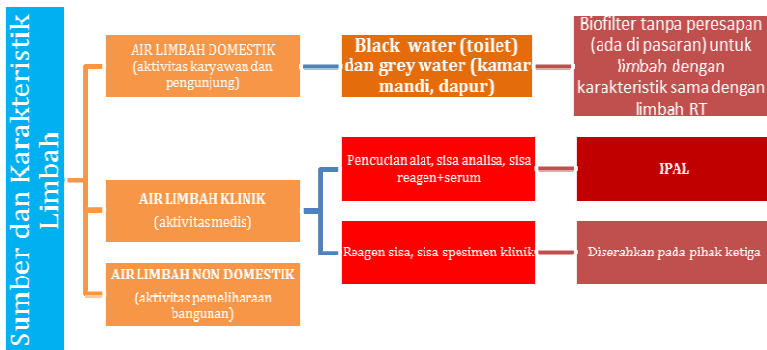


Gambar 2.1 Bagan Pengelolaan Limbah Klinik

2.2.3 Limbah Cair Klinik

Berdasarkan penjelasan pada subbab sebelumnya, limbah klinik dari kegiatan medis yang tergolong non B3 akan diolah menggunakan IPAL. IPAL yang dimaksud adalah IPAL yang akan disampaikan dalam buku panduan ini. Sedangkan limbah B3 cair akan diserahkan ke pihak ketiga yang berijin sebagai pengelola limbah B3 dan air limbah. Air limbah yang akan diolah merupakan limbah yang dihasilkan dari pencucian alat, sisa-sisa analisa, sisa reagen yang bercampur serum, dan kegiatan lainnya yang mengandung zat organik yang cukup tinggi. Zat organik ini berasal dari spesimen klinik dan reagen-reagen yang umumnya berasal dari manusia dan hewan. Beberapa limbah klinik juga mengandung kuman aerob seperti *E. Coli*, *Vibrio cholera*, *Salmonella spp*, dan *Shigella spp*. Selain mengandung zat organik dan kuman, limbah klinik juga mengandung bahan pencemar lainnya yang cukup tinggi, sehingga harus diolah secara tepat dan cermat sesuai dengan baku mutu yang dipersyaratkan.

Berikut ini bagan alir pengelolaan air limbah dari kegiatan medis pada klinik.



Gambar 2.2 Bagan Pengelolaan Air Limbah dari Kegiatan Medis

Beberapa karakteristik air limbah laboratorium yang didapat dari hasil penelitian terdahulu, dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik Air Limbah Klinik

Parameter	Konsentrasi	Satuan
pH	8,7	-
BOD	75,3	mg/L
COD	934,2	mg/L
TSS	124	mg/L
Cl	138,3	mmol/L
PO ₄ -P	22,5	mg/L
<i>Escherichia coli</i>	2,85 x 10 ⁴	cfu/mL

Sumber: Akin, 2016

Limbah klinik mengandung zat organik yang bersumber dari human serum, bovin serum, serum kelinci buffer, dan antigen salmonella. Zat organik yang tinggi ini akan menyebabkan konsentrasi BOD juga tinggi. Beberapa zat elektrolit dan beberapa ion juga dapat terkandung dalam limbah klinik. Zat elektrolit ini berasal dari Na dan K, dimana kedua ion ini berasal dari reagen kimia. Ion sulfat terkandung dalam limbah klinik berasal dari sodium sulfat dan H₂SO₄.

Secara fisik, karakteristik limbah klinik dapat dilihat berdasarkan parameter bau, warna, temperatur, suhu, dan TSS. Limbah klinik mengandung patogen, bakteri infeksius seperti *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* serta banyak mikroorganisme lain (Oyelekeet *al.*, 2008). Menurut Emmanuelet *al.* (2009) menyatakan bahwa karakteristik limbah klinik umumnya memiliki sifat yang sama dengan limbah domestik.

Karakteristik pencemar dalam air limbah klinik dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Suhu

Suhu air buangan umumnya tidak banyak berbeda dengan suhu udara tapi lebih tinggi daripada suhu air minum. Suhu dapat mempengaruhi kecepatan reaksi serta proses pengendapan zat padat.

2. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air (Rumidatul, Alfi 2006). Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemar dan juga untuk mendesain sistem pengolahan limbah cair secara biologis (Mahida, 1984).

3. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan analisis terhadap jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dengan menggunakan pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ sebagai sumber oksigen. Angka COD yang didapat merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik, dimana secara alami dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologi yang mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Alaerts dan Santika, 1987).

4. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas millipore berpori-pori $0,45 \mu m$. Materi yang tersuspensi mempunyai dampak buruk terhadap kualitas air karena mengurangi penetrasi matahari ke dalam badan air, kekeruhan air meningkat yang menyebabkan gangguan pertumbuhan bagi organisme produser (Huda, 2009).

5. NH_3 -bebas

Amonia (NH_3) merupakan senyawa nitrogen. Pada bentuk cairan, amonia terdapat dalam 2 bentuk yaitu amonia bebas atau tidak terionisasi (NH_3) dan dalam bentuk ion amonia (NH_4^+). Persentase amoniak meningkat dengan meningkatnya nilai pH dan suhu perairan. Pada pH 7 atau kurang, sebagian besar amoniak akan mengalami ionisasi. Sebaliknya pada pH lebih besar dari 7 amoniak tak terionisasi. Amoniak bebas yang tak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas amoniak terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu (Effendi, 2003). Amonia dalam air limbah klinik berasal dari tinja dan urine sisa analisa.

6. PO_4

Fosfat merupakan salah satu nutrisi utama yang sangat penting dalam pertumbuhan tanaman. Fosfat sendiri diketahui berada dalam air limbah dalam bentuk organik, ortophosfat, atau sebagai fosfat-fosfat kompleks. Fosfat kompleks menyumbang $\pm 50\%$ dari fosfat air limbah perkotaan dan berasal dari penggunaan detergen sintetis. Fosfat kompleks mengalami hidrolisis selama pengolahan menjadi bentuk ortofosfat (PO_4^{3-}) (Budi, 2006). Keberadaan fosfat yang berlebihan di badan air menyebabkan eutrofikasi (pengkayaan nutrisi). Untuk mencegah kejadian tersebut, air limbah yang akan dibuang harus diolah terlebih dahulu hingga pada nilai tertentu (baku mutu effluent 2 mg/l). Dalam pengolahan air limbah, fosfat dapat disisihkan dengan proses fisika-kimia maupun biologis (Clark *et al.*, 1997). Kandungan fosfat limbah klinik berasal dari pencucian alat yang menggunakan sabun/detergen.

7. Minyak dan Lemak

Lemak dan minyak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan bakteri. Minyak dan lemak membentuk ester dan alkohol. Lemak tergolong pada bahan organik yang tetap dan tidak mudah untuk diuraikan oleh bakteri. Terbentuknya emulsi air dalam minyak akan membuat lapisan yang menutupi permukaan air dan menyebabkan penetrasi sinar matahari ke dalam air berkurang. Lapisan minyak juga menghambat pengambilan oksigen dari udara. Minyak yang sampai ke saluran air limbah, sebagian besar mengapung, akan tetapi ada juga yang mengendap terbawa oleh lumpur. Minyak dan lemak ini dapat menyebabkan permasalahan pada saluran air limbah (penyumbatan) dan pada bangunan pengolahan (Sugiharto, 1987).

8. MBAS (detergen)

Deterjen merupakan salah satu bahan pencuci yang sering digunakan baik dalam industri maupun rumah tangga. Unsur kunci dari deterjen adalah surfaktan atau bahan aktif permukaan yang bereaksi mengubah air menjadi lebih basah (*wetter*) dan sebagai bahan pencuci yang lebih baik. Surfaktan terkonsentrasi pada batas permukaan antara air dan gas (udara), padatan-padatan (debu) dan cairan-cairan yang tidak dapat bercampur dengan air (minyak). Hal ini terjadi karena struktur "*amphiphilic*", yang bersifat polar atau gugus ionik dengan afinitas yang kuat untuk air dan bagian lainnya suatu hidrokarbon yang tidak suka air (Rompas, 2010). Keberadaan deterjen dalam badan air dapat merusak insang dan organ pernafasan ikan. Keberadaan busa-

busa dipermukaan air dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut / *dissolved oxygen* (DO) dalam air. Penurunan DO ini dapat menyebabkan organisme dalam badan air akan mati karena kombinasi kerusakan organ pernapasan dan kekurangan oksigen (Garno, 2000).

9. *Phenol*

Salah satu komponen anorganik yang terkandung dalam limbah adalah *phenol*. *Phenol* dengan konsentrasi 0.005/liter dalam air minum menimbulkan rasa dan bau bereaksi dengan klor yang membentuk *chlorophenol* (Ginting, 2007). Kandungan *phenol* pada air limbah klinik berasal dari *Chlorfenol* (zat untuk jenis pemeriksaan kimia rutin).

10. *Chlor* bebas

Klorin, khlorin atau *chlorine* merupakan bahan utama yang digunakan dalam proses klorinasi. Klorinasi adalah proses utama dalam proses penghilangan kuman penyakit. Efek *chlor* terhadap binatang dapat menyebabkan kerusakan ginjal dan hati. Sedangkan pada manusia dapat menyebabkan kanker dan cacat pada bayi. *Chlor* pada air limbah klinik berasal dari air sisa pencucian alat, sisa proses klorinasi, dan reagen analisa. Reagen tersebut adalah *chlorfenol* dan *chloroquine*. *Chlorfenol* merupakan reagen untuk jenis pemeriksaan kimia rutin. Sedangkan *chloroquine* merupakan reagen untuk jenis pemeriksaan *urine* rutin.

11. pH

Derajat keasaman (pH) merupakan gambaran jumlah atau aktivitas ion hidrogen dalam perairan. Nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Pengukuran pH berkaitan dengan proses pengolahan biologis. pH yang kecil dapat mempersulit pengolahan biologis dan mengganggu kehidupan dalam air bila dibuang ke badan air. Pada pH kurang dari 5 atau lebih besar dari 10, proses-proses aerobik menjadi sangat kacau. Oleh karena itu diperlukan pengendalian pH sehingga sesuai bagi organisme-organisme yang terlibat dalam pengolahan biologis (Mahida, 1993).

12. MPN-Kuman Golongan Coli Tinja

Bakteri golongan Coli terdapat normal di dalam usus dan tinja manusia. Sumber bakteri patogen dalam air berasal dari tinja manusia yang sakit. Cara menganalisa bakteri patogen yang terdapat dalam air buangan cukup sulit sehingga parameter mikrobiologis digunakan perkiraan terdekat jumlah golongan *coliform* (MPN/*Most Probably Number*) dalam 10mL buangan serta

perkiraan terdekat jumlah golongan *coliform* tinja dalam 100 mL air buangan. Coli tinja pada air limbah klinik berasal dari tinja manusia sisa analisis. Namun tidak semua air limbah klinik mengandung coli tinja, karena tidak semua laboratorium melakukan pengujian untuk tinja manusia.

2.3 Manajemen Limbah Klinik

Manajemen pengelolaan limbah klinik telah dijelaskan melalui Peraturan Menteri Kesehatan No 43 Tahun 2013. Limbah laboratorium dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain:

- Bahan kimia yang sudah kadaluarsa;
- Bahan habis pakai (misalnya medium perbenihan yang tidak terpakai);
- Produk proses di dalam laboratorium (misalnya sisa spesimen);
- Produk upaya penanganan limbah (misalnya jarum suntik sekali pakai setelah di sterilisasi dengan otoklaf).

Penanganan limbah antara lain ditentukan oleh sifat limbah yang digolongkan menjadi:

- Buangan bahan berbahaya dan beracun;
- Limbah infeksius;
- Limbah radioaktif;
- Limbah umum.

2.4 Baku Mutu Air Limbah Klinik

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya (Lampiran III), maka setiap klinik yang menghasilkan air limbah/limbah cair harus memenuhi peraturan tersebut.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan Klinik

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)
Suhu	30°C
BOD ₅	35
COD	85
TSS	35
NH ₃ -bebas	0,1
PO ₄	2
Minyakdan Lemak	5

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)
MBAS (deterjen)	5
Phenol	0,50
Chlor bebas	0,5
pH	6,0 – 9,0
MPN-Kuman Golongan Koli Tinja / 100 mL	4.000

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

2.5 Teknologi Pengolahan Air Limbah Klinik

2.5.1 ABR

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) atau dikenal juga dengan *Anaerobic Baffled Septic Tank* (ABST) adalah bioreaktor kontinu modifikasi *septic tank* dengan penambahan sekat-sekat. ABR dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi tinggi (COD 8000 mg/l) sampai sedang.

ABR memiliki kompartemen-kompartemen tersusun seri yang dibatasi oleh sekat-sekat vertikal. Rangkaian kompartemen pada ABR secara seri memiliki keuntungan dalam membantu mengolah substrat yang sulit didegradasi (Sasse, 1998). ABR memiliki banyak variasi kompartemen (2-11 kompartemen). Umumnya ABR memiliki 4 kompartemen yang dirangkai secara seri. Kompartemen terakhir bagian atas dapat ditambahkan filter. Filter ini digunakan untuk menyisihkan partikel padatan yang masih tersisa.

Aliran air limbah diarahkan menuju ke bagian bawah sekat (Wanassen, 2003) oleh susunan seri sekat tegak. Bagian bawah sekat dibengkokkan 45° untuk mengarahkan aliran air dan mengurangi *channelling* atau aliran pendek. Bagian *downflow* lebih sempit dibanding *upflow* untuk mencegah akumulasi mikroorganisme. Dalam aliran ke atas, aliran melewati *sludge blanket*, sehingga limbah dapat kontak dengan mikroorganisme aktif.

ABR menggabungkan proses-proses sedimentasi dan penguraian lumpur secara parsial dalam kompartemen yang sama. Proses yang terjadi pada kompartemen pertama adalah proses pengendapan dan kompartemen-kompartemen selanjutnya terjadi proses penguraian oleh mikroorganisme.

ABR dioperasikan secara kontinu tanpa resirkulasi. Setiap reaktor dimulai, kondisi operasi dan proses dijaga agar selalu konstan. Hal yang perlu diperhatikan adalah distribusi aliran masuk secara merata dan kontak antara

substrat yang baru dengan yang telah ada di dalam reaktor. Distribusi aliran secara merata dapat dicapai dengan menggunakan kompartemen pendek yang panjangnya <50-60% dari ketinggiannya. Selain itu perlu diperhatikan pada pipa keluaran atau sekat bagian akhir ABR, sebaiknya berada di bawah permukaan air agar *scum* yang terbentuk tidak terbawa keluar (Sasse, 1998).

Barber dan Stuckey (1999) merekomendasikan bahwa *start-up* ABR lebih baik dengan konsentrasi mikroorganisme yang tinggi. Langkah ini dilakukan untuk menghasilkan *sludge blanket* dan pencampuran gas yang baik. Menurut Sasse (1998) ABR beroperasi dalam beberapa kombinasi prinsip anaerobik proses, yang terdiri dari 3 langkah dasar yaitu hidrolisis, asidogenesis dan metanogenesis. ABR memiliki beberapa keuntungan, antara lain:

- 1) Konstruksi mudah dan sederhana
 - 2) Mudah dibangun dan tidak mahal
 - 3) Mampu memisahkan proses asidogenesis dan metanogenesis secara longitudinal di dasar reaktor. Sehingga memungkinkan tersedianya kondisi pertumbuhan yang sesuai untuk masing-masing kelompok mikroorganisme
 - 4) Dapat mereduksi COD sekitar 65-90% dan BOD sekitar 70-95% (Sasse, 1998)
 - 5) Resiko penyumbatan kecil
 - 6) Tidak memerlukan resirkulasi lumpur aktif
- ABR memiliki kekurangan antara lain:

- 1) Kurang dalam mempertahankan kecepatan *upflow* gas dan cairan.
- 2) Sulit mempertahankan aliran merata.

2.5.2 Biofilter

Biofilter merupakan sistem pengolahan air limbah dalam sebuah reaktor yang dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang pada suatu media filter dan membentuk lapisan *biofilm* (*attached growth*) (Masduqi dan Slamet, 2000). Pengolahan air limbah dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis berisi media penyangga yang berguna sebagai pengembangbiakkan mikroorganisme. Sedangkan senyawa polutan di dalam air limbah, misalnya senyawa organik (BOD, COD), amonia, fosfat, dan

lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan biofilm yang melekat pada permukaan media.

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik. Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (*random packing*), bentuk paparan (*plate*), bentuk sarang tawon. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah, kerikil, batu marmer, dan batu tembikar.

