

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Air limbah domestik dapat didefinisikan sebagai cairan atau limbah yang dibawa zat cair dari rumah tangga dan industri, bersama dengan air tanah, air permukaan. Limbah cair tersebut berasal dari toilet, bak cuci, air mandi, buangan dari mesin cuci serta proses industri dan kadang disebut air buangan (*sewage*). Limbah cair tersebut sebelum digunakan kembali haruslah diolah agar layak untuk digunakan. Buangan air dari unit pengolahan limbah merupakan sumber yang harus diperhitungkan dalam masalah kualitas air. Hasil penelitian menyebutkan limbah cair tersebut merupakan sumber air kedua yang ada di badan air (sungai, danau, laut, dan sebagainya).

Setiap komunitas pasti menghasilkan limbah, baik padat maupun cair. Bagian yang cair merupakan bagian yang penting karena merupakan persediaan air bagi komunitas tersebut setelah dipergunakan untuk berbagai kebutuhan. Apabila limbah cair yang tidak terolah diijinkan untuk berakumulatif, dekomposisi dan material organik tersebut dapat meninggalkan bau busuk. Sebagai tambahan biasanya limbah cair tidak terolah mengandung bakteri pathogen atau penyebab berbagai penyakit, mikroorganisme yang tinggal dalam usus manusia maupun yang ada dari limbah industri tertentu. Limbah cair juga mengandung nutrisi yang dapat menstimulasi pertumbuhan tumbuhan air, yang dapat mengandung racun itu. Karena alasan-alasan tersebut, penyingkiran zat-zat yang tidak diinginkan tersebut dilakukan secepatnya dan dilanjutkan dengan pengolahan dan pembuangan.

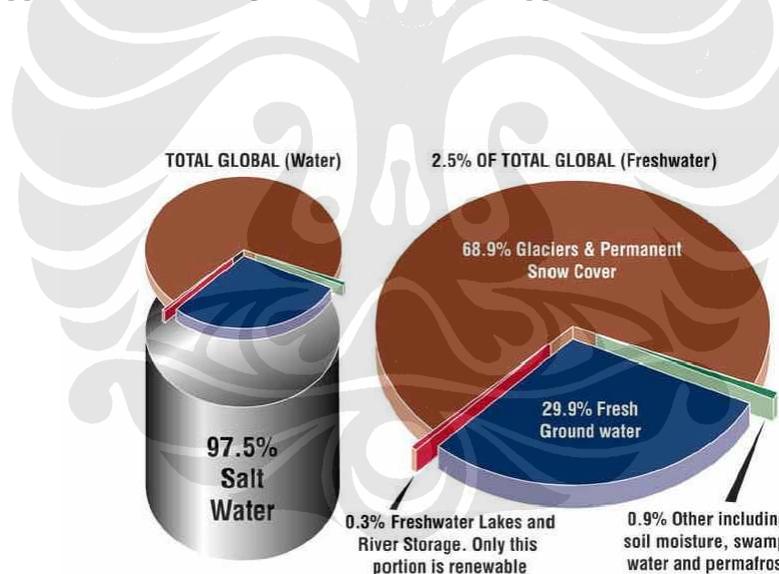
Tujuan Pengolahan Air Limbah :

- a. Memenuhi persyaratan kualitas *effluent*
- b. Mencegah bau, estetika di lokasi pengolahan
- c. Mencegah penurunan kualitas badan air penerima agar dapat melestarikan kehidupan akuatik.

- d. Mencegah terkontaminasinya air bersih oleh kontaminan fisik, kimia dan biologis.
- e. Melindungi penyebaran penyakit melalui air (mengurangi mikroorganisme patogen).
- f. Penghilangan bahan-bahan tersuspensi dan mengapung.

2.2. Jenis dan Ketersediaan Air Limbah Untuk Didaur Ulang

Hanya 2,5% air di bumi dikategorikan sebagai air segar, dengan sisanya dikategorikan air yang bersalinitas tinggi (air laut), terlihat dalam Gambar 2.1. Perbandingannya sangat kecil air di bumi yang dapat diperoleh dan tersedia untuk digunakan dan digunakan kembali. Pada gambar juga menjelaskan bahwa hanya 0,3% dari total air segar yang ada di bumi dapat diperbaharui. Dengan bersamaan bertambahnya populasi penduduk dunia, ketersediaan air /orang mengeluarkan 12,9 hingga 76000 m^3 /orang dari tahun 1970 hingga 1994.



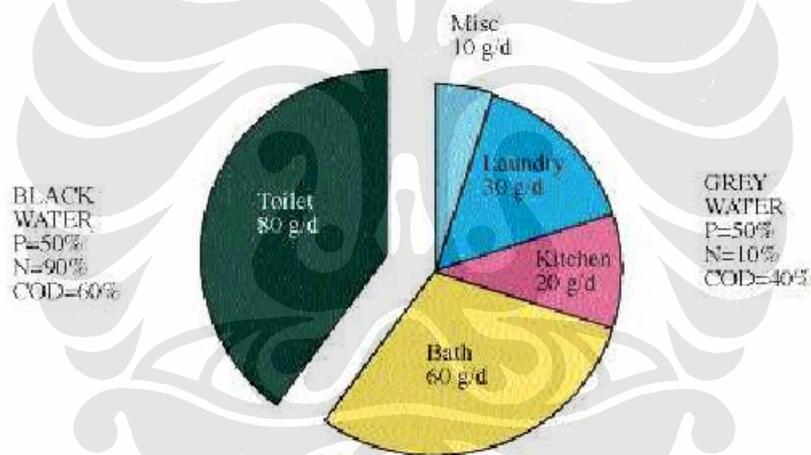
Gambar 2.1. Pie chart penyebaran sumber daya air dunia

Sumber : <http://www.unesco.org/science/waterday2000/Cycle.htm>

Air limbah domestik dikarakteristikan sebagai *grey water* dan *black water*. *Grey water* adalah limbah domestik yang berasal dari air bekas cucian piring, air bekas mandi dan cuci baju tidak termasuk air toilet. *Black water* adalah air limbah domestik yang dikeluarkan melalui toilet, urinoir dan bidets. Kedua jenis air

limbah domestik ini terdapat dalam hubungan bagaimana air limbah tersebut seharusnya diolah. Dari kepentingan kesehatan masyarakat, air limbah *grey water* dan *black water* sebaiknya tidak digabung bersama.

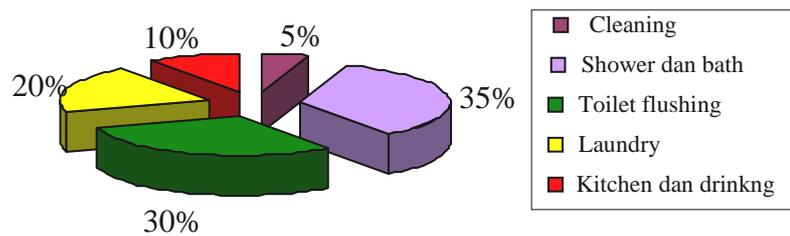
Grey water terdiri dari 2 jenis, yaitu *light-grey water* (berasal dari *bathroom sink*, *shower*, *bathtubs* dan *laundry*) dan *dark-grey water* (berasal dari dapur). Pada gambar 2.2 akan membantu sebagai dasar pemikiran merancang instalasi pengolahan *grey water*, dimana menunjukkan bahwa persentase pemisahan limbah domestik dari berbagai sumbernya berdasarkan dari proporsi kandungan *phosphorous*, nitrogen dan CODnya. Ketiga unsur tersebut merupakan polutan utama untuk badan air dan sumber nutrisi yang baik untuk tanaman atau dengan kata lain cocok untuk irigasi.