Pengolahan menggunakan biofilter dapat dilakukan dalam kondisi aerobik, anaerobik, maupun kombinasi aerobik-anaerobik. Pengolahan aerobik dilakukan dengan menambahkan blower. Pengolahan anaerobik digunakan untuk limbah dengan kandungan zat organik cukup tinggi. Jika konsentrasi COD limbah kurang dari 4000 mg/L maka digunakan pengolahan aerobik, jika konsentrasi COD melebihi 4000 mg/L maka digunakan pengolahan anaerobik (Herlambang *et al.*, 2002).

Pengolahan menggunakan biofilter memiliki keunggulan, yaitu pengoperasiannya mudah karena tidak membutuhkan resirkulasi lumpur, lumpur yang dihasilkan relatif kecil sekitar 10-30% dari BOD yang dihilangkan, dapat digunakan untuk air limbah dengan konsentrasi pencemar yang tinggi atau rendah, tahan terhadap fluktuasi debit air limbah maupun konsentrasi, serta pengaruh suhu relatif kecil terhadap efisiensi pengolahan (Said, 2000).

Menurut Tato (2013) keunggulan pengolahan menggunakan biofilter anaerobik-aerobik sebagai berikut:

1. Pengelolaan mudah dan biaya operasi rendah
2. Suplai udara untuk aerasi relatif kecil
3. Dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar
4. Akses lumpur yang dihasilkan relatif sedikit

Sedangkan kelemahan biofilter anaerobik-aerobik menurut Tato (2013) sebagai berikut:

1. Waktu *start up* relatif lama (menunggu hingga terbentuknya biofilm)
2. Kontrol bakteri tidak dilakukan
3. Tidak memperhitungkan jumlah dan jenis mikroorganisme yang hidup pada media

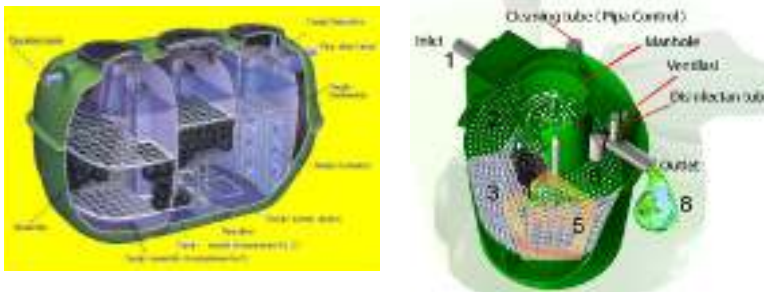
Pada umumnya klinik maupun rumah sakit banyak menggunakan Biofilter pabrikan. Biofilter ini terbuat dari bahan *Fiber Reinforced Plastic*. Biofilter pabrikan ini memiliki beberapa keunggulan, diantaranya ringan, mudah dan cepat pemasangannya, dapat ditanam, cukup diberi dinding batu bata, anti korosi, dan telah dilengkapi dengan media untuk tumbuhnya mikroorganisme di dalamnya. Biofilter pabrikan memiliki berbagai macam kapasitas, antara lain mulai kapasitas 0.8, 1.2, 1.8, 2, 3, 4, 5, dan 10 m³/hari. Dimensi setiap kapasitas dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Dimensi Biofilter Pabrikan

Volume (m ³)	Dimensi (mm)				Model
	W	H	L	Diameter	
0.8	-	1150	-	900	Tabung
1.2	-	1350	-	1100	Tabung
1.5	-	1500	-	1250	Tabung
1.8	-	1600	-	1200	Tabung
2	1100	1100	1700	-	Balok
3	-	2300	-	1350	Tabung
4	-	2800	-	1350	Tabung
5	1100	2150	2600	-	Balok
6	-	3500	-	1500	Tabung
7	-	4000	-	1500	Tabung
8	-	4600	-	1500	Tabung
9	-	5200	-	1500	Tabung
10	1100	2150	5200	-	Balok

Bentuk biofilter beragam, tergantung pabrik yang memproduksinya. Biofilter ada yang berbentuk tabung bulat dan ada yang berbentuk tabung memanjang seperti balok. Terdapat 3 jenis biofilter yaitu biofilter aerob, anaerob, dan aerob-anaerob. Biofilter Aerob dilengkapi dengan mesin Blower. Sedangkan biofilter Anaerob tanpa mesin Blower. Terdapat blower kapasitas kecil di pasaran, yaitu kapasitas 20, 40, 80, 100, dan 200 L/menit. Beberapa biofilter dilengkapi dengan pipa *vent*, media menempelnya mikroorganisme, blower, diffuser, pompa submersible, panel control, dan bak klorinasi. Berikut ini mekanisme masuknya air limbah menuju biofilter:

1. Limbah masuk melalui pipa inlet ke dalam *Chamber Solid Separation / Sludge Tank* yang akan menghancurkan atau menyaring limbah menjadi bagian yang lebih kecil.
2. Cairan akan masuk dalam bagian ke dua melalui media biofilter yang akan menyaring limbah. Media biofilter juga akan terjadi penguraian limbah oleh mikroorganisme anaerobik.
3. Cairan masuk ke *chamber* tiga yang juga dilengkapi dengan media biofilter berupa bola-bola dan blower. Pada bagian ini juga terjadi penguraian limbah oleh mikroorganisme secara aerobik.
4. Cairan masuk tahap *chamber* ke empat yaitu effluent *chamber* yang sudah dapat di alirkan ke saluran umum
5. Tahap terakhir dari pemurnian cairan sebelum di buang melalui pembubuhan disinfektan yang akan membunuh kuman atau bakteri yang ikut keluar dari sistem pengolahan sebelumnya.



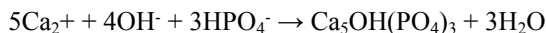
Gambar 2.3 Reaktor Biofilter

2.5.3 Presipitasi, Koagulasi-Flokulasi

Teknik penurunan konsentrasi fosfat dapat dilakukan dengan cara adsorpsi, presipitasi kimiawi, pertukaran ion, *electrodialysis hybrid system* menggunakan adsorpsi *fly-ash*, filtrasi membran, dan elektrokoagulasi. Presipitasi menggunakan zat kimia merupakan metode penghilangan fosfat yang handal dan teruji (Nassef, 2012). Penurunan fosfat melalui presipitasi membutuhkan koagulan yang akan bereaksi dengan fosfat membentuk endapan (kristal). Endapan dipisahkan melalui proses sedimentasi. Presipitasi biasanya bekerja dengan baik apabila menggunakan penambahan kapur atau garam

logam seperti aluminium sulfat (alum) atau besi klorida (Nassef, 2012). Kapur (CaO , Ca(OH)_2) merupakan presipitan yang paling banyak digunakan karena murah dan lumpur yang dihasilkan mudah untuk dikeringkan. Tapi kapur ini memiliki kelarutan yang rendah dibanding dengan FeCl_3 (EPA, 2009).

Kristalisasi fosfat berlangsung dalam 3 tahap. Tahap pertama adalah pembentukan inti dari materi padat, penyimpanan endapan, pertumbuhan hingga pematangan kristal (Jenkins *et al.*, 1971). Proses presipitasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, pH, rasio molar, kecepatan pengadukan, suhu, produk kelarutan, tingkat kejenuhan, dan kehadiran ion lain. Ion kalsium akan bereaksi dengan fosfat dan membentuk presipitat *hydroxyapatite* [$\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$]. Berikut ini merupakan reaksi antara kalsium dengan fosfat:



.....1

2.5.4 Pertukaran Ion

Pertukaran ion (*ion exchange*) adalah proses dimana satu bentuk ion dalam senyawa dipertukarkan untuk beberapa bentuk, yaitu kation ditukar dengan kation atau anion ditukar dengan anion. Pertukaran ion berlangsung secara reversibel dan dapat diregenerasi atau diisi dengan ion-ion yang diinginkan melalui pencucian dengan ion-ion yang berlebih. Pertukaran ion secara luas digunakan untuk pengolahan air dan air limbah, terutama digunakan pada proses penghilangan kesadahan dan proses demineralisasi air. Kapasitas penukaran ion ditentukan oleh jumlah gugus fungsional persatuan massa resin. Dalam hal ini, bentuk pertukaran ion terbagi menjadi 3 macam, yaitu:

1. Penukar kation yaitu pertukaran ion yang bermuatan positif (kation)
2. Penukar anion yaitu pertukaran ion yang bermuatan *negative* (anion)
3. Pertukaran atmosfer yaitu dapat melakukan pertukaran baik kation maupun anion secara simultan.

Proses pertukaran ion terjadi secara kontinyu sampai resin telah jenuh dengan ion yang ditukarkan. Oleh karena itu, jika resin telah jenuh dengan ion yang dipertukarkan, maka dapat diregenerasi dengan asam atau basa (Ita Ulfir, 2013).

2.5.5 Klorinasi

Klorinasi merupakan proses pembubuhan senyawa klor ke dalam bak pengolahan limbah. Klorinasi bertujuan untuk mengurangi dan membunuh mikroorganisme patogen yang ada dalam air limbah. Klorinasi merupakan metode yang sering digunakan, karena klor efektif untuk desinfeksi dan harganya terjangkau (Sururi *et al.*, 2008). Klor yang ditambahkan dapat berupa gas, cair maupun padatan berbentuk kapsul. Sumber yang biasa digunakan adalah Kaporit [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$].

Saat dilarutkan dalam air, kaporit akan berubah menjadi asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl^-) yang memiliki sifat disinfektan. HOCl dan OCl^- sangat reaktif terhadap berbagai komponen sel bakteri dan disebut sebagai klor aktif. Klor mampu melakukan reaksi hidrolisis dan deaminasi dengan berbagai komponen kimia bakteri seperti peptidoglikan, lipid, dan protein. Reaksi ini dapat menimbulkan kerusakan fisiologis dan mempengaruhi mekanisme seluler (Berg, 1986). Salah satu kelemahan desinfeksi menggunakan kaporit adalah terbentuknya senyawa organohalogen seperti trihalomethan (THMs) dari senyawa organik berhalogen (CHCl_3) dalam air limbah. Trihalomethan merupakan senyawa karsinogenik dan mutagenik (Sururi *et al.*, 2008).

BAB 3 EKSISTING TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

3.1 Hasil Survey

Survey dilakukan untuk mengetahui kondisi lapangan dan mendapatkan data-data pendukung seperti debit air limbah, karakteristik influent dan effluent, teknologi yang diterapkan, serta pengelolaan air limbah. Besarnya debit air limbah klinik ada yang berada di kisaran 1000 – 2000 L/hari dan 100 – 200 L/hari. Data debit air limbah ini didapatkan tidak dari semua laboratorium karena hanya beberapa laboratorium yang dilengkapi dengan alat pengukur debit.

Karakteristik influent air limbah juga didapatkan dari beberapa laboratorium. Data influent air limbah sulit didapatkan karena beberapa klinik tidak menghasilkan air limbah saat disurvey. Karakteristik influent terjadi secara fluktuatif berdasarkan jumlah pasien yang dilayani. Pada hasil analisa karakteristik effluent terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu yaitu NH_3 -bebas dan PO_4 . Data hasil analisa karakteristik influent dan effluent air limbah dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Karakteristik Influent Air Limbah Klinik

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	COD	mg/L	96
2.	BOD	mg/L	38
3.	TSS	mg/L	30
4.	PO_4	mg/L	1,8
5.	NH_3	mg/L	0,7
6.	Chlor	mg/L	0,04
7.	Detergent	mg/L	0,095
8.	Coli Tinja	/100 mL	11500

Tabel 3.2 Karakteristik Effluent Air Limbah Klinik

No.	Parameter	Satuan	Nilai				
			Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5
1.	pH	-	8,18	7,87	6,97	6,96	7,21
2.	Suhu	°C	27,6	27,5	27,6	23,5	23,4
3.	BOD	mg/L	15,6	20,8	11,37	11,31	13,27

No.	Parameter	Satuan	Nilai				
			Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5
4.	COD	mg/L	35,2	50,8	29,2289	29,4707	33,2830
5.	TSS	mg/L	133	9	3	-	-
6.	Minyak dan Lemak	mg/L	<2,1	<2,1	<LD	<LD	<LD
7.	PO ₄	mg/L	0,145	1,25	1,8170	2,1332	4,0578
8.	Detergent	mg/L	0,0682	0,0769	0,9127	0,803	0,8448
9.	Phenol	mg/L	0,104	<0,0025	0,1146	0,1111	0,2768
10.	NH ₃ -bebas	mg/L	0,168	3,97	0,0278	0,0235	0,1185
11.	Chlor	mg/L	0,01	<0,004	0,1	<LD	<LD
12.	Coli Tinja	/100 mL	150	1100	-	-	-

Berdasarkan hasil survey diketahui bahwa pada umumnya klinik menggunakan beberapa jenis teknologi pengolahan limbah, antara lain:

1. IPAL Sederhana (seperti ABR)
2. Kombinasi IPAL Sederhana (seperti ABR) + Desinfeksi
3. Biofilter
4. Biofilter + Desinfeksi

IPAL dan biofilter yang digunakan ditanam di bawah lahan parkir, sehingga pihak laboratorium kesulitan untuk melakukan kontrol IPAL atau biofilter. Biofilter yang digunakan merupakan biofilter pabrikasi.

3.2 Pemilihan Alternatif Pengolahan

Limbah yang akan diolah oleh sistem pengolahan ini adalah limbah medis non B3 seperti pada bagan alir air limbah Gambar 2.2, dengan alternatif pengolahan sebagai berikut:

1. Alternatif pertama



2. Alternatif kedua



Alternatif pertama dan kedua digunakan untuk limbah yang mengandung fosfat di bawah baku mutu. Bak ekualisasi pada kedua alternatif ini

berfungsi untuk menghomogenkan air limbah serta sebagai penampung saat debit air limbah kecil. Sehingga ABR dan biofilter akan berjalan saat debit air limbah cukup untuk diolah. Biofilter yang digunakan pada alternatif kedua adalah biofilter anaerobik-aerobik. Pada biofilter anaerobik-aerobik pabrikasi terdapat bak klorinasi yang sepaket dengan biofilter. Oleh karena itu, bak klorinasi pada bagan di atas hanya ditambahkan pada biofilter yang tidak sepaket dengan klorinasi. Klorinasi dapat ditambahkan dalam bentuk cair maupun serbuk padat dalam kapsul.

3. Alternatif ketiga



4. Alternatif keempat



Alternatif ketiga dan keempat digunakan untuk mengolah limbah dengan konsentrasi fosfat yang melebihi baku mutu. Pengolahan fosfat dilakukan pada bak presipitasi. Bak ekualisasi pada kedua alternatif ini selain berfungsi untuk menghomogenkan limbah dan menampung limbah saat debit kecil namun juga berfungsi sebagai bak presipitasi. Bak ini berfungsi sebagai bak presipitasi saat tidak ada air limbah yang masuk pada bak. Bak ini dilengkapi dengan pengaduk dan berfungsi sebagai bak sedimentasi setelah pengadukan selesai. Pada bak ini dilakukan pengontrolan pH dan penambahan Kalsium (*gypsum*) agar proses presipitasi dapat berjalan dengan baik. Setelah proses sedimentasi selesai, maka supernatan limbah akan dialirkan menuju ABR atau biofilter, sedangkan endapan akan dipompa keluar. Biofilter yang digunakan pada alternatif keempat ini juga merupakan biofilter anaerobik-aerobik. Apabila dari hasil analisis effluent (setelah pengolahan) didapatkan bahwa konsentrasi fosfat lebih tinggi daripada influen maka dapat dilakukan upaya modifikasi yaitu dengan memisahkan bak ekualisasi dengan bak presipitasi. Dengan demikian, maka bak presipitasi berfungsi sebagai post-treatment yang diletakkan setelah klorinasi. Bak presipitasi tersebut memiliki ukuran dan bentuk yang sama dengan bak ekualisasi.

Alternatif lain adalah dengan mengalirkan kembali effluent setelah klorinasi kembali ke bak ekualisasi/presipitasi untuk proses penyisihan fosfat.

Setiap alternatif memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh karena itu dari keempat alternatif di atas, akan dipilih alternatif yang paling sesuai untuk diterapkan di lapangan dan sesuai dengan karakteristik limbah. Berikut ini penjelasan kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif.

1. Alternatif pertama

Pengolahan menggunakan ABR merupakan pengolahan limbah secara anaerobik. Kelebihan menggunakan pengolahan ABR diantaranya konstruksi dan pengoperasiannya mudah dan murah, menghasilkan sedikit lumpur, tidak memerlukan resirkulasi lumpur, dan memungkinkan tersedianya kondisi pertumbuhan yang sesuai untuk masing-masing kelompok mikroorganisme. Namun pengolahan anaerobik memiliki beberapa kekurangan diantaranya membutuhkan waktu *start up* yang lebih lama, jika menginginkan *start up* cepat maka dibutuhkan penambahan mikroorganisme pengurai (Mahmud, 2011), dan menimbulkan bau. Kekurangan yang lainnya adalah pengolahan anorganik hanya menurunkan sebagian pencemar organik dan dalam banyak kasus diikuti dengan pengolahan aerobik (Mahida, 1984).