Gambar 2.2. Proporsi kandungan air limbah domestik

Sumber : www.greywater.com/synopsis.htm.

Pada *grey water* keberadaan dari mikroorganisme *pathogenic* termasuk di dalamnya bakteri dan virus masih ada apabila keberadaannya dengan konsentrasi yang cukup tinggi dapat menyebabkan resiko kesehatan. *Grey water* juga mengandung minyak-minyak, deterjen, sabun, nutrisi, garam, rambut-rambut dan potongan sisa-sisa makanan yang akan mempengaruhi pengoperasian dan sistem instalasi *grey water* sendiri. Pada umumnya, aliran *grey water* dari berbagai sumber-sumber seperti terlihat pada gambar 2.3, antara lain :



Gambar 2.3. Sumber-sumber aliran *grey water*

Sumber : <http://www.ec.gc.ca/water/images/man>

- Kamar mandi, dari sumber ini kira-kira sekitar 70% *grey water* dihasilkan oleh rumah tangga karena meliputi kegiatan *cleaning*, *flushing toilet* dan shower/bath. Kontaminan utama dari sumber ini mengandung rambut-rambut, sisa sabun, shampoo, pasta gigi, *body lotion* dan produk pembersih lainnya. Dikarenakan sumber ini berkaitan sebagai tempat pembersihan tubuh manusia, maka ada kemungkinan *grey water* yang dihasilkan dari sumber ini sedikit tercemar oleh *fecal coliform*/ bakteri colli.
- Tempat Cucian/ *Laundry*, berkisar 20% dari limbah *grey water* yang dihasilkan limbah rumah tangga. Kontaminan utama dari sumber ini mengandung serat-serat kain, deterjen, zat kimia, sabun dan campuran lainnya.
- Dapur, sekitar $\pm 10\%$ limbah *grey water* yang dihasilkan dari dapur. Kontaminan utama dari sumber ini mengandung sisa-sisa makanan, minyak masakan, deterjen dan bubuk pembersih.

2.3. Standar Kualitas Air Buangan

Sebagai suatu upaya pengendalian terhadap kelestarian sumber daya alam dan agar selalu terjaga keseimbangan ekosistem maka perlu ditetapkannya suatu standar kualitas air buangan (*effluent*). Kebijakan untuk membuat standar kualitas ini berbeda di masing-masing negara tergantung pada maksud dan kondisi yang diinginkan. Untuk standar air buangan (*effluent*) juga tergantung pada tata guna perairan, tingkat kualitas yang diharapkan, aspek sosial budaya, aspek ekonomi dan peran serta masyarakat. Standar pembatas perairan yang sering digunakan adalah :

- a. Standar kualitas badan air
- b. Standar kualitas air limbah

Standar kualitas badan air

Standar kualitas badan air ini diatur dalam SK. Gubernur DKI Jakarta No.582 Tahun 1995 tentang baku mutu air sungai/badan air serta baku mutu limbah cair di wilayah DKI Jakarta. Titik-titik kontrol pada badan air yang telah ditetapkan dan dikontrol secara berkala. Cara ini cukup efisien dan murah tapi sangat diperlukan suatu kerja sama antar berbagai instansi terkait.

Standar air kualitas limbah domestik

Standar ini mengatur pengawasan air limbah yang dihasilkan oleh domestik di Provinsi DKI Jakarta. Dengan demikian setiap air buangan yang dihasilkan harus dikontrol kualitasnya sebelum memasuki badan air. Standar ini mengenai baku mutu air limbah domestik terdapat dalam peraturan yaitu Peraturan Gubernur DKI Jakarta No.122 Tahun 2005 tentang pengelolaan air limbah domestik di Provinsi DKI Jakarta.

2.4. Karakteristik Air Limbah *Grey Water*

Karakteristik air limbah dinyatakan dalam bentuk kondisi alirannya serta kandungan fisis, biologi dan kimianya. Karakteristik air limbah bergantung pada pemakaian air dalam masyarakat, industri dan komersial. Parameter terhadap karakteristik air limbah *grey water* harus diketahui agar dapat ditentukan alternatif metode pengolahan yang tepat. Parameter yang harus diketahui dan diturunkan dari air limbah *grey water* adalah *BOD*₅, *COD*, pH, minyak/lemak, zat padatan/*solids*, surfaktan dan *NH*₃*N*. Dengan maksud *effluent* dari hasil pengolahannya air tersebut dapat digunakan kembali.

Evaluasi parameter-parameter umum yang diukur adalah :

1. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan oleh populasi campuran dari mikroorganisme untuk melakukan oksidasi aerobik terhadap bahan-bahan organik dalam suatu sampel air kotor pada suhu 20°C. BOD merupakan parameter penting dalam menganalisa suatu buangan air limbah kerana menunjukkan kekuatan populasi dalam air

kotor. BOD₅ merupakan indikator dari sebagian bahan organik yang dapat diuraikan oleh mikrobia pada periode waktu yang sudah ditentukan (5 hari) pada temperatur 20°C. Dalam percobaan adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk menstabilkan buangan setelah dibuang ke badan air.

2. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD didefinisikan sebagai kebutuhan kimiawi akan oksigen. COD merupakan parameter lain untuk mengukur air buangan. Dengan parameter COD ini, hampir semua komponen organik yang dapat dioksidasi yang ada dalam sampel air buangan dapat diukur. Umumnya COD lebih tinggi dari tinggi BOD (2 – 5 kalinya). Disebabkan karena BOD hanya mengukur jumlah material organik yang mampu dioksidasi oleh aksi mikrobia, sedangkan COD lebih mewakili oksidasi yang lebih lengkap.

3. Surfaktan adalah zat aktif permukaan yang merupakan komponen utama serbuk deterjen yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan air. Penentuan surfaktan dilakukan dengan perubahan warna pada pemberian *methylene blue*. Nama lain untuk surfaktan adalah *methylene blue active substance* (MBAS) yang juga merupakan molekul besar organik yang cepat larut dalam air dan penyebab busa.

4. pH

pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu cairan melalui konsentrasi ion hidrogen H⁺. Ion hidrogen merupakan faktor utama untuk mengerti reaksi kimiawi dalam ilmu teknik penyehatan. Ukuran pH ini penting bagi penentuan unit-unit operasi yang akan digunakan. Melalui pH yang rendah maupun pH yang tinggi mengakibatkan timbulnya kerusakan pada benda-benda yang dilaluinya.

5. Zat padat (*solids*)

Pengukuran berbagai solids berguna sebagai kontrol. TS (*Total Solids*), SS (*Suspended Solids*) dan DS (*Disolved Solids*) bisa dipergunakan dalam memperkirakan kekuatan air buangan, efisiensi proses dan pembebanan per unit. TS merupakan istilah untuk pengukuran berat material per unit volume yang tersisa dari sampel setelah penimbangan dan setelah

dievaporasikan pada temperatur $130^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$. TS merupakan jumlah dari SS dan DS. SS adalah zat padat dapat disaring sedangkan DS tak dapat disaring.