2. Alternatif kedua

Pengolahan menggunakan biofilter anaerobik-aerobik memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan menggunakan biofilter anaerobik-aerobik adalah biaya operasi rendah, pada biofilter pabrikasi sudah terdapat paket bak anaerobik dan aerobik, pengelolaannya sangat mudah, dan dapat mengolah air limbah dengan beban BOD yang cukup besar (Said *et al.*, 2011). Kekurangan menggunakan biofilter ini adalah waktu *start up* relatif lama (menunggu hingga biofilm terbentuk), tidak memperhitungkan jumlah dan jenis mikroorganisme pada media, dan kontrol bakteri tidak dilakukan (Tato, 2013).

Namun pada kedua alternatif di atas memiliki kelemahan dalam mengurangi konsentrasi fosfat jika beberapa tahun kedepan ternyata kandungan fosfat dalam air limbah melebihi baku mutu.

3. Alternatif ketiga

Kelebihan dan kekurangan pengolahan menggunakan ABR pada alternatif ketiga sama dengan kelebihan dan kekurangan pengolahan alternatif pertama. Namun kelebihan pengolahan alternatif ketiga daripada alternatif pertama adalah terdapatnya bak pengolahan fosfat melalui bak presipitasi.

4. Alternatif keempat

Kelebihan dan kekurangan pengolahan pada alternatif keempat sama dengan kelebihan dan kekurangan pengolahan alternatif kedua. Namun kelebihan alternatif ini adalah terdapatnya bak pengolahan fosfat melalui bak presipitasi.

Pada bak presipitasi dilengkapi dengan pengaduk (blower) dan saluran pembubuh kapur. Bak presipitasi pada alternatif ketiga dan keempat digabungkan dengan bak ekualisasi yaitu dengan cara memberi sekat pada kedua bak. Untuk menghubungkan kedua bak dapat diberikan saluran berkatup. Jika konsentrasi fosfat pada air limbah sudah memenuhi baku mutu, maka katup dibuka, blower dimatikan, dan tidak ditambahkan kapur, sehingga bak tersebut hanya berfungsi sebagai bak ekualisasi. Namun, jika konsentrasi fosfat masihn melebihi baku mutu, maka katup ditutup, blower dinyalakan, dan ditambahkan kapur, sehingga dapat terjadi proses presipitasi pada bak presipitasi.

Setiap alternatif memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Berdasarkan penjabaran di atas maka dipilih alternatif pengolahan yang memiliki bak presipitasi, karena bak ini dapat dioperasikan jika konsentrasi fosfat melebihi maupun memenuhi baku mutu. Alternatif yang dimaksud adalah alternatif ketiga dan keempat. Kedua alternatif tersebut dapat diterapkan jika pada kondisi sekarang tidak membutuhkan pengolahan fosfat dan ternyata dimasa mendatang membutuhkan pengolahan fosfat.

BAB 4 DESAIN STANDAR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Pada bab 4 dilakukan perhitungan desain IPAL sesuai dengan alternatif yang telah dipilih. Berdasarkan pada subbab sebelumnya, telah terpilih 2 alternatif yang akan didesain pada bab ini. Kedua alternatif tersebut adalah:

1. Bak ekualisasi – presipitasi → ABR → Klorinasi
2. Bak ekualisasi – presipitasi → Biofilter → Klorinasi

4.1 Perencanaan Bak Ekualisasi – Presipitasi

Bak ekualisasi – presipitasi yang akan direncanakan ada dua kapasitas, yaitu kapasitas 2 m^3 dan 1 m^3 dan untuk kapasitas jika ada penambahan debit air limbah kamar mandi pasien. Jumlah pasien yang akan didesain diasumsikan berjumlah 100 dan 150 orang per hari. Selain menghitung dimensi bak ekualisasi – presipitasi, pada subbab ini juga menghitung kebutuhan kapur yang akan ditambahkan, persen endapan yang terbentuk, dimensi bak penampung endapan, dan dimensi pipa outlet. Berikut ini perhitungan yang telah dilakukan:

1. Dimensi Bak

a. Kapasitas 2 m^3

-	Volume bak (V) = 2 m^3
-	Ketinggian bak (h) = $0,7 \text{ m}$
-	Dimensi bak
Luas permukaan (A)	$= \frac{V}{h} = \frac{2}{0,7} = 2,857 \text{ m}^2$
P : L	$= 1 : 1$
P	$= \sqrt{A} = \sqrt{2,857} = 1,69 \text{ m} \approx 1,7 \text{ m}$
L	$= 1,7 \text{ m}$
Volume real	$= P \times L \times h$ $= 1,7 \times 1,7 \times 0,7 = 2,023 \text{ m}^3$
Freeboard (Fb)	$= 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$
H lumpur	$= 0,1 \text{ m}$
H1	$= h + \text{Fb} = 0,7 \text{ m} + 0,1 \text{ m} = 0,8 \text{ m}$
H2	$= h + \text{Fb} + h \text{ lumpur} = 0,7 \text{ m} + 0,1 \text{ m} + 0,1 \text{ m} = 0,9 \text{ m}$

b. Kapasitas 1 m³

-	Volume bak (V) = 1 m ³
-	Ketinggian bak (h) = 0,7 m
Dimensi bak	
Luas permukaan (A)	$= \frac{V}{h} = \frac{1}{0,7} = 1,428 \text{ m}^2$
P : L	= 1 : 1
P	$= \sqrt{A} = \sqrt{1,428} = 1,19 \text{ m} \approx 1,2 \text{ m}$
L	= 1,2 m
Volume real	= P x L x h
	= 1,2 x 1,2 x 0,7 = 1,008 m ³
Freeboard (Fb)	= 10 cm = 0,1 m
H lumpur	= 0,1 m
H1	= h + Fb = 0,7 m + 0,1 m = 0,8 m
H2	= h + Fb + h lumpur = 0,7 m + 0,1 m + 0,1 m = 0,9 m

c. Kapasitas jika ditambah air limbah kamar mandi pasien

Debit air limbah /pasien <i>al.</i> , 1985)	= 2,7 L/pasien/hari (Noerbambang <i>et</i>
Jumlah pasien	= 100 orang dan 150 orang
Debit air limbah limbah/pasien	= jumlah pasien x debit air
	= 100 orang x 2,7 L/org/hari
	= 270 L/hari
	= 0,27 m ³ /hari $\approx$ 0,3 m ³ /hari $\rightarrow$ 100 org
Debit air limbah limbah/pasien	= jumlah pasien x debit air
	= 150 orang x 2,7 L/org/hari
	= 405 L/hari
	= 0,405 m ³ /hari $\approx$ 0,5 m ³ /hari

Kemudian dihitung dimensi bak ekualisasi-presipitasi dengan cara seperti perhitungan point a dan b. Sehingga didapatkan hasil perhitungan seperti Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Dimensi Bak Ekualisasi-Presipitasi

Kapasitas m ³ /hari	Dimensi bak (m)						
	P	L	h	H lumpur	Fb	H1	H2
2	1.7	1.7	0.7	0.1	0.1	0.8	0.9
1	1.2	1.2	0.7	0.1	0.1	0.8	0.9
2.3*	1.8	1.8	0.7	0.1	0.1	0.8	0.9
2.5**	1.9	1.9	0.7	0.1	0.1	0.8	0.9
1.3 *	1.4	1.4	0.7	0.1	0.1	0.8	0.9
1.5 **	1.5	1.5	0.7	0.1	0.1	0.8	0.9

Keterangan:

* = kapasitas air limbah dengan penambahan air limbah kamar mandi untuk 100 orang

** = kapasitas air limbah dengan penambahan air limbah kamar mandi untuk 150 orang

2. Kebutuhan Kapur

Konsentrasi awal PO₄ (C_{in}) = 10 mg/L

Rasio Ca:P = 1,5:1

Ar Ca = 40

Mr PO₄ = 95

Ca yang dibutuhkan = Rasio Ca:P x C_{in} x Ar Ca/Mr PO₄
= 1,5 x 10 x 40/95
= 6,316 mg/L

Kadar Ca dalam gypsum = 30% (contoh spesifikasi produk gypsum)

Gypsum yang ditambahkan dalam gypsum = Ca yang dibutuhkan : Kadar Ca

= 6,316 mg/L : 30%

= 21, 053 mg/L

$$= 0,021 \text{ g/L}$$

$$= 21,05 \text{ g/1 m}^3 \text{ limbah}$$

$$= 42,105 \text{ g/2 m}^3 \text{ limbah}$$

Untuk kapasitas lainnya dapat dihitung dengan mengalikan kadar gypsum untuk setiap m^3 dengan volume air limbah dalam satuan m^3 .

3. Perkiraan Endapan yang Terbentuk

Kapasitas 2 m^3

$$\text{Persen removal TSS} = 85\%$$

$$\text{TSS} = 30 \text{ mg/L}$$

$$= 30 \text{ g/m}^3$$

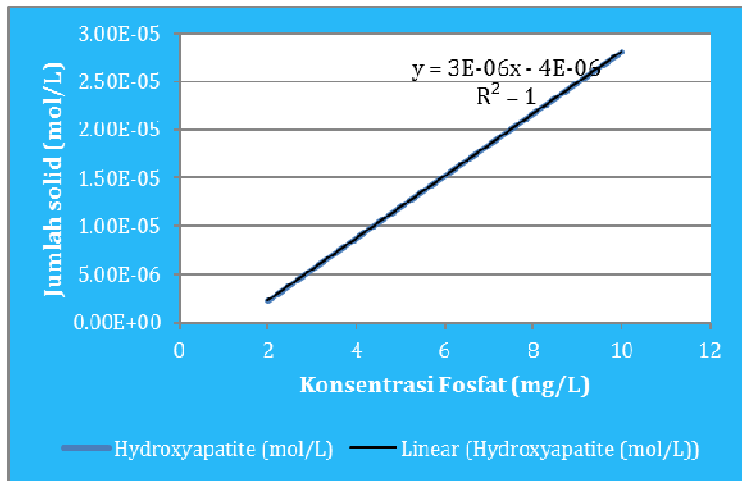
$$M_{\text{TSS}} = \% \text{removal TSS} \times \text{TSS} \times \text{Volume limbah} :$$

$$1000 \text{ g/kg}$$

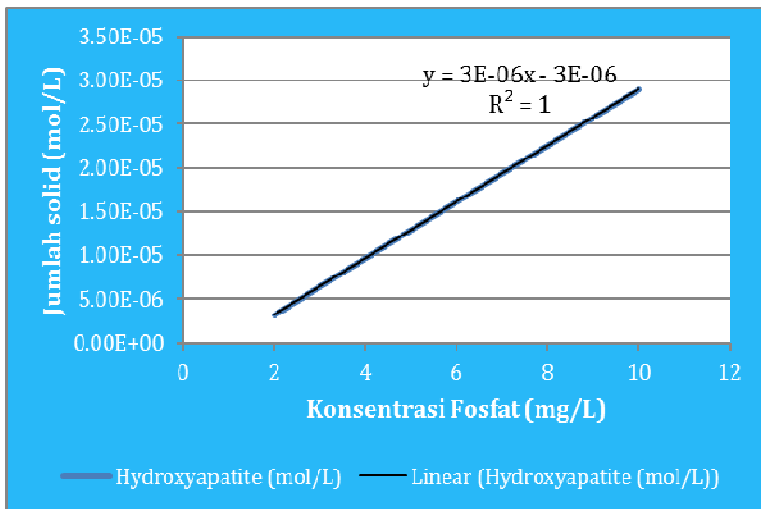
$$= 85\% \times 30 \text{ g/m}^3 \times 2 \text{ m}^3 : 1000 \text{ g/kg}$$

$$= 0,051 \text{ kg}$$

Prediksi endapan yang terbentuk dilakukan dengan menggunakan software visual MINTEQ dan didapatkan hasil bahwa hanya solid Hydroxyapatite yang dapat terbentuk. Hydroxyapatite diprediksi terbentuk sebanyak $2,901 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ pada pH 8. Prediksi endapan menggunakan software ini akan dimasukkan variasi konsentrasi fosfat dari 2 – 10 mg/L pada pH 7,8 dan 8. Berdasarkan hasil permodelan, agar didapatkan konsentrasi fosfat akhir memenuhi baku mutu, maka pengolahan dilakukan minimal pada pH 7,8. Semakin basa pengolahan, maka removal fosfat akan semakin besar, namun dibatasi hingga pH 8 agar effluent IPAL tetap di dalam rentang baku mutu. Grafik hubungan antara konsentrasi fosfat dan jumlah solid (HA) yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar 4.1 Hubungan antara Konsentrasi Fosfat dengan Jumlah Solid yang Terbentuk pada pH 7,8



Gambar 4.2 Hubungan antara Konsentrasi Fosfat dengan Jumlah Solid yang Terbentuk pada pH 8

Hydroxyapatite (HA)	$= 2,901 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$
HA sekali pengolahan	$= \text{HA} \times \text{Volume limbah per hari}$ $= 2,901 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \times 2 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ L/m}^3$ $= 0,05802 \text{ mol}$
Mr HA	$= 502,3116$
Massa HA	$= \text{HA per pengolahan} \times \text{Mr HA}$ $= 0,05802 \text{ mol} \times 502,3116$ $= 29,144 \text{ gr}$ $= 0,0291 \text{ kg}$
Massa lumpur	$= M_{\text{TSS}} + \text{Massa HA}$ $= 0,051 + 0,0291$ $= 0,0801 \text{ kg}$
Endapan yang terbentuk = 15%	
Volume endapan	$= 15\% \times \text{Volume air limbah}$ $= 15\% \times 2 \text{ m}^3$ $= 0,3 \text{ m}^3 = 300 \text{ L}$
Specific gravity lumpur	$= 1,04 \text{ (Metcalfdan Eddy, 2003)}$
Kadar air	$= 92,5\% \text{ (Metcalfdan Eddy, 2003)}$
Volume solid kadar air) $\times 1000 \text{ L/m}^3$	$= \text{massa lumpur} : (\text{specific gravity} \times (1 - \text{kadar air})) \times 1000$ $= 0,0801 \text{ kg} : (1,04 \times (1 - 92,5\%)) \times 1000$ L/m^3 $= 0,00103 \text{ m}^3 = 1,03 \text{ L/pengolahan}$
Kapasitas 1 m³	
Persen removal TSS	$= 85\%$
TSS	$= 30 \text{ mg/L}$ $= 30 \text{ g/m}^3$
M_{TSS} 1000g/kg	$= \% \text{removal TSS} \times \text{TSS} \times \text{Volume limbah} :$ $= 85\% \times 30 \text{ g/m}^3 \times 1 \text{ m}^3 : 1000 \text{ g/kg}$ $= 0,0255 \text{ kg}$
Prediksi endapan yang terbentuk dilakukan dengan menggunakan software visual MINTEQ dan didapatkan hasil bahwa hanya solid	

Hydroxyapatite yang dapat terbentuk. Hydroxyapatite diprediksi terbentuk sebanyak $2,901 \cdot 10^{-5}$ mol/L pada pH 8.

$$\text{Hydroxyapatite (HA)} = 2,901 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$\begin{aligned} \text{HA per pengolahan} &= \text{HA} \times \text{Volume limbah per hari} \\ &= 2,901 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \times 1 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ L/m}^3 \\ &= 0,02901 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{Mr HA} = 502,3116$$

$$\begin{aligned} \text{Massa HA} &= \text{HA per pengolahan} \times \text{Mr HA} \\ &= 0,02901 \text{ mol} \times 502,3116 \\ &= 14,57 \text{ gr} \\ &= 0,014 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa lumpur} &= M_{\text{TSS}} + \text{Massa HA} \\ &= 0,0255 + 0,014 \\ &= 0,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

Endapan yang terbentuk = 15%

$$\begin{aligned} \text{Volume endapan} &= 15\% \times \text{Volume air limbah} \\ &= 15\% \times 1 \text{ m}^3 \\ &= 0,15 \text{ m}^3 = 150 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\text{Specific gravity lumpur} = 1,04 \text{ (Metcalf dan Eddy, 2003)}$$

$$\text{Kadar air} = 92,5\% \text{ (Metcalf dan Eddy, 2003)}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume solid} &= \text{massa lumpur} : (\text{specific gravity} \times (1 - \\ \text{kadar air}) \times 1000 \text{ L/m}^3) \\ &= 0,04 \text{ kg} : (1,04 \times (1 - 92,5\%)) \times 1000 \text{ L/m}^3 \\ &= 0,000514 \text{ m}^3 = 0,514 \text{ L/pengolahan} \end{aligned}$$

Kapasitas dengan penambahan air limbah kamar mandi pasien

Jumlah pasien 100 orang

$$\begin{aligned} \text{Volume endapan} &= 15\% \times \text{Volume air limbah} \\ &= 15\% \times 2,3 \text{ m}^3 \\ &= 0,345 \text{ m}^3 = 345 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume endapan} &= 15\% \times \text{Volume air limbah} \\ &= 15\% \times 1,3 \text{ m}^3 \\ &= 0,195 \text{ m}^3 = 195 \text{ L} \end{aligned}$$

Jumlah pasien 150 orang

$$\text{Volume endapan} = 15\% \times \text{Volume air limbah}$$

$$\begin{aligned}
 &= 15\% \times 2,5 \text{ m}^3 \\
 &= 0,375 \text{ m}^3 = 375 \text{ L} \\
 \text{Volume endapan} &= 15\% \times \text{Volume air limbah} \\
 &= 15\% \times 1,5 \text{ m}^3 \\
 &= 0,225 \text{ m}^3 = 225 \text{ L}
 \end{aligned}$$

4. Dimensi Bak Penampung Endapan

Kapasitas 2 m³

$$\begin{aligned}
 P : L &= 1 : 1 \\
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 H \text{ lumpur} &= \text{volume lumpur per hari} : (P \times L) \\
 &= 0,3 \text{ m}^3 : (1 \times 1) \\
 &= 0,3 \text{ m} = 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Namun H bak penampung dibuat sama dengan H bak ekualisasi yaitu 0,9 m + 0,3 m = 1,2 m.

Kapasitas 1 m³

$$\begin{aligned}
 P : L &= 1 : 1 \\
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 H \text{ lumpur} &= \text{volume lumpur per hari} : (P \times L) \\
 &= 0,15 \text{ m}^3 : (1 \times 1) \\
 &= 0,15 \text{ m} = 15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Namun H bak penampung dibuat sama dengan H bak ekualisasi yaitu 0,9 m + 0,15 m = 1,05 m.

Kapasitas dengan penambahan air limbah kamar mandi pasien

Jumlah pasien 100 orang

$$\begin{aligned}
 P : L &= 1 : 1 \\
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 H \text{ lumpur} &= \text{volume lumpur per hari} : (P \times L) \\
 &= 0,345 \text{ m}^3 : (1 \times 1) \\
 &= 0,345 \text{ m} = 34,5 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Namun H bak penampung dibuat sama dengan H bak ekualisasi yaitu 0,9 m + 0,35 m = 1,25 m.

$$\begin{aligned}
 P : L &= 1 : 1 \\
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 H \text{ lumpur} &= \text{volume lumpur per hari} : (P \times L) \\
 &= 0,195 \text{ m}^3 : (1 \times 1) \\
 &= 0,195 \text{ m} = 19,5 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Namun H bak penampung dibuat sama dengan H bak ekualisasi yaitu 0,9 m + 0,2 m = 1,1 m.

Jumlah pasien 150 orang

$$\begin{aligned}
 P : L &= 1 : 1 \\
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 H \text{ lumpur} &= \text{volume lumpur per hari} : (P \times L) \\
 &= 0,375 \text{ m}^3 : (1 \times 1) \\
 &= 0,375 \text{ m} = 37,5 \text{ cm} \approx 38 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Namun H bak penampung dibuat sama dengan H bak ekualisasi yaitu 0,9 m + 0,38 m = 1,28 m.

$$\begin{aligned}
 P : L &= 1 : 1 \\
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 H \text{ lumpur} &= \text{volume lumpur per hari} : (P \times L) \\
 &= 0,225 \text{ m}^3 : (1 \times 1) \\
 &= 0,225 \text{ m} = 22,5 \text{ cm} \approx 23 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Namun H bak penampung dibuat sama dengan H bak ekualisasi yaitu 0,9 m + 0,23 m = 1,13 m.

5. Dimensi Pipa Outlet

Pada pipa outlet ini akan digunakan pipa PVC dengan diameter 75 mm. Pipa ini akan mengeluarkan lumpur dahulu lalu mengeluarkan supernatan. Pada pipa akan dipasang *Equal Tee* (75 x 75) yang akan mengarah ke bak penampung lumpur dan unit pengolahan selanjutnya. Pada pipa ini juga akan dipasang katup untuk mengatur aliran, kapan mengalir ke penampung lumpur dan kapan mengalir ke unit selanjutnya. Berikut ini perhitungan lama dibukanya katup aliran menuju bak penampung lumpur agar lumpur dapat

mengalir. Setelah semua lumpur sudah mengalir ke bak penampung, kemudian katup tersebut ditutup dan katup yang lain dibuka.

$$\begin{aligned}\text{Diameter luar (OD)} &= 75 \text{ mm} \\ \text{Diameter dalam (ID)} &= 64 \text{ mm} \\ &= 0,064 \text{ m}\end{aligned}$$

Kapasitas 2 m³

$$\begin{aligned}\text{Vlumpur} &= 0,3 \text{ m}^3 \\ \text{A pipa} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi (0,064)^2 \\ &= 0,0032 \text{ m}^2 \\ \text{Panjang pipa (s)} &= 45 \text{ cm} = 0,45 \text{ m} \\ \text{Jarak lubang dengan permukaan air (h)} &= 0,7 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q &= A \sqrt{2gh} \\ &= 0,0032 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,7}\end{aligned}$$

$$= 0,0119 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned}t1 &= \text{Vlumpur} : Q \\ &= 0,3 \text{ m}^3 : 0,0119 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 25,176 \text{ s} \rightarrow \text{waktu lumpur keluar dari lubang pipa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v &= Q : A \\ &= 0,0119 \text{ m}^3/\text{s} : 0,0032 \text{ m}^2 \\ &= 3,7 \text{ m/s} \rightarrow \text{kecepatan aliran lumpur}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t2 &= s : v \\ &= 0,45 \text{ m} : 3,7 \text{ m/s} \\ &= 0,121 \text{ s} \rightarrow \text{waktu lumpur melewati pipa menuju bak}\end{aligned}$$

penampung

$$T \text{ katup dibuka} = t1 + t2 = 25,176 \text{ s} + 0,121 \text{ s} = 25,298 \text{ s} = 25 \text{ s}$$

Kapasitas 1 m³

$$\begin{aligned}\text{Vlumpur} &= 0,15 \text{ m}^3 \\ \text{A pipa} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi (0,064)^2 \\ &= 0,0032 \text{ m}^2 \\ \text{Panjang pipa (s)} &= 45 \text{ cm} = 0,45 \text{ m}\end{aligned}$$

Jarak lubang dengan permukaan air (h) = 0,7 m

$$Q = A \sqrt{2gh}$$

$$= 0,0032 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,7}$$

$$= 0,0119 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t_1 = V_{\text{lumpur}} : Q$$

$$= 0,15 \text{ m}^3 : 0,0119 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 12,588 \text{ s} \rightarrow \text{waktu lumpur keluar dari lubang pipa}$$

$$v = Q : A$$

$$= 0,0119 \text{ m}^3/\text{s} : 0,0032 \text{ m}^2$$

$$= 3,7 \text{ m/s} \rightarrow \text{kecepatan aliran lumpur}$$

$$t_2 = s : v$$

$$= 0,45 \text{ m} : 3,7 \text{ m/s}$$

$$= 0,121 \text{ s} \rightarrow \text{waktu lumpur melewati pipa menuju bak penampungan}$$

$$T \text{ katup dibuka} = t_1 + t_2$$

$$= 12,588 \text{ s} + 0,121 \text{ s}$$

$$= 12,7 \text{ s} = 13 \text{ s}$$

Kemudian dihitung lama waktu katup dibuka untuk kapasitas lainnya, sehingga menghasilkan hasil seperti Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Lama Waktu (Durasi) Dibukanya Katup

Kapasitas m ³ /hari	Lama Waktu dibukanya katup (s)
2	25
1	13
2.3*	29
2.5**	31
1.3 *	16
1.5 **	19

Keterangan:

- * = kapasitas air limbah dengan penambahan air limbah kamar mandi untuk 100 orang
- ** = kapasitas air limbah dengan penambahan air limbah kamar mandi untuk 150 orang

4.2 Perencanaan ABR

ABR yang direncanakan adalah ABR dengan kapasitas 2 m³ dan 1 m³, serta masing-masing kapasitas akan dibagi menjadi dua rentang konsentrasi COD. Dua rentang tersebut adalah 100 – 200 mg/L dan 200 – 400 mg/L. Berikut ini data umum air limbah yang akan diolah untuk kapasitas 2 dan 1 m³:

Direncanakan:

Suhu pengolahan	= 28°C
Pengurasan lumpur	= 24 bulan
Rasio SS/COD	= 0,42 (0,35 – 0,45)
Vup	= 1,5 m/jam (1,4 – 2,0 m/jam)
Lamanya air limbah dihasilkan	= jam operasional laboratorium, misalnya 12 jam dari 15 jam operasional kantor

- a. Konsentrasi COD = 100 mg/L, BOD 60 mg/L

Direncanakan:

Kedalaman bak (h)	= 0,8 m
Lebar settler	= 0,8 m
Kedalaman outlet	= 0,8 m
Jumlah kompartemen	= 2

- 1) Debit per jam yang masuk ke unit ABR adalah

$$\begin{aligned}
 Q \text{ per jam} &= \frac{Q_{\text{ave}}}{\text{waktu pengaliran}} \\
 &= \frac{2 \text{ m}^3 / \text{hari}}{12 \text{ jam} / \text{hari}} \\
 &= 0,167 \text{ m}^3 / \text{jam}
 \end{aligned}$$

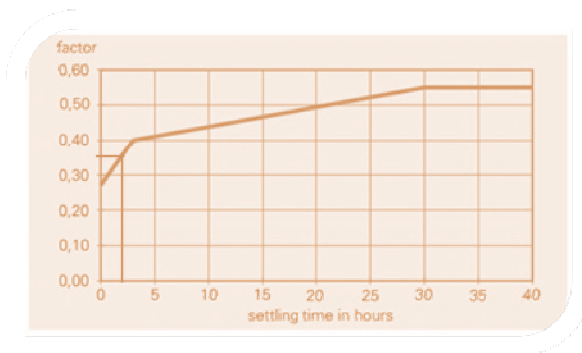
- 2) Faktor removal COD dan BOD di zona pengendapan. Langkah ini dilakukan untuk menentukan efisiensi removal pada zona pengendapan ABR. Faktor removal COD didapatkan dengan

menarik garis pada grafik removal COD pada Gambar 4.3. Waktu tinggal direncanakan selama 2 jam, sehingga didapatkan removal COD sebesar 0,35.

Perkiraan presentase removal COD

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{ratio} \frac{SS}{COD}}{COD} \times \text{faktor removal} \\
 &= \frac{0,42}{0,6} \times 0,35 \\
 &= 24,5\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD effluent} &= (1 - 24,5\%) \times 100 \text{ mg/L} \\
 &= 75,50 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$



Gambar 0.3 Removal COD pada Tangki Pengendapan ABR

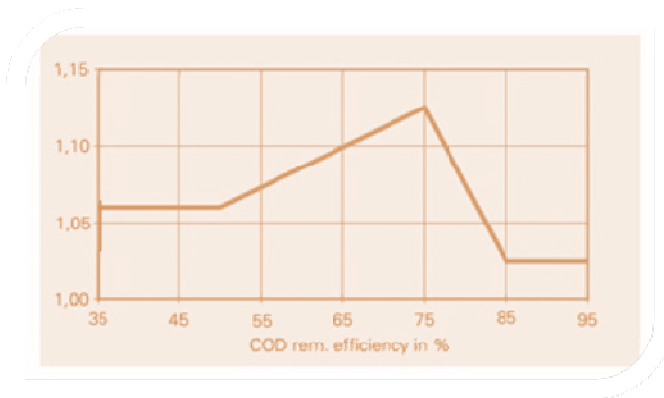
Sumber : Sasse, 2009

Faktor removal BOD didapatkan dengan menarik garis pada grafik removal BOD pada Gambar 4.4. Removal COD sebesar 24,5%, sehingga didapatkan removal BOD sebesar 1,06.

Perkiraan % removal BOD = faktor penyisihan BOD₅/COD x % removal COD

$$\begin{aligned}
 &= 1,06 \times 24,5\% \\
 &= 25,97\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD effluent} &= (1 - 25,97\%) \times 60 \text{ mg/L} \\
 &= 44,42 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.3 Removal BOD pada Tangki Pengendapan ABR

Sumber : Sasse, 2009

3) Panjang (P) kompartemen ABR

Panjang kompartemen ABR ditentukan berdasarkan kedalaman ABR, dimana panjang tidak lebih dari setengah kedalaman ABR. Jika kedalaman ABR direncanakan 0,8 m, maka:

$$\begin{aligned}
 P \text{ kompartemen ABR} &= 50\% \times \text{kedalaman ABR} \\
 &= 50\% \times 0,8 \text{ m} \\
 &= 0,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Panjang kompartemen ini diusahakan tidak lebih dari 50% kedalaman dengan alasan agar air limbah yang masuk terdistribusi secara merata sesegera mungkin, yaitu dengan memperpendek jarak antar kompartemen.

$$4) \quad \text{Luas kompartemen} = Q \text{ per jam : } V_{up}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,167 \text{ m}^3/\text{jam} : 1,5 \text{ m/jam} \\
 &= 0,111 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) \quad \text{Lebar kompartemen} &= \text{luas kompartemen} : P_{\text{kompartemen}} \\
 &= 0,111 \text{ m}^2 : 0,4 \text{ m} \\
 &= 0,278 \text{ m} \rightarrow \text{namun dipilih } 0,8 \text{ m} \\
 &\quad \text{menyesuaikan dengan lebar tangki} \\
 &\quad \text{pengendapan (settler)}
 \end{aligned}$$

6) Perhitungan panjang settler

Panjang settler dihitung berdasarkan laju akumulasi lumpur, debit air limbah, konsentrasi BOD dan COD serta HRT di settler. Kemudian dimasukkan ke dalam formula excel sehingga didapatkan panjang settler sebesar 1,04 m. Namun agar mempermudah pembangunan ABR nantinya, maka panjang settler dibulatkan menjadi 1,1 m.

7) Perhitungan efisiensi ABR

Penentuan efisiensi removal COD pada ABR ditinjau dari faktor OLR, faktor *strength*, faktor suhu, dan faktor HRT.

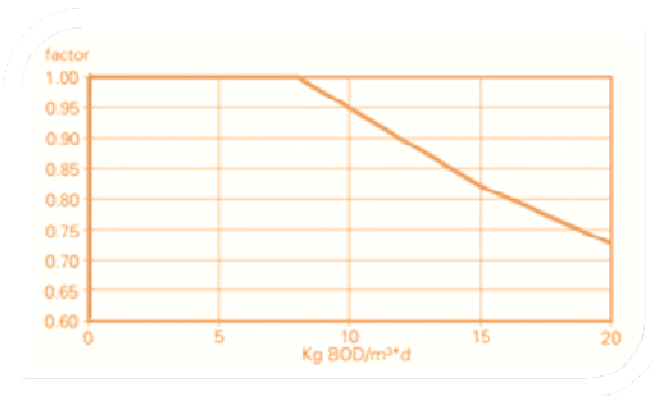
a) Faktor OLR

Faktor *Organic Loading Rate* (OLR) didapatkan melalui grafik hubungan antara laju beban organik BOD (OLR) dengan faktor *overload* pada Gambar 4.5.

$$\begin{aligned}\text{Volume kompartemen} &= (\text{lebar } downflow \text{ shaft} + \text{panjang kompartemen}) \times \text{jumlah kompartemen} \times \text{kedalaman outlet} \times \text{lebar kompartemen} \\ &= (0,15 + 0,4) \text{ m} \times 2 \times 0,5 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \\ &= 0,704 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{OLR} &= \text{BOD}_{\text{effluent settler}} \times Q/\text{jam} \times 24 : V_{\text{kompartemen}} : 1000 \\ &= 44,42 \text{ mg/L} \times 0,167 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 : 1 \text{ m}^3 : 1000 \\ &= 0,25 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}\end{aligned}$$

Laju beban organik sebesar 0,1 kg/m³.hari, sehingga nilai faktor OLR adalah 1.

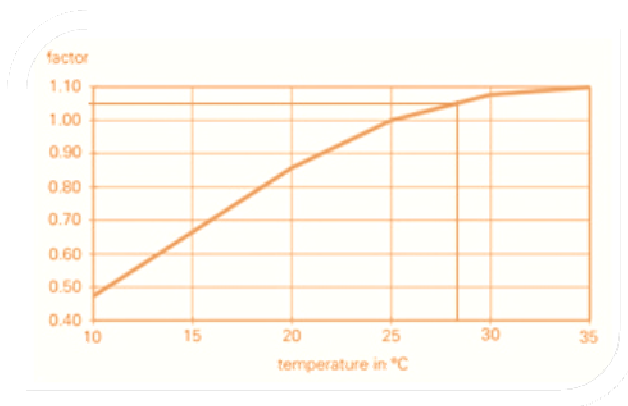


Gambar 4.4 Faktor OLR ABR

Sumber : Sasse, 2009

b) Faktor *Strength*

Faktor *strength* adalah faktor kualitas COD air limbah yang masuk ke dalam ABR. Faktor ini didapatkan dengan menarik garis dari absis yaitu konsentrasi COD hingga menyinggung kurva Gambar 4.6 kemudian ditarik hingga garis ordinat. Konsentrasi COD yang masuk ke kompartemen sebesar 75,5 mg/L, maka faktor *strength* sebesar 0,876.