6. Minyak/lemak

Minyak merupakan komponen terbesar ketiga bahan makanan. Minyak/lemak yang dimaksud terdapat air limbah domestik biasanya terdapat dalam sisa sabun mandi atau dari limbah masakan di dapur. Jika komponen minyak dalam air limbah tidak dihilangkan akan menyebabkan masalah pada pembuangan dan instalasi pengolahan Lemak yang merupakan sebagian dari komponen air limbah mempunyai sifat yang menggumpal pada suhu udara normal, dan akan berubah menjadi cair apabila berada pada suhu yang lebih panas. Lemak yang merupakan benda cair pada saat dibuang ke saluran air limbah akan menumpuk secara kumulatif pada saluran air limbah karena mengalami pendinginan dan lemak ini akan menempel pada dinding saluran air limbah yang pada akhirnya akan dapat menyumbat aliran air limbah. Selain penyumbatan akan dapat juga terjadi kerusakan pada tempat dimana lemak tersebut menempel yang bisa berakibat timbulnya bocor.

7. Suhu

Suhu pada air limbah biasanya lebih tinggi dari pada air bersih, karena adanya pemasukan air hangat dari kegiatan rumah tangga dan industri. Tinggi suhu tergantung pada keadaan lokasi dan letak geografisnya. Suhu merupakan parameter penting untuk diketahui karena pengaruhnya pada ekosistem akuatik dan reaksi kimia. Biasanya kandungan oksigen juga kurang dalam air hangat dibandingkan dengan air dingin.

8. Warna

Warna biasanya secara kualitatif menentukan umur dari air limbahnya. Umumnya pada air limbah yang baru dihasilkan berwarna abu-abu terang, bagaimanapun air limbah mengandung campuran zat organik yang diuraikan oleh bakteri dengan mengurangi kadar oksigen terlarut yang makin lama warna air limbahnya pun berubah menjadi warna kegelapan hingga hitam.

9. *Odors* (Bau/ aroma)

Bau/ aroma pada air limbah biasanya disebabkan oleh gas yang dihasilkan dari penguraian zat-zat organik. Kepentingan efek bau pada manusia terutama dihubungkan pada efek psikologis. Bau ini juga menjadi pertimbangan utama masyarakat sekitar terhadap keberadaan lokasi pengolahan limbah tersebut.

Dari evaluasi terhadap kualitas air buangan terlihat jelas bahwa bangunan pengolahan air limbah *grey water* sangatlah diperlukan selain untuk menjaga ekosistem akuatik tetapi juga dapat menghemat potensi pemakaian air tanah.

Pada negara-negara maju seperti Australia dan Amerika sudah banyak dilakukan pengolahan air limbah *grey water* ini maka di kebanyakan negara-negara maju sudah ada standar perencanaannya. Sedangkan di Indonesia belum banyak dilakukan penelitian *grey water* pada khususnya maka dari itu belum ada standar. Negara Australia telah memiliki standar parameter-parameter kandungan kimia dan mikrobiologi air limbah *grey water* yang terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Karakteristik fisik, kimia dan mikrobiologi *grey water* di Australia

Parameter	Satuan	<i>Grey water</i>		Raw Sewage
		Batas	Mean	
Fecal coliform	(cfu)/100 ml	25 - 2.10 ⁹	10 ⁹	10 ⁶ - 10 ¹⁰
Suspended solids	mg/L	45 - 330	115	100 - 500
Kekeruhan	NTU	22 -> 200	100	NA
BOD ₅	mg/L	90 - 290	160	100 - 500
Nitrit	mg/L	< 0,1 - 0,8	0,3	1 - 10
Amoniak	mg/L	< 0,1 - 25,4	5,3	10 - 30
Total Kjeldahl Nitrogen	mg/L	2,1 - 31,5	12	20 - 80
Total Phosphorous	mg/L	0,6 - 27,3	8	5 - 30
Sulfat	mg/L	7,9 - 110	35	25 - 100
pH		6,6 - 8,7	7,5	6,5 - 8,5
Conductivity	mS/cm	325 - 1140	600	300 - 800
Kesadahan (Ca & Mg)	mg/L	15 - 55	45	200 - 700
Sodium	mg/L	29 - 230	70	70 - 300

Sumber: Department of Health, 2005, *Guidelines for the Reuse of Greywater in Western Australia*.

^a Berdasarkan pada Jeppersen dan Solley (1994)

Jika ditinjau dengan penelitian yang pernah dilakukan di Aceh, terlihat perbedaan antara kualitas yang ada di Australia (sifat fisik/kimia dan mikrobiologi) dikarenakan perbedaan situasi dan kondisi lokasi. Maka akan berbeda-beda pula kualitas air limbahnya tergantung dari karakteristik suatu daerah tersebut. Perbedaan tersebut dapat terlihat pada tabel 2.1, tabel 2.2. dan tabel 2.3. di bawah ini, seperti berikut :

Tabel 2.2. Karakteristik mikrobiologi dalam *grey water* di Aceh

Karakteristik	Jumlah Mikroorganisme dalam <i>Grey Water</i>				
	Satuan	Tap Water	Terendah	Tertinggi	Rata-rata ¹
Total organism	sel/mL	0	$1,0 \times 10^5$	$4,4 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$
Coliform organism	sel/100mL	0	$< 1,0 \times 10^5$	$7,7 \times 10^7$	$1,95 \times 10^7$
Total organism	sel/mL	-	$1,5 \times 10^5$	$4,5 \times 10^6$	$1,37 \times 10^6$
Coliform organism	sel/100mL	-	$< 1,0 \times 10^5$	$7,4 \times 10^7$	$1,88 \times 10^7$
Total organism	sel/mL	-	$2,3 \times 10^5$	$5,4 \times 10^7$	$2,17 \times 10^7$
Coliform organism	sel/100mL	-	$< 1,0 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$5,4 \times 10^8$

¹ Rata-rata dengan enam sampel

Sumber : www.humanitarianinfo.org/.../ESP_Sustainable_sanitation_Systems/WSHOP_Handb_November_2006-trans-last.doc (diakses pada 1 Mei 2008)

Tabel 2.3. Karakteristik fisik dan kimia *grey water* di Aceh

Karakteristik	Satuan	Grey Water			
		Tap water	Terendah	Tertinggi	Rata-rata
Arsenic	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Barium	mg/L	<1	<1	<1	<1
Cadmium	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chromium	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Copper	mg/L	0,08	0,08	0,16	0,11
Iron	mg/L	0,18	<0,05	0,20	0,11
Lead	mg/L	<0,01	<0,01	0,10	0,04
Magnesium	mg/L	2,4	1,5	2,8	2,0
Manganese	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nickel	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selenium	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Silver	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Sodium	mg/L	8	68	93	80
Zinc	mg/L	0,39	0,37	1,60	0,62
Ammonia	mg/L	0,06	<0,05	0,80	0,18
Calcium	mg/L	24	15	17	16
Chloride	mg/L	19	20	30	35
Cyanide	mg/L	0,02	0,02	0,02	<0,02
Flouride	mg/L	0,75	0,70	0,95	0,81
Nitrate/Nitrite	mg/L	0,2	<0,1	2,1	0,9
Phosphates	mg/L	1	50	68	59
Sulfate	mg/L	40	83	160	117
BOD	mg/L	*	270	360	328
CCE	mg/L	<10	11	41	20
COD	mg/L	12	283	549	452
MBAS	mg/L	<1	16	39	22
TOC	mg/L	<5	60	92	80
Color	PtCl ₆ equiv units	<5	30	>100	68
Conductivity	μ/mhos/cm	207	320	390	358
Odor	Threshold number	1	2	4	3
pH	pH units	7,2	6,9	7,5	7,2
Suspended solids	mg/L	<10	17	68	33
Total solids	mg/L	108	113	451	382
Kekeruhan	mg/L, SiO ₂ equiv.	1	30	68	49