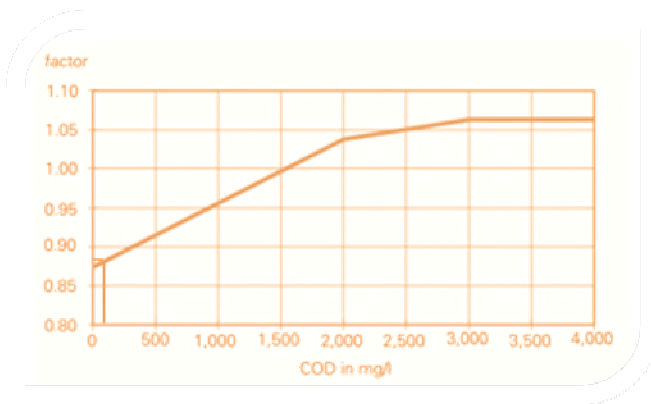


Gambar 4.5 Faktor *Strength* pada ABR

Sumber : Sasse. 2009

c) Faktor Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi removal pada ABR. Faktor suhu didapatkan melalui grafik pada Gambar 4.7. Suhu minimal pengolahan ditetapkan sebesar 28°C. Faktor suhu yang didapatkan sebesar 1,048.



Gambar 4.6 Faktor Suhu pada ABR

Sumber : Sasse, 2009

d) Faktor HRT

Faktor HRT didapatkan dari grafik hubungan antara lamanya waktu tinggal air pada ABR dengan COD removal pada Gambar 4.8. Sehingga nilai HRT akan berpengaruh pada removal COD. Waktu tinggal air pada ABR (Total HRT aktual) didapatkan berdasarkan perhitungan berikut:

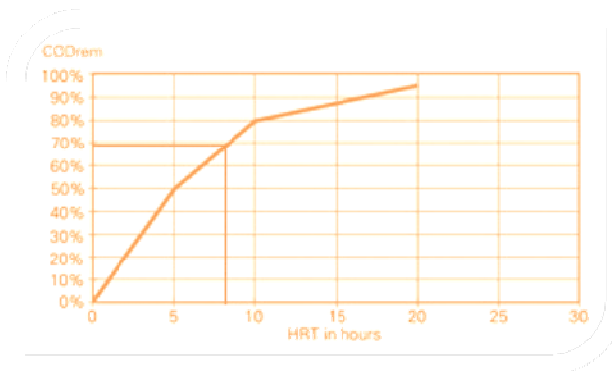
$$\text{Total HRT}_{\text{aktual}} = \text{Vol}_{\text{kompartemen}} : (Q_{\text{harian}} : 24 \text{ jam/hari}) : 105\%$$

$$= 0,704 \text{ m}^3 : (2 \text{ m}^3/\text{hari} : 24 \text{ jam/hari}) :$$

$$105\%$$

$$= 8 \text{ jam}$$

Total HRT aktual selama 8 jam, sehingga faktor HRT-nya sebesar 0,699 atau 69,9%.



Gambar 4.7 Faktor HRT pada ABR

Sumber : Sasse, 2009

Nilai presentasi removal COD secara teoritis pada ABR adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{COD rem} &= f\text{-OLR} \times f\text{-strength} \times f\text{-suhu} \times f\text{-HRT} \\
 &= 1 \times 0,876 \times 1,048 \times 0,699 \\
 &= 0,6419 = 64,19\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perkiraan removal COD} &= \text{COD}_{\text{rem}} \times [(\text{jumlah kompartemen} \times 0,04) + 0,82] \\
 &= 64,19\% \times [(2 \times 0,04) + 0,82] \\
 &= 57,77\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD effluent} &= (1 - 75,50\%) \times 44,42 \text{ mg/L} \\
 &= 31,88 \text{ mg/L (OK! Baku mutu COD} = 85 \text{ mg/L)}
 \end{aligned}$$

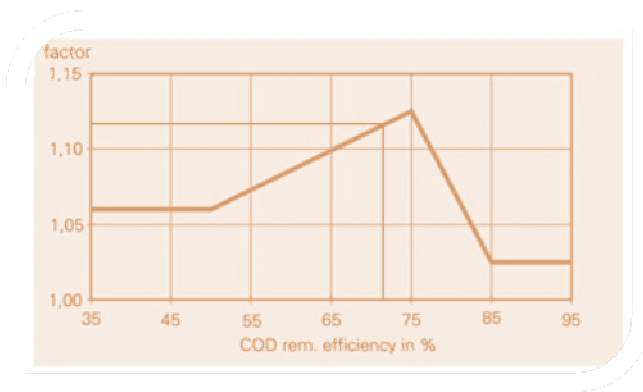
$$\begin{aligned}
 \text{Perkiraan removal COD total} &= \frac{\text{COD inf} - \text{COD eff}}{\text{COD inf}} \times 100\% \\
 &= \frac{100 - 31,88}{100} \times 100\% \\
 &= 68,12\%
 \end{aligned}$$

Kemudian dicari efisiensi removal BOD dengan menggunakan grafik rasio COD/BOD pada Gambar 4.9. Rasio COD/BOD yang didapatkan sebesar 1,107.

$$\text{Perkiraan removal BOD total} = 1,107 \times 68,12\%$$

$$= 75,41\%$$

$$\begin{aligned}\text{BOD effluent} &= (1 - 75,41\%) \times 60 \text{ mg/L} \\ &= 14,75 \text{ mg/L (OK! Baku mutu BOD} = 35 \text{ mg/L)}\end{aligned}$$



Gambar 4.8 Rasio COD/BOD

Sumber : Sasse, 2009

- 8) Cek Kecepatan *Upflow*, HRT, dan OLR

$$\begin{aligned}\text{Cek kecepatan } upflow &= \frac{Q \text{ per jam}}{P \text{ kompartemen} \times L \text{ kompartemen}} \\ &= \frac{0,167 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,4 \times 1}\end{aligned}$$

$$= 0,521 \text{ m/jam (OK! Kec. } Upflow < 2$$

m/jam)

$$\begin{aligned}\text{Cek HRT} &= \left(\frac{\text{Vol. ABR}}{Q \text{ per hari} + 24} \right) \div 105\% \\ &= \left(\frac{0,704 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^3 + 24} \right) \div 105\%\end{aligned}$$

$$= 8 \text{ jam (OK! HRT} \geq 8 \text{ jam)}$$

$$\text{Cek OLR} = \left(\frac{Q \text{ air limbah} \times \text{CODin Re settler}}{\text{Vol ABR}} \right)$$

$$= \left(\frac{2 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{75.50 \text{ kg}}{1000 \text{ m}^3}}{0,704 \text{ m}^3} \right)$$

$$= 0,21 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (OK! OLR} < 3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari)}$$

Tabel perhitungan dimensi ABR untuk konsentrasi COD 100 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.3. Kemudian dengan cara yang sama, dihitung dimensi ABR untuk konsentrasi COD sebesar 200 mg/L dan 400 mg/L. Tabel perhitungan dimensi ABR untuk konsentrasi COD 200 mg/L dan 400 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4.3 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 2 m³

GENERAL SPREADSHEET FOR ABR WITH INTEGRATED SETTLER										
daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
2	12	0.166666667	100.00	60.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD ₅ →				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2597	75.50	44.42	1.700	1	0.876	1.048	0.699	64.19%	57.77%	31.88
1.06	← COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor →			1.107
dimensions of settler							ABR			
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
68.12%	75.41%	14.75	0.8	0.8	0.003	1.04	1.1	1.5	2	0.8
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.4	0.4	0.111	0.278	0.8	0.521	0.15	0.704	8	0.25	0.03

Tabel 4.4 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 2 m³

GENERAL SPREADSHEET FOR ABR WITH INTEGRATED SETTLER										
daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
2	12	0.166666667	200.00	120.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled reactor		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
25.97%	151.00	88.84	1.700	1	0.883	1.048	0.847	78.36%	73.65%	39.78
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.074
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
80.11%	86.03%	16.76	0.8	0.8	0.003	1.04	1.1	1.5	3	0.8
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.4	0.4	0.111	0.278	0.8	0.521	0.15	1.056	12	0.34	0.08

Tabel 4.5 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 2 m³

GENERAL SPREADSHEET FOR ABR WITH INTEGRATED SETTLER										
daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
2	12	0.166666667	400.00	240.00	1.67	0.42	28	24	3	28.00%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem.r ate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2968	288.00	168.77	1.706	1	0.894	1.048	0.931	87.24%	82.01%	51.81
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.025
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurements chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
87.05%	89.22%	25.87	1	0.9	0.003	1.11	1.2	1.5	3	0.9
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.45	0.45	0.111	0.247	1	0.370	0.15	1.62	19	0.4	0.17

Berikut ini dimensi ABR yang didapatkan berdasarkan tabel perhitungan di atas.

Tabel 4.6 Dimensi ABR untuk Kapasitas 2 m³

Konsentrasi COD	100 mg/L	200 mg/L	400 mg/L
Panjang settling tank (m)	1.1	1.1	1.2
Lebar settling tank (m)	0.8	0.8	1
Panjang kompartemen (m)	0.4	0.4	0.45
Lebar kompartemen (m)	0.8	0.8	1
Jumlah kompartemen	2	3	3
Tebal dinding (m)	0.1	0.1	0.1
Kedalaman (m)	0.8	0.8	0.9

Setelah dihitung dimensi ABR untuk kapasitas 2 m³, kemudian dihitung dimensi ABR untuk kapasitas 1 m³ dengan cara yang sama dengan perhitungan ABR 2 m³. Perhitungan dimensi ABR kapasitas 1 m³ dapat dilihat pada Tabel 4.7 hingga Tabel 4.9 berikut ini. Selain itu juga dilakukan perhitungan untuk kapasitas 2,3; 2,5; 1,3 ; dan 1,5 m³ yang dapat dilihat pada Tabel 4.10 hingga Tabel 4.21.

Tabel 4.7 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 1 m³

GENERAL SPREADSHEET FOR ABR WITH INTEGRATED SETTLER										
daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
1	12	0.083333333	200.00	120.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
25.97%	151.00	88.84	1.700	1	0.883	1.048	0.858	79.43%	74.66%	38.26
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.066
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurements chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
80.87%	86.23%	16.52	0.7	0.6	0.003	0.79	0.8	1.5	3	0.6
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.3	0.3	0.056	0.185	0.7	0.397	0.15	0.567	13	0.31	0.04

Tabel 4.8 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 1 m³

GENERAL SPREADSHEET FOR ABR WITH INTEGRATED SETTLER										
daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
1	12	0.083333333	100.00	60.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2597	75.50	44.42	1.700	1	0.876	1.048	0.736	67.57%	60.81%	29.59
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.113
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
70.41%	78.38%	12.97	0.7	0.6	0.003	0.79	0.8	1.5	2	0.6
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.3	0.3	0.056	0.185	0.7	0.397	0.15	0.378	9	0.25	0.02

Tabel 4.9 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 1 m³

GENERAL SPREADSHEET FOR ABR WITH INTEGRATED SETTLER										
daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
1	12	0.083333333	400.00	240.00	1.67	0.42	28	24	3	28.00%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem.r ate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2968	288.00	168.77	1.706	1	0.894	1.048	0.950	89.05%	83.71%	46.91
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.025
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurements chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
88.27%	90.48%	22.85	0.8	0.8	0.003	0.78	0.8	1.5	3	0.8
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.4	0.4	0.056	0.139	0.8	0.260	0.15	1.056	24	0.3	0.09

Tabel 4.10 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 2,3 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
2.3	12	0.191666667	100.00	60.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD ₅ →				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled reactor		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2597	75.50	44.42	1.700	1	0.876	1.048	0.688	63.19%	56.87%	32.56
1.06	← COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor →			1.105
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
67.44%	74.54%	15.27	0.9	0.8	0.003	1.06	1.1	1.5	2	0.8
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.4	0.4	0.128	0.319	0.9	0.532	0.15	0.792	8	0.26	0.04

Tabel 4.11 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 2,3 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
2.3	12	0.191666667	200.00	120.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
25.97%	151.00	88.84	1.700	1	0.883	1.048	0.843	78.04%	73.36%	40.23
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.076
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurrenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
79.88%	85.97%	16.84	0.9	0.8	0.003	1.06	1.1	1.5	3	0.8
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.4	0.4	0.128	0.319	0.9	0.532	0.15	1.188	12	0.34	0.09

Tabel 4.12 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 2,3 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
2.3	12	0.191666667	400.00	240.00	1.67	0.42	28	24	3	28.00%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem.rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2968	288.00	168.77	1.706	1	0.894	1.048	0.899	84.30%	79.24%	59.78
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.025
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
85.05%	87.18%	30.76	1	0.9	0.003	1.28	1.3	1.5	3	0.9
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.45	0.45	0.128	0.284	1	0.426	0.15	1.62	16	0.5	0.20

Tabel 4.13 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 2,5 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
2.5	12	0.208333333	100.00	60.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2597	75.50	44.42	1.700	1	0.876	1.048	0.699	64.19%	57.77%	31.88
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.107
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
68.12%	75.41%	14.75	1	0.8	0.003	1.04	1.1	1.5	2	0.8
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.4	0.4	0.139	0.347	1	0.521	0.15	0.88	8	0.26	0.04

Tabel 4.14 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 2,5 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
2.5	12	0.208333333	200.00	120.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
25.97%	151.00	88.84	1.700	1	0.883	1.048	0.847	78.36%	73.65%	39.78
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.074
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
80.11%	86.03%	16.76	1	0.8	0.003	1.04	1.1	1.5	3	0.8
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.4	0.4	0.139	0.347	1	0.521	0.15	1.32	12	0.34	0.10

Tabel 4.15 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 2,5 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
2.5	12	0.208333333	400.00	240.00	1.67	0.42	28	24	3	28.00%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem.r ate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2968	288.00	168.77	1.706	1	0.894	1.048	0.902	84.54%	79.46%	59.14
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.025
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurrenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
85.21%	87.34%	30.37	1.1	0.9	0.003	1.26	1.3	1.5	3	0.9
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.45	0.45	0.139	0.309	1.1	0.421	0.15	1.782	16	0.5	0.21

Tabel 4.16 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 1,3 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
1.3	12	0.108333333	100.00	60.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD ₅ →				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2597	75.50	44.42	1.700	1	0.876	1.048	0.671	61.62%	55.46%	33.63
1.06	← COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor →			1.103
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
66.37%	73.18%	16.09	0.8	0.6	0.003	0.90	0.9	1.5	2	0.6
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.3	0.3	0.072	0.241	0.8	0.451	0.15	0.432	8	0.27	0.02

Tabel 4.17 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 1,3 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
1.3	12	0.108333333	200.00	120.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
25.97%	151.00	88.84	1.700	1	0.883	1.048	0.838	77.54%	72.89%	40.94
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.080
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
79.53%	85.87%	16.96	0.8	0.6	0.003	0.90	0.9	1.5	3	0.6
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.3	0.3	0.072	0.241	0.8	0.451	0.15	0.648	11	0.36	0.05

Tabel 4.18 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 1,3 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
1.3	12	0.108333333	400.00	240.00	1.67	0.42	28	24	3	28.00%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem.rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2968	288.00	168.77	1.706	1	0.894	1.048	0.906	84.93%	79.83%	58.08
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.025
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
85.48%	87.62%	29.72	0.9	0.7	0.003	1.03	1.1	1.5	3	0.7
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.35	0.35	0.072	0.206	0.9	0.344	0.15	0.945	17	0.5	0.11

Tabel 4.19 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 100 mg/L Kapasitas 1,5 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
1.5	12	0.125	100.00	60.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2597	75.50	44.42	1.700	1	0.876	1.048	0.729	66.96%	60.27%	30.00
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.112
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurrenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
70.00%	77.84%	13.29	0.8	0.7	0.003	0.89	0.9	1.5	2	0.7
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.35	0.35	0.083	0.238	0.8	0.446	0.15	0.56	9	0.27	0.03

Tabel 4.20 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 200 mg/L Kapasitas 1,5 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
1.5	12	0.125	200.00	120.00	1.67	0.42	28	24	2	24.50%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem. rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
25.97%	151.00	88.84	1.700	1	0.883	1.048	0.856	79.24%	74.48%	38.53
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.068
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
80.73%	86.20%	16.56	0.8	0.7	0.003	0.89	0.9	1.5	3	0.7
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.35	0.35	0.083	0.238	0.8	0.446	0.15	0.84	13	0.32	0.06

Tabel 4.21 Perhitungan ABR untuk Konsentrasi COD 400 mg/L Kapasitas 1,5 m³

daily wastewater flow	time of most wastewater flow	max.peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/COD ratio	lowest digester temperature	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
1.5	12	0.125	400.00	240.00	1.67	0.42	28	24	3	28.00%
		COD/BOD5 -->				0.35-0.45			1.5h	
treatment data										
BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled rector		COD/BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem.25°, COD 1500	theor.rem.rate acc. To factors	COD rem.rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-tempt	f-HRT %	%	%	mg/l
0.2968	288.00	168.77	1.706	1	0.894	1.048	0.925	86.74%	81.54%	53.17
1.06	<-- COD/BOD removal factors						COD/BOD removal factor -->			1.025
dimensions of settler								ABR		
total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry massurenments chosen acc. To required volume		sludge accum.rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
86.71%	88.88%	26.70	0.9	0.8	0.003	1.04	1.1	1.5	3	0.8
								1.4-2.0 m/h		
dimensions of ABR							status and gp			
length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas (ass:CH ₄ 70%;50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ .d	m ³ /d
0.4	0.4	0.083	0.208	0.9	0.347	0.15	1.188	18	0.4	0.13

Berikut ini dimensi ABR yang didapatkan berdasarkan tabel perhitungan di atas. Tabel 4.22 Dimensi ABR untuk Kapasitas 1 m³

Konsentrasi COD	100 mg/L	200 mg/L	400 mg/L
Panjang settling tank (m)	0.8	0.8	0.8
Lebar settling tank (m)	0.7	0.7	0.8
Panjang kompartemen (m)	0.3	0.3	0.4
Lebar kompartemen (m)	0.7	0.7	0.8
Jumlah kompartemen	2	3	3
Tebal dinding (m)	0.1	0.1	0.1
Kedalaman (m)	0.6	0.6	0.8

Berikut ini rekapan perhitungan dimensi ABR untuk air limbah klinik berdasarkan konsentrasi COD influent dan kapasitas ABR.

Tabel 4.23 Dimensi ABR Klinik Tanpa Tambahan Air Limbah Kamar Mandi Pasien

Kapasitas 2 m ³							
Konsentrasi COD influent	P settler (m)	L settler (m)	P kompartemen (m)	L kompartemen (m)	Jumlah kompartemen	Tebal dinding (m)	Kedalaman (m)
100 - 200 mg/L	1.1 - 1.1	0.8 - 0.8	0.4 - 0.4	0.8 - 0.8	2 - 3	0.1	0.8 - 0.8
200 - 400 mg/L	1.1 - 1.2	0.8 - 1	0.4 - 0.45	0.8 - 1	3 - 3	0.1	0.8 - 0.9
Kapasitas 1 m ³							
Konsentrasi COD influent	P settler (m)	L settler (m)	P kompartemen (m)	L kompartemen (m)	Jumlah kompartemen	Tebal dinding (m)	Kedalaman (m)
100 - 200 mg/L	0.8 - 0.8	0.7 - 0.7	0.3 - 0.3	0.7 - 0.7	2 - 3	0.1	0.6 - 0.6
200 - 400 mg/L	0.8 - 0.8	0.7 - 0.8	0.3 - 0.4	0.7 - 0.8	3 - 3	0.1	0.6 - 0.8

Tabel 4.24 Dimensi ABR Klinik Dengan Tambahan Air Limbah Kamar Mandi Pasien

Kapasitas 1,3 m ³							
Kadar COD influent	P settler (m)	L settler (m)	P kompartemen (m)	L kompartemen (m)	Jumlah kompartemen	Tebal dinding (m)	Kedalaman (m)
100 - 200 mg/L	0.9 - 0.9	0.8 - 0.8	0.3 - 0.3	0.8 - 0.8	2 - 3	0.1	0.6 - 0.6
200 - 400 mg/L	0.9 - 1.1	0.8 - 0.9	0.3 - 0.35	0.8 - 0.9	3 - 3	0.1	0.6 - 0.7
Kapasitas 1,5 m ³							
Kadar COD influent	P settler (m)	L settler (m)	P kompartemen (m)	L kompartemen (m)	Jumlah kompartemen	Tebal dinding (m)	Kedalaman (m)
100 - 200 mg/L	0.9 - 0.9	0.8 - 0.8	0.35 - 0.35	0.8 - 0.8	2 - 3	0.1	0.7 - 0.7
200 - 400 mg/L	0.9 - 1.1	0.8 - 0.9	0.35 - 0.4	0.8 - 0.9	3 - 3	0.1	0.7 - 0.8

Kapasitas 2,3 m ³							
Kadar COD influent	P settler (m)	L settler (m)	P kompartemen (m)	L kompartemen (m)	Jumlah kompartemen	Tebal dinding (m)	Kedalaman (m)
100 - 200 mg/L	1.1 - 1.1	0.9 - 0.9	0.4 - 0.4	0.9 - 0.9	2 - 3	0.1	0.8 - 0.8
200 - 400 mg/L	1.1 - 1.3	0.9 - 1	0.4 - 0.45	0.9 - 1	3 - 3	0.1	0.8 - 0.9
Kapasitas 2,5 m ³							
Kadar COD influent	P settler (m)	L settler (m)	P kompartemen (m)	L kompartemen (m)	Jumlah kompartemen	Tebal dinding (m)	Kedalaman (m)
100 - 200 mg/L	1.1 - 1.1	1 - 1	0.4 - 0.4	1 - 1	2 - 3	0.1	0.8 - 0.8
200 - 400 mg/L	1.1 - 1.3	1 - 1.1	0.4 - 0.45	1 - 1.1	3 - 3	0.1	0.8 - 0.9

4.3 Perencanaan Biofilter

Biofilter yang digunakan merupakan biofilter pabrikasi, sehingga hanya perlu membeli biofilter yang sesuai dengan kapasitas yang diperlukan. Untuk kapasitas air limbah 1 m^3 dapat menggunakan biofilter dengan kapasitas mendekati 1 m^3 yaitu $1,2 \text{ m}^3$ sedangkan $1,3 \text{ m}^3$ dan $1,5 \text{ m}^3$ menggunakan kapasitas $1,5 \text{ m}^3$ atau sesuai dengan ketersediaan di pasaran. Dimensi biofilter untuk kapasitas 2 m^3 ; $1,2 \text{ m}^3$; dan $1,5 \text{ m}^3$ dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Dimensi Biofilter Pabrikasi untuk Kapasitas 2 m^3 ; $1,2 \text{ m}^3$; dan $1,5 \text{ m}^3$

Volume (m^3)	Dimensi (mm)				Model
	W	H	L	Diameter	
1.2	-	1350	-	1100	Tabung
1.5	-	1500	-	1250	Tabung
2	1100	1100	1700	-	Balok

Apabila ingin membuat bangunan biofilter buatan, berikut ini cara perhitungan dimensi biofilter menurut Departemen Pekerjaan Umum (2005). Karena pada buku Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Tangki Biofilter milik Departemen Pekerjaan Umum ini menghitung kapasitas biofilter berdasarkan jumlah orang yang dilayani maka pada perhitungan biofilter ini akan digunakan contoh untuk kapasitas biofilter sekitar $2,8 \text{ m}^3$.

a. Kompartemen anaerobik

$$\begin{aligned}
 \text{Volume kompartemen} &= 1,5 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume media kontaktor} &= 40\% \text{ volume efektif} \\
 &= 40\% \times 1,5 \text{ m}^3 \\
 &= 0,6 \text{ m}^3 \\
 \text{Tinggi : Lebar} &= 1 : 1 \\
 \text{Kedalaman efektif} &= 1,2 \text{ m } (\geq 1,2 \text{ m}) \\
 \text{Lebar} &= \text{Tinggi} \\
 &= 1,2 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= \text{Volume} : (\text{h} \times \text{l}) \\
 &= 1,5 \text{ m}^3 : (1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}) \\
 &= 1,05 \text{ m} \\
 \text{Ketinggian media} &= \text{Volume media} : (\text{p} \times \text{l})
 \end{aligned}$$

$$= 0,6 \text{ m}^3 : (1,05 \text{ m} \times 1,2 \text{ m})$$

$$= 0,476 \text{ m} \approx 0,5 \text{ m}$$

b. Kompartemen aerobik

$$\text{Volume kompartemen} = 1 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume media kontaktor} = 55\% \text{ volume efektif}$$

$$= 55\% \times 1 \text{ m}^3$$

$$= 0,55 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi : Lebar} = 1 : 1$$

$$\text{Kedalaman efektif} = 1,2 \text{ m} (\geq 1,2 \text{ m})$$

$$\text{Lebar} = \text{Tinggi}$$

$$= 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = \text{Volume} : (\text{h} \times \text{l})$$

$$= 1 \text{ m}^3 : (1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m})$$

$$= 0,694 \text{ m} \approx 0,7 \text{ m}$$

$$\text{Ketinggian media} = \text{Volume media} : (\text{p} \times \text{l})$$

$$= 0,55 \text{ m}^3 : (0,7 \text{ m} \times 1,2 \text{ m})$$

$$= 0,655 \text{ m} \approx 0,66 \text{ m}$$

c. Persyaratan blower

Blower ini digunakan untuk menyuplai oksigen pada tangki aerobik. Spesifikasi blower udara yang dipersyaratkan sebagai berikut:

- Kapasitas Blower dapat mengalirkan oksigen lebih besar dari 3 m^3/jam per 1 m^3 dari tangki kontak aerasi
- tekanan rata-rata 0,15 kg/cm^2
- pengeluaran udara: 60 L/menit
- Kebutuhan daya: 55 Watt
- Kuat arus: 0,8 A
- Sumber tenaga: Fase tunggal, 220 V, 50 Hz

Blower juga dapat menggunakan jenis blower tipe diafragma. Tipe blower ini umumnya digunakan untuk pengolahan air limbah kapasitas kecil. Tipe yang banyak digunakan adalah HIBLOW. Kapasitas blower 3 m^3/jam atau sama dengan 50 L/menit dapat menggunakan HIBLOW 80 (kapasitas 80 L/menit). Waktu aerasi yang dipersyaratkan adalah 24 jam. Namun diperlukan evaluasi mengenai beban organik yang akan diolah sehingga waktu aerasi dapat ditentukan.

Berikut ini perhitungan efisiensi removal beban pencemar pada biofilter menurut Said *et al.* (2011):

Tabel 4.26 Hasil Analisa Air Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan Proses Anaerob-Aerob

No.	Parameter	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
1.	BOD	585	62	89.4
2.	COD	1252	148	88.2
3.	TSS	429	26	94
4.	NH ₄ -N	33.03	15.6	53

Sumber : Said *et al.*, 2011

Maka dengan menggunakan efisiensi removal penelitian yang dilakukan oleh Said *et al.*, 2011 dapat diprediksi effluent biofilter anaerobik-aerobik pada Tabel 4.27 berikut ini.

Tabel 4.27 Perkiraan Effluent Pengolahan Biofilter Anaerob-Aerob

No.	Parameter	Konsentrasi awal (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi akhir (mg/L)
1.	BOD	60	89.4	6.36
		120	89.4	12.72
		240	89.4	25.44
2.	COD	100	88.2	11.8
		200	88.2	23.6
		400	88.2	47.2

4.4 Perencanaan Klorinasi

Pada perencanaan klorinasi ini akan dihitung dosis klorin yang ditambahkan untuk membunuh E.Coli hingga memenuhi baku mutu serta dimensi bak klorinasi.

a. Perhitungan Dosis Klorin

Konsentrasi E. Coli awal dibagi menjadi dua rentang yaitu 10000/100 mL – 15000/100 mL dan 15000/100 mL – 20000/100 mL. Waktu kontak yang direncanakan yaitu selama 60 menit. Konsentrasi Chlor bebas maksimum yang diijinkan sebesar 0,5 mg/L. Sedangkan konsentrasi E. Coli maksimum yang diijinkan adalah 4000/100 mL. berikut ini perhitungan dosis klorin yang dibutuhkan untuk membunuh E. Coli hingga memenuhi baku mutu.

Direncanakan:

E. Coli effluent = 100/100 mL

E. Coli influent = 10000/100 mL

Waktu kontak = 60 menit

Effluent Chlor = 0,1 mg/L ($\leq 0,5$ mg/L)

Nilai penurunan (dekomposisi) untuk residual chlor = 2,5 mg/L

(tipikal 2 – 4 mg/L untuk waktu kontak 1 jam)

1) Estimasi residual klorin yang dibutuhkan

$$N/N_0 = (C_R t/b)^{-n}$$

Dimanailai b dan n untuk coliform adalah 4,0 dan 2,8 (Metcalf dan Eddy, 2003)

$$N/N_0 = (C_R t/b)^{-n}$$

$$100/10000 = (C_R t/4,0)^{-2,8}$$

$$(100/10000)^{-1/2,8} = (C_R t/4,0)$$

$$(1,387) \cdot 4 = C_R (60)$$

$$C_R = 0,345 \text{ mg/L}$$

2) Dosis klorin yang dibutuhkan

$$\text{Dosis klorin} = \text{effluent chlor} + C_R + 2,5 \text{ mg/L}$$

$$= 0,1 \text{ mg/L} + 0,345 \text{ mg/L} + 2,5 \text{ mg/L}$$

$$= 2,945 \text{ mg/L}$$

Jika air limbah sebanyak 2 m³ maka klorin yang dibutuhkan sebanyak

$$\text{Klorin yang ditambahkan} = 2,945 \text{ mg/L} \times 2 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ L/m}^3$$

$$= 5890,597 \text{ mg}$$

Kemudian dengan cara yang sama dihitung kebutuhan klorin untuk konsentrasi E. Coli sebesar 15000/100 mL dan 20000/100 mL. Hasil perhitungan kebutuhan klorin dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Kebutuhan Dosis Klorin per L limbah

Konsentrasi E. Coli /100mL	Dosis Klorin (mg/L)
10000 - 15000	2,945 - 2,999
15000 - 20000	2,999 - 3,042

Jika air sisa cucian peralatan laboratorium yang mengandung klorin 1% ditambahkan ke dalam bak klorinasi maka klorin yang ditambahkan akan lebih sedikit. Air sisa cucian yang dimaksud merupakan hasil cucian tahap dua. Peralatan dicuci terlebih dahulu menggunakan air bersih dimananantinya air tersebut akan masuk ke IPAL. Lalu dicuci kembali menggunakan air klorin 1% yang dapat digunakan sebagai sumber klorin pada proses klorinasi. Berikut ini contoh perhitungannya:

Klorin dalam air sisa cucian = 0,9 mg/L
 Dosis klorin yang dibutuhkan = 2,945 mg/L
 Klorin yang ditambahkan = 2,945 mg/L – 0,9 mg/L = 2,045 mg/L

b. Perhitungan Kaporit yang Ditambahkan

Dosis klorin yang dibutuhkan = 2,945 mg/L
 Kemurnian kaporit = 68%
 Kebutuhan kaporit = $100/68 \times \text{dosis klorin yang dibutuhkan}$
 $= 100/68 \times 2,945 \text{ mg/L} = 4,331 \text{ mg/L}$

c. Perhitungan Dimensi Bak Klorinasi

- **Kapasitas limbah 2 m³**

Volume bak (V) = 2 m³

Ketinggian bak (h) = 1 m

Dimensi bak

Luas permukaan (A) = $\frac{V}{h} = \frac{2}{1} = 2 \text{ m}^2$

P : L = 1 : 1

P = $\sqrt{A} = \sqrt{2} = 1,414 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$