*) NA

Sumber : www.humanitarianinfo.org/.../ESP_Sustainable_sanitation_Systems/WSHOP_Handb_November_2006-trans-last.doc (diakses pada 1 Mei 2008)

2.5. Debit Perencanaan Air Buangan

Debit rencana air buangan ini sangat penting untuk diketahui karena perancangan bangunan instalasi pengolahan *grey water* ini sangat bergantung pada debit air buangan (*effluent*). Debit air limbah *grey water* ini sangat bervariasi besarnya tergantung pada pemakaian air bersihnya karena berbagai daerah berbeda jumlah pemakaian air per harinya. Besar atau kecilnya pemakaian air bersih yang dipengaruhi seperti tingkat ekonomi dan fungsional/ peruntukan kawasan/fasilitas. Semakin tinggi tingkatan ekonominya maka akan semakin besar pula kebutuhan penggunaan air (dapat dilihat pada tabel 2.4).



Tabel 2.4. Besaran population equivalen (PE) untuk perancangan IPAL berdasarkan jenis peruntukkan bangunan

No.	Peruntukkan Bangunan	Pemakaian Air Bersih	Debit Air Limbah	Satuan	PE	Acuan
1	Rumah mewah	250	200	Liter/penghuni/hari	1,67	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
2	Rumah biasa	150	120	Liter/penghuni/hari	1,00	Study JICA 1990 (proyeksi 2010)
3	Apartement	250	200	Liter/penghuni/hari	1,67	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
4	Rumah susun	100	80	Liter/penghuni/hari	0,67	
5	Asrama	120	96	Liter/penghuni/hari	0,80	
6	Klinik/Puskesmas	3	2,7	Liter/pengunjung/hari	0,02	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
7	Rumah sakit mewah	1000	800	Liter/jumlah tempat tidur pasien/hari	6,67	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
	Rumah sakit menengah	750	600	Liter/jumlah tempat tidur pasien/hari	5,00	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
	Rumah sakit umum	425	340	Liter/jumlah tempat tidur pasien/hari	2,83	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
8	Sekolah dasar	40	32	Liter/siswa/hari	0,27	SNI 03-7065-2005
9	SLTP	50	40	Liter/siswa/hari	0,33	SNI 03-7065-2005
10	SLTA	80	64	Liter/siswa/hari	0,53	SNI 03-7065-2005

11	Perguruan tinggi	80	64	Liter/mahasiswa/hari	0,53	SNI 03-7065-2005
12	Rumah toko/rumah kantor	100	80	Liter/penghuni dan pegawai/hari	0,67	SNI 03-7065-2005
13	Gedung kantor	50	40	Liter/pegawai/hari	0,33	SNI 03-7065-2005
14	Toserba (toko serba ada, mall, departement store)	5	4,5	Liter/m ² luas lantai/hari	0,04	SNI 03-7065-2005
15	Pabrik/ Industri	50	40	Liter/pegawai/hari	0,33	SNI 03-7065-2005
16	Stasiun/terminal	3	2,7	Liter/penumpang tiba dan pergi/hari	0,02	SNI 03-7065-2005
17	Bandara udara *	3	2,7	Liter/penumpang tiba dan pergi/hari	0,02	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
18	Restoran	15	13,5	Liter/kursi/hari	0,11	SNI 03-7065-2005
19	Gedung pertunjukkan	10	9	Liter/kursi/hari	0,08	SNI 03-7065-2005
20	Gedung bioskop	10	9	Liter/kursi/hari	0,08	SNI 03-7065-2005
21	Hotel melati s.d. bintang 2	150	120	Liter/tempat tidur/hari	1,00	SNI 03-7065-2005
22	Hotel bintang 3 ke atas	250	200	Liter/tempat tidur/hari	1,67	SNI 03-7065-2005
23	Gedung peribadatan	5	4,5	Liter/orang /hari (belum termasuk air wudhu)	0,04	SNI 03-7065-2005
24	Perpustakaan	25	22,5	Liter/jumlah pengunjung/hari	0,19	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
25	Bar	30	24	Liter/jumlah pengunjung/hari	0,20	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura

26	Perkumpulan sosial	30	27	Liter/jumlah pengunjung/hari	0,23	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
27	Klab malam	235	188	Liter/jumlah kursi/hari	1,57	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
28	Gedung pertemuan	25	20	Liter/kursi/hari	0,17	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
29	Laboratorium	150	120	Liter/jumlah staf/hari	1,00	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura
30	Pasar tradisional/ modern	40	36	Liter/kios/hari	0,30	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura

Keterangan : * untuk pelayanan publik

- Perhitungan menggunakan pendekatan PE hanya dipakai apabila tidak ada data aktual jumlah pemakaian air bersih per hari.

Sumber : Peraturan Gubernur DKI Jakarta No.122 Tahun 2005 tentang Pengolahan Air Limbah Domestik di Provinsi DKI Jakarta

2.6. Pembuangan Limbah Cair Mandi, Cuci dan Dapur (“Greywater”) Saat Ini di Saluran Terbuka

Sering kali, saluran drainase umum di Indonesia dan ditempat lain pada kenyataannya bukan merupakan saluran air hujan justru melainkan saluran limbah terbuka yang menggenang airnya, berbau tidak sedap, dan menarik serangga pembawa penyakit dan tikus. Sebagai contohnya adalah nyamuk pembawa penyakit DBD (*Aedes aegypti*) yang berbiak di genangan air di saluran drainase, karena pemangsa mereka (capung, ikan dan katak) tidak bisa hidup dalam lingkungan air yang terpolusi seperti *grey water* (DGLP 2006). Selama berlangsungnya hujan, padatan (lumpur) yang terakumulasi digelontor dan menimbulkan masalah ditempat lain. Hujan akan membawa pencemar tersebut masuk ke sungai (badan air) dan berakhir di laut.



Gambar 2.4. Jentik-jentik nyamuk di saluran drainase umum, Ulee Kareng, Banda Aceh Mei 2006

Sumber : www.humanitarianinfo.org/.../ESP_Sustainable_sanitation_Systems/WSHOP_Handb_November_2006-trans-last.doc (diakses pada 1 Mei 2008)

2.7. Teknologi Pengolahan Air Limbah

Pemilihan proses yang tepat didahului dengan mengelompokkan karakteristik kontaminan dalam air limbah dengan menggunakan indikator parameter yang sudah ditampilkan pada tabel di atas. Setelah itu kontaminan dikarakterisasikan, diadakan pertimbangan secara detail mengenai aspek ekonomi, aspek teknis, keamanan, kehandalan, dan kemudahan pengoperasian. Pada akhirnya, teknologi yang dipilih haruslah teknologi yang tepat guna sesuai dengan karakteristik limbah yang akan diolah. Setelah pertimbangan-

pertimbangan detail, perlu juga dilakukan studi kelayakan atau bahkan percobaan skala laboratorium yang bertujuan untuk :

1. Memastikan bahwa teknologi yang dipilih terdiri dari proses-proses yang sesuai dengan karakteristik limbah yang akan diolah.
2. Mengembangkan dan mengumpulkan data yang diperlukan untuk menentukan efisiensi pengolahan yang diharapkan.
3. Menyediakan informasi teknik dan ekonomi yang diperlukan untuk penerapan skala sebenarnya.