L = 1,5m

Volume real = P x L x h

= 1,5 x 1,5 x 1 = 2,25 m³

Freeboard (Fb) = 20 cm = 0,2 m

- H = $h + Fb = 1 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$
- **Kapasitas limbah 1 m³**
- Volume bak (V) = 1 m^3
- Ketinggian bak (h) = 1 m
- Dimensi bak
- Luas permukaan (A) = $\frac{V}{h} = \frac{1}{1} = 1 \text{ m}^2$
- P : L = $1 : 1$
- P = $\sqrt{A} = \sqrt{1} = 1 \text{ m}$
- L = 1 m
- Volume real = $P \times L \times h$
 $= 1 \times 1 \times 1 = 1 \text{ m}^3$
- Freeboard (Fb) = $20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$
- H = $h + Fb = 1 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$
- **Kapasitas limbah 2,3 m³**
- Volume bak (V) = $2,3 \text{ m}^3$
- Ketinggian bak (h) = 1 m
- Dimensi bak
- Luas permukaan (A) = $\frac{V}{h} = \frac{2,3}{1} = 2,3 \text{ m}^2$
- P : L = $1 : 1$
- P = $\sqrt{A} = \sqrt{2,3} = 1,52 \text{ m} \approx 1,55 \text{ m}$
- L = $1,55 \text{ m}$
- Volume riil = $P \times L \times h$
 $= 1,55 \times 1,55 \times 1 = 2,4 \text{ m}^3$
- Freeboard (Fb) = $20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$
- H = $h + Fb = 1 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$
- **Kapasitas limbah 2,5 m³**
- Volume bak (V) = $2,5 \text{ m}^3$
- Ketinggian bak (h) = 1 m
- Dimensi bak
- Luas permukaan (A) = $\frac{V}{h} = \frac{2,5}{1} = 2,5 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}
 P : L &= 1 : 1 \\
 P &= \sqrt{A} = \sqrt{2,5} = 1,58 \text{ m} \approx 1,6 \text{ m} \\
 L &= 1,6 \text{ m} \\
 \text{Volume real} &= P \times L \times h \\
 &= 1,6 \times 1,6 \times 1 = 2,56 \text{ m}^3 \\
 \text{Freeboard (Fb)} &= 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m} \\
 H &= h + \text{Fb} = 1 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 1,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- **Kapasitas limbah 1,3 m³**

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak (V)} &= 1,3 \text{ m}^3 \\
 \text{Ketinggian bak (h)} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Dimensi bak} \\
 \text{Luas permukaan (A)} &= \frac{V}{h} = \frac{1,3}{1} = 1,3 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P : L &= 1 : 1 \\
 P &= \sqrt{A} = \sqrt{1,3} = 1,14 \text{ m} \approx 1,15 \text{ m} \\
 L &= 1,15 \text{ m} \\
 \text{Volume real} &= P \times L \times h \\
 &= 1,15 \times 1,15 \times 1 = 1,3225 \text{ m}^3 \\
 \text{Freeboard (Fb)} &= 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m} \\
 H &= h + \text{Fb} = 1 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 1,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- **Kapasitas limbah 1,5 m³**

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak (V)} &= 1,5 \text{ m}^3 \\
 \text{Ketinggian bak (h)} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Dimensi bak} \\
 \text{Luas permukaan (A)} &= \frac{V}{h} = \frac{1,5}{1} = 1,5 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P : L &= 1 : 1 \\
 P &= \sqrt{A} = \sqrt{1,5} = 1,23 \text{ m} \approx 1,25 \text{ m} \\
 L &= 1,25 \text{ m} \\
 \text{Volume real} &= P \times L \times h \\
 &= 1,25 \times 1,25 \times 1 = 1,56 \text{ m}^3 \\
 \text{Freeboard (Fb)} &= 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$H = h + Fb = 1 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan dimensi bak klorinasi untuk setiap kapasitas seperti Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Dimensi Bak Klorinasi Setiap Kapasitas

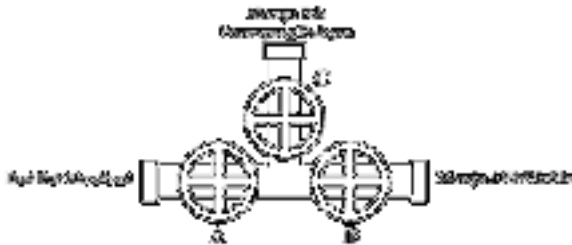
Kapasitas Bak Klorinasi	1 m ³	1.3 m ³	1.5 m ³	2 m ³	2.3 m ³	2.5 m ³
Panjang (m)	1	1.15	1.25	1.5	1.55	1.6
Lebar (m)	1	1.15	1.25	1.5	1.55	1.6
Freeboard (m)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Ketinggian bak (m)	1	1	1	1	1	1
Ketinggian total (m)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tebal dinding (m)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

BAB 5 PETUNJUK OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN IPAL

5.1 Pengoperasian dan Pemeliharaan IPAL

5.1.1 Pengoperasian dan Pemeliharaan Bak Ekualisasi dan Bak Penampung Endapan

Pengoperasian bak ekualisasi dan bak penampung endapan relatif mudah dan sederhana. Hal yang perlu dilakukan untuk memelihara bak ini adalah dengan selalu menutup penutup beton pada bak agar tidak ada air dari luar yang masuk ke dalam bak. Selain itu untuk pengoperasian bak ekualisasi hanya perlu dikontrol ketinggian muka air pada bak. Bak ekualisasi ini dilengkapi dengan 3 katup di luar bangunan. Letak katup ini terletak setelah bangunan (dapat dilihat pada Lampiran). Pada Gambar 5.1 akan memperlihatkan posisi dan hubungan antar katup.



Gambar 5.1 Posisi dan Hubungan Antar Katup

Berikut ini pengoperasian katup pada saat-saat tertentu:

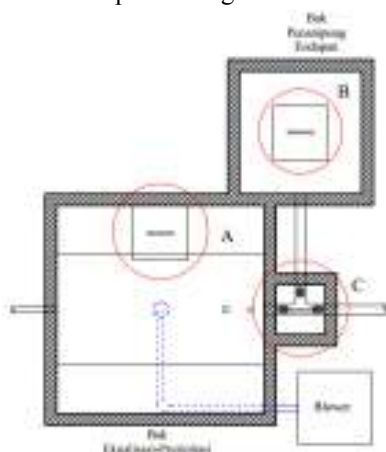
1. Jika muka air sudah berada pada tanda maksimum → katup A dan B dibuka.
2. Jika diperlukan pengolahan fosfat → katup A ditutup dan ditambahkan gypsum kemudian aerator dinyalakan. Proses pengolahan secara presipitasi ini dilakukan selama 1 jam menggunakan aerator kemudian dilanjutkan proses pengendapan selama 30 menit.
3. Setelah proses presipitasi selesai → katup A dan C dibuka selama beberapa detik, katup B ditutup. Lamanya katup dibuka yaitu 25 detik untuk kapasitas 2 m^3 dan 13 detik untuk 1 m^3 . Tujuan dibukanya katup ini

adalah untuk mengalirkan endapan menuju bak penampung. Selama beberapa detik tersebut diharapkan semua endapan mengalir ke bak penampung.

4. Setelah endapan dikeluarkan → katup C ditutup dan katup A dan B dibuka.
5. Jika semua air limbah sudah mengalir ke unit selanjutnya → semua katup ditutup.

Pada bak ini juga terdapat 3 penutup. Berikut ini pengoperasian penutup tersebut:

1. Selama proses presipitasi dan proses-proses di atas, penutup A tertutup.
2. Saat endapan dikeluarkan, penutup B dibuka.
3. Saat mengontrol katup, penutup C dibuka.
4. Setelah endapan mengalir ke bak penampung endapan, penutup B dibuka dan endapannya diambil untuk dimasukkan ke dalam kontainer/wadah lain yang akan dikirim ke pihak ketiga.



Gambar 5.2 Posisi Penutup Bak

Pipa vent pada bak ekualisasi diperlukan untuk menjaga tekanan pada bak. Apabila isi bak dikeluarkan maka akan terdapat tekanan udara yang cukup untuk membuat isi bak keluar dari bak. Pipa vent ini memiliki tinggi fleksibel,

asalkan tidak memungkinkan untuk air dari luar masuk ke dalam pipa vent. Ujung dari pipa vent juga harus melengkung ke bawah, agar air hujan tidak dapat masuk ke dalam pipa. Lubang untuk memasukkan gypsum harus dalam keadaan tertutup. Namun penutup lubang ini dibuka hanya saat penambahan gypsum ke dalam bak. Posisi pipa vent dan lubang untuk gypsum dapat dilihat pada Lampiran.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah jangan memasukkan air sisa pencucian alat medis yang mengandung klorin ke dalam bak ekualisasi. Air sisa pencucian ini dapat dimasukkan ke dalam bak klorinasi sebagai sumber klorin. Serta jangan membuang sampah ke dalam bak ekualisasi. Blower dicek sesuai dengan spesifikasi suplier. Pemeliharaan atau pembersihan bak ekualisasi dilakukan apabila terlihat endapan.

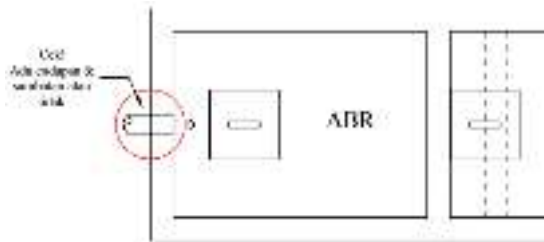


Gambar 5.3 Ilustrasi Larangan Membuang Air Klorin 1% dan Sampah dalam Bak Ekualisasi

5.1.2 Pengoperasian dan Pemeliharaan ABR

Berikut ini cara pengoperasian dan pemeliharaan ABR:

1. Cek secara rutin pipa inlet ABR untuk memastikan tidak terdapat endapan atau apapun yang menyumbat. Jika pipa tersumbat, maka bersihkan pipa agar sumbatan hilang.



2. Saat ABR beroperasi pertama kali (*start up*), ABR harus terisi penuh (semua air limbah dari bak ekualisasi sudah masuk ke ABR).
3. Lumpur yang sudah tidak aktif pada ABR perlu dikuras, direncanakan untuk dikuras dua tahun sekali. Pengurasan lumpur yang tidak aktif dapat dilakukan dengan memompa ke atas melalui manhole. Hanya lumpur yang sudah tidak aktif (berwarna hitam) yang boleh dikuras. Setelah lumpur yang berwarna hitam habis dan lumpur mulai berwarna coklat pengurasan segera dihentikan.
4. Pengolahan limbah ini akan berfungsi dengan baik setelah jangka waktu 3 bulan operasional, karena pada saat itu bakteri dalam sistem ini akan berkembang biak secara optimal sebagai bakteri anaerob. Pada 3 bulan pertama ini akan menghasilkan effluent yang belum optimal. Namun dapat diatasi dengan melakukan pengolahan sementara menggunakan karbon aktif. Karbon aktif akan mengabsorpsi pencemar limbah dan dilakukan sebelum effluent pengolahan IPAL dibuang ke badan air.

5.1.3 Pengoperasian dan Pemeliharaan Biofilter

Berikut ini cara pengoperasian dan pemeliharaan Biofilter:

1. Sebelum biofilter beroperasi, pastikan bahwa blower dapat beroperasi dengan baik untuk tangki sistem aerobik.
2. Saat biofilter beroperasi pertama kali (*start up*), biofilter harus terisi penuh (semua air limbah dari bak ekualisasi sudah masuk ke biofilter). Pengoperasian biofilter akan optimal setelah 3 bulan sama seperti ABR. Pada 3 bulan pertama ini juga dapat dilakukan pengolahan sementara menggunakan karbon aktif seperti pada ABR.
3. Proses pengolahan menggunakan biofilter saat *start up* dapat dipercepat dengan sistem pembibitan. Pembibitan dilakukan dengan cara

memasukkan lumpur aktif dan air ke dalam biofilter dan diamkan selama 2 hari (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004).

4. Cek secara rutin pipa inlet biofilter untuk memastikan tidak terdapat endapan atau apapun yang menyumbat. Jika pipa tersumbat, maka bersihkan pipa agar sumbatan hilang.
5. Buka katup udara yang menghubungkan blower dengan tangki aerobik pada biofilter serta jalankan pompa aerator saat biofilter beroperasi.
6. Prosedur yang harus dilakukan dan periode pemeliharaan minimum diperlukan sesuai dengan proses pengolahan dan ukuran biofilter seperti Tabel 5.2

Tabel 5.1 Pembibitan Biofilter

Jenis Pembibitan	Ruang Anaerobik	Ruang Aerobik
Lumpur aktif	• Lumpur aktif dari tangki pengolahan tinja yang masih beroperasi. • Lumpur aktif dari instalasi pengolahan sampah • Benih komersil	• Benih komersial • Lumpur aktif dari tangki pengolahan tinja yang masih beroperasi. • Lumpur aktif dari instalasi pengolahan sampah
Konsentrasi lumpur	200 – 500 mg/L air	100 – 200 mg/L air

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004

Tabel 5.2 Jangka Waktu Pemeliharaan Biofilter

Unit yang diperiksa	Unit Kegiatan	Jangka waktu*
Ruang Anaerobik	Pembuangan buih pada permukaan air	Sekali dalam 3 bulan
Saringan antar kompartemen	Penyaringan	Sekali dalam 1 tahun
Ruang Aerobik	Pembuangan kotoran pada media	Sekali dalam 3 bulan
Aliran Udara dan Air	Aliran balik	Disesuaikan
Ruang Pengendapan	Pemeriksaan lumpur	Sekali dalam 3 bulan

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004

Catatan:

* untuk kapasitas kecil (pada buku pedoman ini untuk kapasitas 1,2 dan 2 m³)

7. Pengoperasian blower udara berlangsung secara kontinyu sehingga diperlukan 2 blower yang bekerja secara bergantian. Hal ini perlu dilakukan agar ada waktu istirahat blower agar *life time* lebih lama. Perawatan blower dilakukan 3-4 bulan sekali yang dapat dilihat pada buku operasional dan perawatan dari produsennya.
8. Pengurasan lumpur dan scum (busa) dalam biofilter dilakukan bila lumpur sudah penuh dengan cara (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004):
 - Kuras lumpur bila sudah penuh (bisa dilakukan secara rutin 1 tahun sekali, untuk biofilter paketan juga bisa mengikuti prosedur dari pabrik biofilter / vendor),
 - Kuras lumpur pada kompartemen pertama 2/3 bagian dari volume kompartemen,
 - Kuras lumpur pada kompartemen ke dua dan berikutnya kurang dari 2/3 volume lumpur yang tersedia.

Agar operasional IPAL mencapai hasil maksimal, maka perlu dilakukan pemeriksaan harian. Pemeriksaan ini akan dibahas lebih lanjut dalam Bab 6.

a. Pengoperasian Pompa Sirkulasi

Pompa sirkulasi pada biofilter berfungsi untuk memompa mikroorganisme dari ruang pengendap terakhir menuju tangki aerasi (Aerobik). Mikroorganisme ini merupakan hasil pengendapan setelah limbah diolah dalam tangki aerobik. Pompa sirkulasi yang digunakan sebanyak 2 buah yang dioperasikan secara bergantian dan merupakan pompa celup/submersible. Pompa dicek sesuai dengan katalog suplier.

b. Penghentian Operasional IPAL

Jika pengoperasian IPAL akan dihentikan atau dipindahkan ke tempat lain, beberapa hal yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada ABR, air limbah harus diolah hingga habis dan tidak ada aliran air limbah yang masuk ABR lagi. Sedangkan pada biofilter, air limbah di dalam tangki anaerob dipompa dan dimasukkan ke tangki aerobik (pengolahan lanjut) sampai habis.
2. Untuk biofilter, air limbah di dalam tangki aerobik terus diaerasi dan pompa sirkulasi tetap jalankan minimal selama 6 jam. Setelah itu air di dalam reaktor biofilter boleh dibuang melalui lubang pengeluaran (Kementrian Kesehatan RI, 2011).

c. Permasalahan Yang Mungkin Timbul dan Cara Penanganannya

Berbagai permasalahan yang mungkin timbul dari sistem pengoperasian IPAL dan cara penanganannya dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Permasalahan yang Mungkin Timbul dalam Pengoperasian IPAL serta Cara Penanganannya

Jenis Permasalahan	Penyebab	Cara Mengatasi
Bak ekualisasi air limbah luber	Petugas lupa mengecek ketinggian air limbah.	Membuat jadwal pengecekan bak ekualisasi dan katup menuju unit pengolahan dibuka.
Aliran air limbah ke dalam ABR atau biofilter lambat atau pelan.	Pipa inlet ABR atau biofilter tersumbat dan katup macet.	Cek pipa inlet dan cek katup pada pipa yang menuju ke ABR/biofilter . Jika tersumbat harus dibersihkan. Jika katup macet maka diberi oli atau setelah semua limbah mengalir ke unit pengolahan, ganti katupnya.
Blower udara di bak aerobik biofilter bekerja namun tidak mengeluarkan hembusan udara.	Pipa saluran udara bocor	Cek valve/katup pada pipa, jika pipa bocor, lepas pipa, dan kemudian lakukan penyambungan lagi.
Blower udara di bak aerobik biofilter tidak bekerja.	Listrik tidak mengalir	Cek instalasi kelistrikan ke blower.