Walau sistem pengairan telah berlangsung dari zaman dahulu kala, tetapi yang dapat terlacak hanyalah mulai dari abad ke 18. Pengolahan limbah cair secara sistematis dilakukan pada akhir 1800-an dan awal 1900-an. Perkembangan teori bakteri oleh Koch dan Pasteur menandai era baru dalam sanitasi. Sebelumnya, hubungan polusi dengan penyakit hanya dimengerti sedikit dan hasil penelitian tentang bakteriologi tidak diterapkan pada proses pengolahan limbah. Di Amerika Serikat pengolahan dan pembuangan limbah cair tidak terlalu mendapat perhatian pada akhir 1800-an karena penyebaran gangguan akibat pembuangan limbah cair yang tidak diolah ke badan air tidak berakibat besar, dan karena masih tersedia area yang cukup besar untuk dijadikan tempat pembuangan. Tetapi pada awal 1900-an, gangguan dan kondisi kesehatan yang menurun mengakibatkan naiknya permintaan atas keefektifan dari manajemen pengolahan limbah cair. Ketidakpraktisan dalam mendapat area untuk pembuangan limbah cair yang tidak terolah terutama pada kota besar mengakibatkan metode yang lebih intensif lagi dalam pengolahan limbah cair.

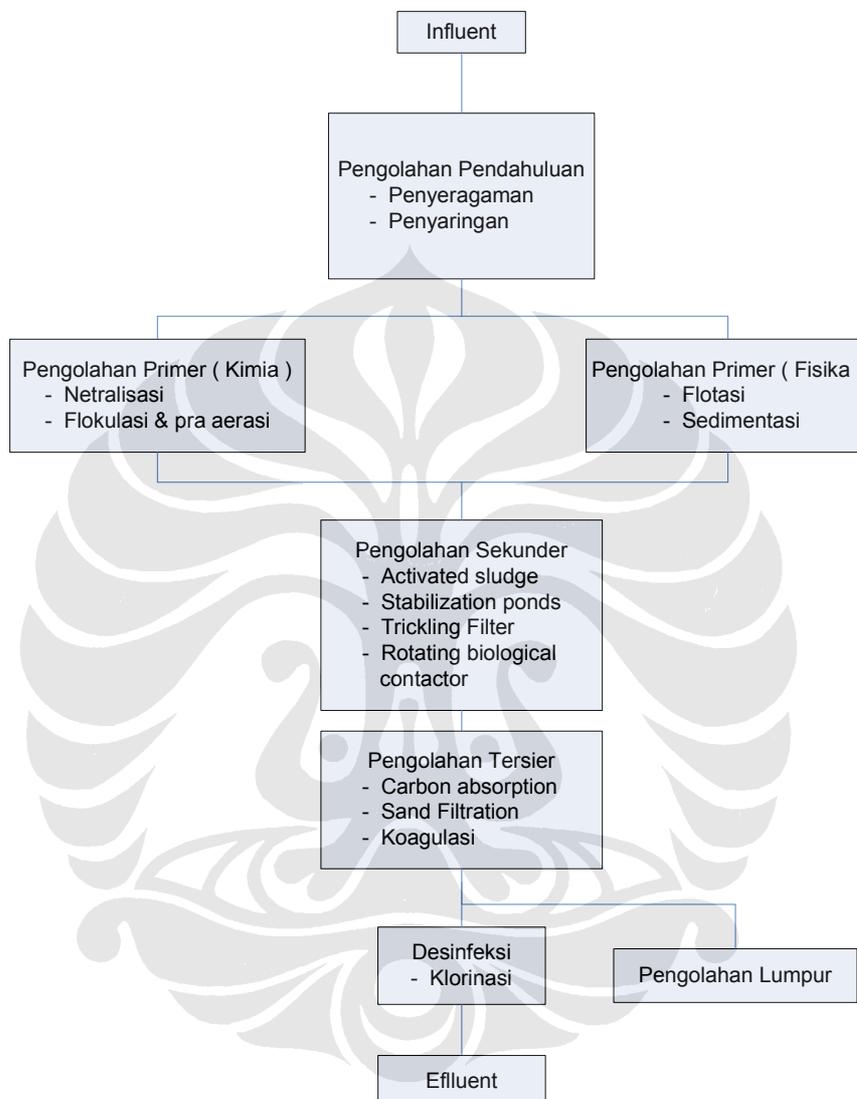
Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Apapun macam teknologi pengolahan air limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara oleh masyarakat setempat. Jadi teknologi pengolahan yang dipilih harus sesuai dengan kemampuan teknologi masyarakat yang bersangkutan.

Berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisahkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi beberapa tahapan pengolahan :

- a. Pengolahan Pendahuluan (*Preliminary Treatment*)
Unit ini bisa dianggap bagian dari primer, dalam unit ini air buangan biasanya diseragamkan dahulu alirannya (sebagai penyesuaian fluktuasi debit) sebelum memasuki unit selanjutnya. Unit ini juga berfungsi untuk menyaring benda-benda padat berukuran besar.
- b. Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)
Unit ini adalah unit operasi atau pengolahan air limbah dari segi fisik, biasanya terdiri dari unit-unit operasi penyaringan, pengendapan pasir dan pengendapan zat-zat padat yang lebih halus atau zat tersuspensi dengan cara pengapungan (*flotasi*) dan juga untuk pemisahan minyak/lemak.
- c. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)
Unit ini adalah unit proses dimana terjadi pengolahan air buangan secara biologis, dengan maksud untuk mengurangi BOD pada air limbah. Proses ini terdiri dari bermacam jenis. Pemilihan jenis proses atau sistem tergantung pada beberapa faktor seperti kuantitas air limbah dan ketersediaan lahan serta biaya investasi. Pengolahan unit sekunder ini adalah pengolahan setelah melalui pengolahan pendahuluan (penyaringan dan penyeragaman) dan pengolahan primer (pengendapan partikel-partikel padat). Pengolahan sekunder merupakan peningkatan pengolahan terhadap kualitas air limbah yaitu proses pengolahan biologis untuk menghilangkan bahan-bahan organik melalui oksidasi biokimia. Pengertian proses biologis adalah ketergantungannya terhadap mikroorganisme primer sebagai pengurai air limbah, dengan adanya pengolahan sekunder ini konsentrasi bahan-bahan organik dalam bentuk terlarut (*dissolved*) maupun koloid dapat dikurangi.
- d. Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)
Unit ini adalah unit proses untuk menghilangkan bahan-bahan pencemar tertentu untuk menyiapkan air agar dapat digunakan kembali. Proses pengolahan dalam unit ini bisa secara fisik, kimia dan biologi atau kombinasi proses-proses ini. Pengolahan tersier ini antara lain menghilangkan senyawa fosfor dengan koagulasi oleh bahan-bahan kimia, penghilangan senyawa nitrogen oleh amonia dan udara atau oleh proses nitrifikasi-denitrifikasi, penghilangan sisa-sisa organik dan senyawa pewarna melalui penyerapan

pada karbon aktif. Untuk membunuh bakteri patogen dilakukan klorinasi atau ozonisasi untuk *effluent* yang akan dibuang ke badan air.

Secara garis besar proses pengolahan air limbah tahapan proses terlihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5. Contoh diagram alir untuk pengolahan air buangan

2.7.1. Pengolahan Pendahuluan

2.7.1.a. Penyeragaman (*Equalization*)

Tahap ini berfungsi sebagai penyeragam atau penyesuai fluktuasi debit air limbah *grey water* dengan tujuan air limbah yang masuk ke unit selanjutnya bisa dalam jumlah debit yang konstan dan kontinyu. Sarana untuk tahap ini adalah bak penampung dengan waktu penyimpanan yang

relatif pendek dan pompa air sebagai penggerak dan pemindah air *grey water* ke unit selanjutnya.

2.7.1.b. Penyaringan (*Screening*)

Unit ini berfungsi untuk menyaring benda-benda padat kasar sehingga tidak merusak alat-alat mekanis pada IPAL.

2.7.1.c. Pengukuran Aliran Air

Alat ukur debit dipasang untuk memperkirakan besarnya aliran yang akan memasuki sistem pengolahan. Pengukuran aliran air untuk *grey water* dalam perencanaan pengolahan ini dilakukan pada saluran terbuka seperti yang biasanya digunakan untuk pengukuran air kotor. Berbagai jenis alat ukur dan perlengkapan/ peralatannya sulit dijumpai, namun pemilihan jenis alat ukur tergantung pada kondisi aliran yang ditemui. Besar aliran air, fluktuasi, kontinuitas, kondisi fisik air kotor dan biaya termasuk dalam kriteria pemilihan jenis alat pengukur.

Dua jenis alat pengukur aliran yang sering dipakai untuk aliran air kotor karena prinsip operasi yang sederhana adalah :

- i. Saluran (*flume*) – Parshall Flume
- ii. Pelimpah (*Weir*)

Selain itu ada juga jenis pengukur aliran otomatis atau disebut juga meter air (*flow meter*). Untuk jenis pelimpah, prinsip pengukurannya adalah bahwa ketinggian air yang dihitung dari dasar penyempitan vertikal saluran merupakan fungsi dari aliran itu.

Pada *Parshall Flume* penyempitan tidak terjadi secara mendadak seperti pada pelimpah, namun bertahap. Penyempitan terdiri dari tiga bagian yaitu bagian yang menyempit, bagian leher dan bagian yang melebar. Dasar saluran bisa rata bisa juga dibuat menurun pada leher dan menaik pada bagian yang melebar untuk mendapatkan aliran bebas (*free flow*). Total ketinggian air pada bagian yang menyempit merupakan fungsi dari aliran dan dimensi saluran. Untuk meter air, pemasangannya langsung pada pipa. Meter air terdapat pada berbagai kapasitas aliran air dan untuk berbagai penggunaan.

Kedua metode yang pertama cocok untuk pengukuran langsung pada saluran terbuka. Pelimpah lebih mudah dalam konstruksinya dan lebih murah dari Parshall Flume, namun Parshall flume memiliki keunggulan, yaitu mampu membersihkan sendiri maksudnya tidak terjadi pengendapan zat padat. Sedang meter air, lebih praktis dalam penggunaannya maupun pemasangannya, walaupun dalam harga bisa lebih mahal. Pemasangan meter air cocok untuk aliran tertutup (pipa).

2.7.2. Pengolahan Primer

2.7.2.a. *Netralisasi*

Proses Netralisasi diperlukan untuk menetralkan pH air buangan atau menjaga pH antara 6,5 – 8, terutama untuk air buangan yang akan mengalami pengolahan biologis. pH yang netral mempengaruhi pertumbuhan dari mikroorganisme.

2.7.2.b. *Flokulasi dan pra-aerasi*

Flokulasi adalah proses pengikatan zat padat koloid dengan koagulan dengan bantuan pengadukan sehingga terbentuk flok-flok yang dapat diendapkan. Dengan demikian kekuatan air limbah dapat dikurangi sebelum pengolahan selanjutnya. Flokulasi ini merupakan satu kesatuan proses pengolahan air buangan dengan proses pengolahan lainnya, sehingga tidak dapat berdiri sendiri.

2.7.2.c. *Flotasi*

Flotasi umumnya diterapkan pada pengolahan air buangan industri, terutama yang kandungan SS dan minyak tinggi. Pemisahan zat padat atau partikel zat cair dari cairan diperoleh dengan menyemprotkan gas (udara) berupa gelembung-gelembung kecil ke dalam cairan. Gelembung ini kemudian menempel pada bahan-bahan padat dan oleh sebab gaya apung dari campuran partikel dan gelembung udara cukup besar mengangkatnya ke permukaan.. Keuntungan sistem flotasi dari sedimentasi adalah bahwa partikel yang sangat halus dan mengendap dapat dihilangkan lebih sempurna dan dalam waktu yang relatif singkat.

Partikel-partikel yang mengapung ke atas dapat dikumpulkan dan dididuk keluar.

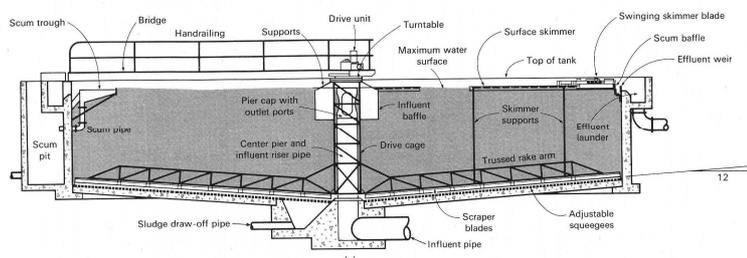
2.7.2.d. *Sedimentasi*

Sedimentasi adalah pengendapan partikel-partikel padat yang melayang dan mengapung dalam air buangan. Pengendapan ini terjadi dalam suatu bak. Bentuk bak sedimentasi dapat diklasifikasikan sebagai persegi panjang (*rectangular*), lingkaran (*circular*) atau persegi (*square*). Pada bentuk persegi persegi panjang air mengalir dari ujung satu ke ujung yang lainnya dan lumpur yang mengendap dikeruk secara mekanis ke ujung inlet, dimana terdapat bak lumpur untuk kemudian dipompa ke luar (*sludge hopper*). Pada bentuk lingkaran atau persegi air kotor biasanya masuk dari tengah dan mengalir secara radial ke arah sisi luar, lumpur yang mengendap didorong atau dibawa ke arah tengah. Menurut literatur bentuk bak lingkaran umumnya lebih disukai dari pada persegi karena lebih murah biaya instalasi dan pemeliharannya.

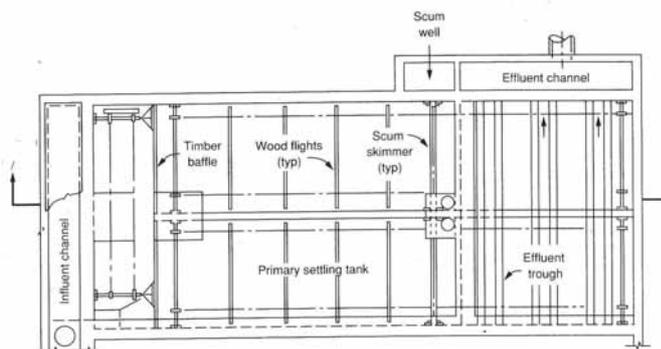


FIGURE 9-20
Empty center-feed sedimentation basin equipped with sludge scrapers.