Jenis Permasalahan	Penyebab	Cara Mengatasi
Terjadi pengapungan di bak aerobik biofilter	Udara kurang.	Cek aliran distributor udara dari blower.
Kualitas air limbah hasil olahan tidak memenuhi baku mutu lingkungan	• Proses peruraian limbah berkurang karena aktifitas mikroba melemah. • Hembusan udara pada biofilter di unit aerobik kurang. • Debit air limbah melebihi kapasitas IPAL. • Penggunaan detergen yang berlebih menyebabkan surfactant tinggi dan sifat air menjadi basa.	• Atur debit air limbah sesuai dengan kapasitas. • Periksa blower biofilter dan pipa pengeluaran udara. Apabila terjadi kebocoran, pada pipa, lakukan perbaikan. • Periksa kemungkinan pemborosan penggunaan air dari dalam gedung. • Kurangi penggunaan detergen, tambahkan dosis chemical netralisir
Air olahan yang keluar masih bau	Suplai udara biofilter kurang, debit air limbah melebihi kapasitas IPAL.	Cek blower pada filter, apakah sudah bekerja dengan baik atau tidak. Sesuaikan debit air limbah dengan kapasitas IPAL. Pastikan bahwa manhole ABR tertutup rapat.

Sumber : Kementerian Kesehatan RI, 2011

5.5 Pelaksanaan K3 Bagi Operator IPAL

Pengelolaan air limbah harus menyertakan upaya perlindungan dan pemantauan kesehatan dan keselamatan kerja bagi operator IPAL, baik yang berhubungan langsung maupun tidak langsung dengan air limbah secara menyeluruh dan terus menerus. Hal ini untuk diperhatikan dan dipenuhi agar operator IPAL selalu sehat dan dapat bekerja dengan baik. Jaminan tersebut antara lain (Kementerian Kesehatan RI, 2011):

- a. Kelengkapan peralatan K3 untuk digunakan saat bekerja, antara lain:
 - Alat Pelindung Diri (APD) saat bekerja di IPAL dan laboratorium swapantaulingkungan, antara lain : pakaian kerja, sarung tangan, *earplug*, masker, sepatu, kacamata pelindung, dan sarana cuci tangan.

- Tersedianya alat pemadam kebakaran (APAR)(tidak harus di dekat IPAL, boleh berada di dalam Klinik) dan kotak P3K beserta isinya.
 - Pengawasan penerapan ergonomi saat bekerja di IPAL.
 - Tersedianya Prosedur Tetap (Protap) / Standar Operational Procedure (SOP) dalam bekerja dan mengoperasikan IPAL maupun SOP tanggap darurat.
- b. Jaminan kesehatan bagi pelaksana, antara lain:
- Pemeriksaan kesehatan bagi operator IPAL secara berkala min. 1 tahun terhadap darah, HBsAg, telinga, kulit, saluran pernafasan, sistem pencernaan, dan lain-lain, serta dilengkapi Data Rekam Medik dari operator IPAL
 - Pemberian imunisasi bagi operator IPAL, khususnya imunisasi hepatitis

5.6 Sistem Tanggap Darurat IPAL

Sistem tanggap darurat yang tepat diperlukan untuk meminimalisir resiko yang dapat terjadi dalam pengoperasian dan perawatan IPAL. Beberapa sistem tanggap yang diperlukan antara lain (Kementrian Kesehatan RI, 2011):

1. Sistem keamanan fasilitas

- IPAL perlu dilengkapi dengan pagar pengaman/pembatas yang memadai
- IPAL perlu dilengkapi dengan penerangan yang memadai dan tanda peringatan yang mudah dilihat dari jarak 10 meter
- IPAL memiliki sistem penjagaan 24 jam

2. Sistem pencegahan tumpahan bahan kimia

- IPAL harus dilengkapi dengan rencana, dokumen, dan petunjuk teknis operasi (*Material Safety Data Sheet*) untuk pencegahan tumpahan bahan kimia IPAL, seperti: kaporit untuk desinfeksi
- Pengawasan dan identifikasi kelainan yang terjadi pada IPAL, seperti: kerusakan, kelalaian operator, kebocoran, tumpahan, dll.
- Penggunaan bahan penyerap yang sesuai seperti serbuk gergaji (untuk adsorben) dan air bersih (untuk cucian).

3. Sistem penanggulangan keadaan darurat

- IPAL harus dilengkapi dengan prosedur evakuasi dan peralatan penanggulangan keadaan darurat
- Ada petugas koordinator penanggulangan keadaan darurat IPAL
- Ada jaringan komunikasi dengan pos satpam/dinas pemadam kebakaran/rumah sakit/IGD terdekat

4. Sistem pengujian peralatan

- Semua alat pengukur, peralatan operasi pengolahan dan perlengkapan pendukung operasi harus diuji minimum satu tahun sekali
- Hasil pengujian harus dituangkan dalam berita acara

5. Pelatihan karyawan

Operator IPAL harus dibekali dengan pengetahuan dasar tentang pengenalan limbah, peralatan pelindung, keadaan darurat, prosedur inspeksi, P3K, K3 dan peraturan perundangan limbah B3. Selain itu, operator IPAL juga harus dibekali pelatihan tentang pemeliharaan peralatan, pengoperasian alat pengolahan, laboratorium lingkungan, dokumentasi dan laporan.

Pelatihan-pelatihan tersebut sangat diperlukan oleh operator IPAL guna mencegah dan meminimalisir dampak yang dapat terjadi pada saat pengoperasian dan pemeliharaan IPAL.

BAB 6 MONITORING DAN EVALUASI

6.1 Monitoring

Monitoring adalah suatu kegiatan pemantauan yang dilaksanakan secara berkala, baik dalam skala mingguan, bulanan, ataupun tahunan. Dalam kaitannya dengan kinerja IPAL, kegiatan monitoring perlu dilakukan terhadap sistem, kondisi, serta fungsi peralatan IPAL. Mekanisme monitoring perlu dilakukan terhadap:

a. Kualitas Air Limbah

- Gunakan laboratorium lingkungan rujukan yang telah terakreditasi dan ditunjuk oleh Gubernur Jawa Timur.
- Pengujian ini dilakukan secara berkala (1 bulan sekali)
- Gunakan parameter standar limbah klinik yang mengacu pada Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013.
- Apabila konsentrasi NH_3 -bebas di effluent lebih besar dari pada influent maka perlu dilakukan evaluasi/pengecekan untuk memastikan bahwa kondisi anarobik benar-benar terjaga untuk unit proses biologis anarobik (tidak terdapat kebocoran sehingga dipastikan tidak terdapat oksigen) dan memastikan bahwa tidak ada sisa cucian yang mengandung klorin 1% tercampur dengan limbah yang akan masuk IPAL.

b. Debit Air Limbah

- Debit air limbah dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan rasional, yakni antara 85-95% air bersih yang terpakai untuk kamar mandi pasien akan menjadi air limbah
- Pastikan tidak ada kebocoran pipa air bersih
- Agar lebih akurat, gunakan meter air untuk mengetahui debit air limbah yang masuk ke dalam IPAL
- Hitung debit air limbah ke dalam satuan m^3/hari atau m^3/bulan
- Pencatatan meter air per hari membutuhkan kedisiplinan tenaga operasional IPAL
- Hasil perhitungan debit dan fluktuasinya disajikan dalam laporan bulanan

c. Efisiensi Kinerja Air Limbah

- Data yang dibutuhkan adalah hasil analisis laboratorium air limbah pada influent dan effluent IPAL. Perhitungan efisiensi menggunakan satuan % dan diterapkan untuk parameter BOD menggunakan rumus berikut:

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

- Hasil perhitungan efisiensi dan fluktuasinya disajikan dalam laporan bulanan.

d. Beban Pencemaran

- Data yang dibutuhkan: rata-rata debit harian dan kualitas air limbah influent dan effluent
- Beban cemar (BOD loading) hasil perhitungan dianalisis dengan membandingkan dengan BOD loading hasil perencanaan (BOD loading desain IPAL). BOD loading hasil perhitungan harus dibawah BOD loading desain, bila nilainya melebihi maka kinerja IPAL *over loading* (melebihi kapasitas desain).
- Rumus:

$$BOD \text{ loading} \left(\frac{kg \text{ BOD}}{hari} \right) = Debit \left(\frac{m^3}{hari} \right) \times Konsentrasi \text{ BOD influen} \left(\frac{mg}{L} \right)$$

- BOD loading (kg BOD/hari) = Debit (m³/hari) x konsentrasi BOD influent (mg/l)
- Hasil perhitungan BOD loading dan fluktuasinya disajikan dalam laporan bulanan.

e. Satuan Produksi Air Limbah

- Data yang dibutuhkan: debit air limbah dan data BOD bulanan
- Rumus/formulasi:

$$Satuan \text{ Prod. Air Limbah} = \frac{Volume \text{ air limbah} \left(\frac{m^3}{bulan} \right)}{\% BOD} : 30 \text{ hari}$$

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

f. Bentuk Laporan Harian/Mingguan/Bulanan

Agar operasional IPAL berjalan dengan optimal, maka diperlukan laporan harian maupun bulanan. Pemeriksaan IPAL dapat dilakukan setiap hari. Berikut ini contoh bentuk laporan harian dan bulanan.

Tabel 6.1 Contoh Check List Harian

Tanggal :

Petugas :

Paraf :

No.	Komponen Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan
1.	Debit air limbah	m ³ /hari	
2.	pH	-	
3.	Suhu	°C	
4.	Effluent menghasilkan air yang jernih	-	

Tabel 6.2 Contoh Check List Bulanan

Tanggal :

Petugas :

Paraf :

No.	Komponen Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan
1.	BOD ₅	mg/L	
2.	COD	mg/L	
3.	TSS	mg/L	
4.	NH ₃ -bebas	mg/L	
5.	PO ₄	mg/L	
6.	Minyakdan Lemak	mg/L	
7.	MBAS (deterjen)	mg/L	
8.	Phenol	mg/L	
9.	Chlor bebas	mg/L	
10.	MPN-Kuman Golongan Koli Tinja / 100 mL	mg/L	

Keterangan : untuk check list bulanan ini digunakan untuk mengetahui karakteristik influent dan effluent air limbah, dimana sampling air limbah dilakukan secara bersamaan.

Tabel 6.3 Contoh Check List Pemeliharaan IPAL**A. Untuk tipe ABR**

Tanggal :

Petugas :

Paraf :

No.	Komponen Sistem IPAL	Standar	Hasil Pemeriksaan
1.	Bak Ekualiasi	Tidak terlihat endapan (bukan endapan hasil presipitasi)	
2.	Katub	Tidak longgar Berfungsi dan tidak tersumbat	
3.	Bak penampung endapan	Endapan tidak menutupi pipa inlet	
4.	Meter air*	Berfungsi	

Keterangan:

*: Bersumber dari Kementrian Kesehatan RI, 2011

B. Untuk tipe Biofilter

No.	Komponen Sistem IPAL	Standar	Hasil Pemeriksaan
1.	Pompa sirkulasi*	Aliran lancar Fungsi elektroda	
2.	Bak Ekualiasi	Tidak terlihat endapan (bukan endapan hasil presipitasi)	
3.	Katub	Tidak longgar Berfungsi dan tidak tersumbat	
4.	Bak penampung endapan	Endapan tidak menutupi pipa inlet	
5.	Blower udara*	Pressure gauge normal (2-2,5 bar) Tidak bising Vent belt tidak retak Filter udara bersih Lakher tidak bising Oli terisi $\frac{3}{4}$	
6.	Panel kontrol*	Tegangan 380 V Indikator lamp berfungsi	

No.	Komponen Sistem IPAL	Standar	Hasil Pemeriksaan
		Selector auto-manual berfungsi Timer berfungsi	
7.	Difuser*	Gelembung udara merata	
8.	Sirkulasi Pump*	Berfungsi	
9.	Biofilter anaerob*	Warna air tidak hitam Tidak terjadi short circuit Tidak terjadi dead zone Tumbuh biofilm pada media pH normal (6 – 9)	
10.	Biofilter aerob*	Warna air coklat jernih Gelembung udara merata DO normal (2 – 4 ppm) Tumbuh biofilm pada media pH normal (6 – 9)	
11.	Bak pengendap*	Kualitas air jernih Tidak rising sludge pH normal (6 – 9)	
12.	Meter air*	Berfungsi	

Keterangan:

*: Bersumber dari Kementerian Kesehatan RI, 2011

6.2 Evaluasi

Evaluasi kinerja IPAL perlu dilakukan terhadap sistem, kondisi, serta fungsi peralatan IPAL. Menurut Kementerian Kesehatan RI (2011) secara garis besar, proses evaluasi dapat dilakukan dengan cara:

1. Membandingkan kualitas air limbah dengan baku mutu air limbah
2. Membandingkan kondisi sistem IPAL dengan standar teknis/kriteria 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

Pada kondisi eksisting, terdapat beberapa permasalahan tentang konsentrasi N dan P yang terkadang belum memenuhi baku mutu. Oleh karena itu agar hal tersebut tidak terjadi maka diperlukan monitoring dan evaluasi

secara komprehensif didukung dengan data yang valid. Apabila konsentrasi P pada effluent lebih besar daripada influent maka bak presipitasi dibuat terpisah dengan bak ekualisasi dan diletakkan setelah klorinasi. Apabila konsentrasi N lebih besar pada effluent maka diperlukan kontrol apakah proses pengolahan benar-benar berjalan dalam kondisi anaerobik (kecuali pada biofilter ruang aerobik).

BAB 7 PENUTUP

Upaya pengelolaan limbah klinik bertujuan agar limbah yang dibuang dapat memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh pemerintah. Sistem pengelolaan limbah tersebut dapat dilakukan melalui berbagai macam cara, baik secara sederhana hingga ke pengolahan lengkap dan terpadu. Masing-masing sistem tersebut perlu dikelola secara baik agar effluent air limbah yang didapat lebih optimal sesuai dengan kriteria pembuangan limbah pada badan air.

Selain itu, sumber daya manusia yang bertugas untuk mengelola, mengoperasikan, dan merawat sistem pengolahan limbah perlu ditingkatkan kuantitas maupun kualitasnya. Untuk itu, diperlukan upaya peningkatan kapabilitas SDM dalam pengelolaan IPAL melalui pendidikan dan pelatihan di bidang kesehatan lingkungan. Selanjutnya, pemilihan sistem pengolahan air limbah harus dilakukan secara cermat dan disesuaikan dengan berbagai aspek seperti biaya, luas lahan, kemudahan dalam sistem pengoperasian dan perawatan, serta keunggulan sistem.

Dengan adanya buku pedoman ini, diharapkan sistem pengelolaan air limbah di klinik, baik dari sektor teknis maupun non teknis dapat ditingkatkan, agar kinerja sistem IPAL terjaga dan effluennya memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Akin, B.E. 2016. *Contaminant Properties of Hospital Clinical Laboratory Wastewater: APsychochemical and Microbiological Assessment*. Journal of Environmental Protection, Vol. 7, hal. 635-642.
- Alaerts, G. dan S.S. Santika. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Barber, WP, dan Stuckey, DC. 1999. *Effect of sulfate reduction on chemical oxygen demand removal in an anaerobic baffled reactor*. WATER ENVIRON RES, 2000, Vol: 72.
- Berg, A. 1986. *Peranan Gizi Dalam Pembangunan Nasional*. Rajawali: Jakarta
- Budi, S.S. 2006. *Penurunan Fosfat Dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas Dan Filtrasi Zeolit Pada Limbah Cair (Studi Kasus Rs Bethesda Yogyakarta)*. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Clark, T., T. Stephenson, dan P.A. Pearce. 1997. *Phosphorus Removal by Chemical Precipitation in a Biological Aerated Filter*. Water Research 31. 2557-2563.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. Tata cara perencanaan dan pemasangan tangki biofilter pengolahan air limbah rumah tangga dengan tangki biofilter. Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta.
- Emmanuel, E., Pierre, M.G. dan Perrodin, Y. 2009. *Groundwater Contamination by Microbiological and Chemical Substances Released from Hospital Wastewater: Health Risk Assessment for Drinking Water Consumers*. Environment International, 35, 718-726.
- Environmental Protection Agency Process design manual for phosphorus removal. 2009. US EPA Proceedings 625/1-76-001a.
- Garno, Y.S. 2000. *Daya Tahan Beberapa Organisme Air Pada Pencemar Limbah Deterjen*. Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 1, No. 3: 212-218.
- Ginting, P. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Yrama Widya: Bandung.
- Hefni Effendi. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius: Yogyakarta.

- Herlambang, Idaman, dan Said, N. 2002. *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. BBPT: Jakarta.
- Huda, Thorikul. 2009. *Hubungan Antara Total Suspended Solid Dengan Turbidity Dan Dissolved Oxygen*. (Online) <http://thorik.staff.uui.ac.id/2009/08/23/hubungan-antara-total-suspended-solid-dengan-turbidity-dan-dissolved-oxygen/>. Diakses: 03 Oktober 2016.
- Jenkins, D., Ferguson, J.F., dan Menar ,A.B. 1971. *Chemical processes for phosphate removal*. Water Research 5 (7), 369e389.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2011. *Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik dan Sarana Kesehatan. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Mahida, U. N. 1984. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. C. V. Rajawali: Jakarta.