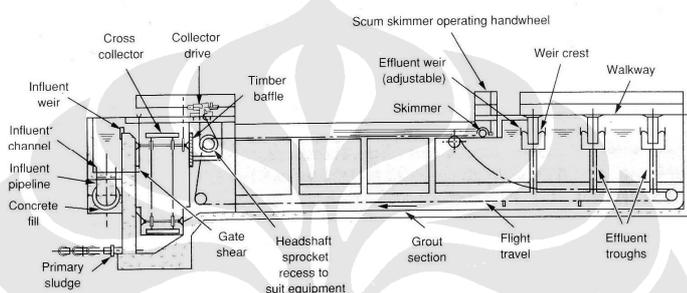
Gambar 2.6. Type bak sedimentasi jenis *circular*/ lingkaran dengan alat pengeruk lumpur di tengah bak



Gambar 2.7. Potongan melintang type bak sedimentasi jenis *circular*/lingkaran



Gambar 2.8. Tampak atas type bak sedimentasi jenis rectangular/ persegi panjang



Gambar 2.9. Potongan melintang type bak sedimentasi jenis rectangular/ persegi panjang

2.7.3. Pengolahan Sekunder

Mikroorganisme memegang peranan yang penting atas penguraian yang terjadi dalam air buangan karena mikroorganisme dalam air buangan berfungsi sebagai pemangsa kotoran yang ada. Jenis mikroorganisme yang dapat digunakan untuk kepentingan tersebut adalah bakteri, protozoa, rotifer, jamur ganggang dan sebagainya. Organisme ini dengan oksigen merubah organik yang biodegradable menjadi karbondioksida, air dan sel-sel baru dan produksi zat yang tidak berbahaya lainnya.

Unsur-unsur dasar yang dibutuhkan untuk pengolahan sekunder ini adalah :

1. Tersedianya populasi campuran dari mikroorganisme aktif
2. Terjadinya kontak yang baik antara mikroorganisme dengan air limbah
3. Cukup tersedia oksigen
4. Cukup tersedia bahan-bahan bergizi.
5. Terpelihara kondisi sekitar yang memenuhi syarat, yaitu temperatur, pH, waktu kontak,dll.

Sistem Pengolahan sekunder ini dapat dibagi menjadi 2 golongan yaitu :

1. Pengolahan biologis dengan pertumbuhan yang tertahan (*suspended growth*). Sistem penanggulangan pertumbuhan ini adalah suatu keadaan dimana mikroorganisme tetap tinggal dalam larutan suspensi. Jenis sistem yang umum untuk pengolahan sekunder adalah : *activated sludge*, *aerated lagoon* dan kolam stabilisasi (*stabilization ponds*)
2. Pengolahan biologis dengan pertumbuhan menempel (*activated growth*). Pada proses pengolahan biologis ini populasi mikroorganisme aktif dikembangkan di atas media solid (batuan atau plastik). Pertumbuhan mikroorganisme yang menempel pada media *solid* ini menstabilkan benda-benda pada saat dilintasi oleh air buangan, ada dua macam tipe proses ini, yaitu :
 - a. *Trickling filter*
 - b. *Rotating Biological Contactor (RBC)*

2.7.3.a. *Activated Sludge*

Sebelum mengenal cara kerja sistem *activated sludge*, diperkenalkan terlebih dahulu istilah-istilah yang dipakai dalam sistem ini.

Bak aerasi disebut dengan *mixed aeration tank*. Larutan air (*liquid*) yang mengandung mikroorganisme yang berada dalam bak aerasi disebut *mixed liquor*, dan pertumbuhan biologinya disebut *mixed liquor suspended solids*. Pengertian lumpur aktif diambil dari cara pengolahannya, yaitu pengembalian sebagian lumpur biologis ke bak aerasi karena ini sangat aktif dalam menghilangkan bahan-bahan organik (*soluble organic matter*) dari solusi air buangan. Umur lumpur (*sludge age*) adalah istilah untuk umur atau lamanya terbentuk partikel *suspended solids* (SS) dengan proses pengolahan, dengan satuan hari.

Cara kerja proses lumpur aktif (lumpur balik) adalah proses untuk merubah zat-zat yang tidak dapat mengendap dalam bentuk koloid maupun tercampur menjadi flok-flok biologis yang dapat diendapkan. Di dalam bak aerasi flok ini terbentuk dari hasil penguraian bahan-bahan organik oleh mikro organisme terutama jenis bakteri (*mixed liquor*). *Mixed liquor* ini secara kontinyu dialirkan ke bak sedimentasi akhir. Di dalam bak sedimentasi akhir inilah flok yang

terbentuk dan disebut lumpur ini kemudian dipisahkan dari air buangan dengan cara pengendapan. Air yang sudah jernih dibuang sebagai effluen ke sungai (atau badan air lainnya), sedangkan lumpur atau *settle floc* dialirkan kembali secara kontinyu ke bak aerasi bersama-sama dengan air kotor yang masuk.

Sistem lumpur aktif berlangsung sepenuhnya dalam keadaan aerobik karena flok biologi tersuspensi dalam mixed liquor yang mengandung oksigen. Oksigen ini dibangkitkan dengan cara difusi udara atau secara mekanis.

Tipe-tipe Sistem *Activated Sludge*

Sistem *activated Sludge* umumnya terdiri dari empat dasar pengolahan, yaitu :

1. Sedimentasi primer (termasuk dalam pengolahan primer) terjadi dalam bak sedimentasi primer
2. Proses aerasi dari *mixed liquor* terjadi dalam bak aerasi
3. Sedimentasi sekunder (sedimentasi akhir) terjadi dalam bak sedimentasi sekunder.
4. Proses pengembalian lumpur dari bak sedimentasi sekunder ke bak aerasi.

Pengembangan dan modifikasi dari *activated sludge* tipe konvensional menghasilkan berbagai tipe. Pengembangan dan modifikasi sistem ini diperoleh dengan melakukan variasi pada pembebanan biologis (rasio F/H) dan waktu aerasinya.

Bak Aerasi

Bak Aerasi merupakan bagian terpenting dari proses *activated sludge*. Di dalam bak ini disediakan oksigen untuk memenuhi kebutuhan organisme dan untuk menjaga agar lumpur aktif ini selalu terlarut dalam *mixed liquor*.

Perencanaan ukuran bak aerasi melibatkan unsur-unsur periode aerasi, pembebanan *BOD* per unit volume, perbandingan makanan dengan mikroorganisme dan lamanya lumpur diendapkan.

Periode aerasi dihitung sama dengan lamanya waktu tahan pada bak sedimentasi primer. Periode aerasi ini bervariasi antara 4 sampai 8 jam.

Sistem Aerasi

Sistem Aerasi yang paling umum adalah difusi di bawah permukaan (*subsurface diffusion*) dan aerasi secara mekanis (*mechanical aeration*).

Pada sistem difusi udara, udara disemprotkan dari dasar bak dekat dengan salah satu sisi dinding bak. Ini menyebabkan isi bak berputar karena adanya efek udara naik. Kontak antara udara dan larutan yang sempurna dan waktu kontak yang lebih lama menunjukkan sistem yang baik. Alat-alat difusi (*diffusion device*) mempengaruhi gelembung udara yang terjadi, seperti alat difusi dengan lubang besar menghasilkan gelembung yang besar pula dibandingkan dengan plat berlubang atau tube berlubang. Gelembung udara yang besar menghasilkan luas permukaan untuk terjadinya kontak antara udara larutan yang lebih kecil. Namun dalam pemakaian diffuser gelembung udara yang halus, banyak terjadi penyumbatan sehingga mempengaruhi efisiensi kerja.

Alat aerasi secara mekanis yang cukup umum adalah *floating* atau *fixed bridge aerators*. Penggunaan pisau lempengan (*blade*) untuk menggerakkan permukaan dan melarutkan gelembung udara dalam larutan. Sistem lain menggunakan udara bertekanan dan peralatan mekanis untuk memasukkan gelembung tersebut.

Pemilihan sistem aerasi berdasarkan efisiensi sistem, persediaan peralatan di lokasi dan biaya.

Bak Sedimentasi Akhir

Fungsi bak ini untuk memisahkan lumpur aktif yang baru terbentuk dengan air buangan yang sudah diolah. Secara praktek fungsi ini dapat berjalan baik bilamana lumpur dipertahankan dalam jumlah sekecil mungkin, atau bila lumpur yang dihasilkan kemudian dipisahkan dari air buangan dan dikembalikan lagi ke bak aerasi. Dengan kata lain, lumpur masuk sama atau hampir sama dengan lumpur keluar. Bila mana lumpur keluar lebih sedikit dari lumpur masuk, maka lumpur menjadi terlalu berat dan sukar dipompa dan bisa timbul keadaan anaerobik, karena timbulnya selimut lumpur. Keadaan demikian bisa diatasi bila lumpur kelebihan yang ada ke dalam bak langsung dipompa menuju ke pembuangan lumpur.

Di dalam bak ini terjadi pengendapan air buangan yang berasal dari bak aerasi. Air yang sudah jernih (*supernatant*) dialirkan sebagai *effluent* dari bangunan pengolahan. Lumpur, sebagian dialirkan kembali ke bak aerasi, dan sisanya dibuang. Bentuk bak ini bisa persegi maupun lingkaran. Bentuk yang sekarang umum dipakai adalah lingkaran.

Lumpur Balik

Umur lumpur (*sludge age*) merupakan parameter operasional yang berhubungan dengan perbandingan F/M. Waktu tinggal lumpur ini lebih lama dari pada periode aerasi, dinyatakan dalam hari. Dengan perkataan lain, air buangan mengalami aerasi dengan cepat dan hanya satu kali, sedangkan hasil berupa pertumbuhan biologis dan buangan organik beberapa kali dikembalikan ke bak aerasi dari bak sedimentasi akhir berkisar antara 20% sampai 40% untuk metode konvensional.

Keuntungan

1. Didapat effluent yang jernih tanpa bau.
2. Luas lahan yang diperlukan tidak besar dan panas yang timbul kecil
3. Tidak ada gangguan lalat
4. Biaya pembangunan rendah

Kekurangan

1. Sangat peka terhadap beban organik
2. Biaya operasional tinggi
3. Tidak fleksibel terhadap perubahan hidrolis
4. Menghasilkan cukup banyak lumpur.

2.7.3.b. *Stabilization ponds (kolam stabilisasi)*

Kolam Stabilisasi adalah semacam kolam air dangkal yang terdapat dalam suatu kolam tanah dengan bentuk tertentu dan dirancang untuk mengendalikan air buangan. Kolam-kolam ini berperan dalam pengendalian air buangan untuk daerah dengan pemukiman kecil dan daerah industri yang memproduksi aliran limbah organik.

Cara kerja :

Kotoran-kotoran yang terdapat dalam kolam stabilisasi tenggelam ke dasar kolam. Pada lapisan dasar, akumulasi kotoran dibusukkan oleh bakteri anaerobik. Didalam kolam ini berbagai jenis tumbuhan dan hewan mikroskopik memperoleh habitat yang sesuai dari keadaan sekelilingnya. Proses penguraian benda-benda organik dilakukan oleh bakteri dan protozoa, mereka berperan sebagai pemangsa primer. Pemangsa sekunder adalah protozoa, rotifer dan crustacean. Nutrisi yang dihasilkan dimanfaatkan oleh ganggang dan tumbuhan air lainnya. Oksigen

diperoleh dari fotosintesa dan udara yang terkandung di dalam air. Kualitas effluent yang dihasilkan sangat buruk dan tidak memenuhi standar EPA untuk kriteria pengolahan sekunder. Kolam stabilisasi digolongkan sebagai aerobik, anaerobik dan fakultatif. Penggolongan ini berdasarkan pada aktivitas biologis alamiah yang terjadi. Faktor-faktor desain seperti kedalaman, waktu penahanan, pemasukan jumlah organik dan kualitas effluen bervariasi pada ketiga jenis kolam ini.

Keuntungan

Biaya pembuatan kolam-kolam dan pengoperasiannya relatif rendah.

Kekurangan

1. Yang terutama adalah kebutuhan akan lahan sangat luas.
2. Kolam-kolam ini menimbulkan bau busuk dan mengundang serangga.
3. Kemungkinan terjadinya kontaminasi air tanah.
4. Kualitas effluent yang tidak baik.

2.7.3.c *Aerated lagoon*

Aerated Lagoon atau kolam aerasi adalah suatu kolam dalam tanah yang dilengkapi dengan reaktor namun tak ada proses pengembalian lumpur. Untuk keperluan aerasi dan kebutuhan oksigen umumnya digunakan aerator mekanis. Waktu penahanan berkisar antara 2 – 6 hari memungkinkan pembentukan nitrat yang diperlukan. Temperatur yang tinggi dan pemberian organik yang lebih sedikit dapat mendorong terjadinya proses nitrifikasi ini. Disain untuk kolam ini serupa dengan *activated sludge*, hanya pada kolam ini tidak ada proses pengembalian lumpur. Karena tidak adanya bak pengendapan, maka konsentrasi zat padat tersuspensi pada effluen cukup tinggi. Walaupun *aerated lagoon* ini didisain sebagai reaktor pencampur sempurna, tetapi masih dapat tersisa sejumlah endapan di beberapa bagian terpisah di kolam itu. Untuk mendapatkan effluen dengan mutu standar pengolahan sekunder maka pada kolam aerasi ini harus ditambahkan kolam pengendapan.

2.7.3.d *Trickling filter*

Trickling filter adalah pengolahan biologis dengan mempergunakan bak dangkal berisi batu-batuan kerikil atau media sintesis. Air buangan dialirkan melewati batu-batuan atau media tersebut dengan menggunakan sistem distribusi oleh rotasi kitiran. Media tersebut terlapisi oleh mikroorganisme yang berfungsi memindahkan atau membuang organik-organik yang ada dalam air buangan. Dibagian bawah bak terdapat sistem underdrain yang berfungsi untuk mengumpulkan air yang menetes yang mengandung benda-benda biologis yang terlepas dari media. Sirkulasi udara melalui pori-pori menghasilkan aliran udara yang disebabkan perbedaan suhu. Tetesan air dan benda biologis yang lepas tersebut mengendap pada dasar bak pengendap. Sebagian aliran dikembalikan untuk memberikan beban hidrolis yang seragam dan mencairkan effluent.

Golongan *trickling filter* terbagi berdasarkan pembebanan hidrolis dan banyaknya organik. Untuk air buangan yang sangat kotor digunakan dua tahap (*two stage trickling filter*).

Keuntungan

1. Mampu membersihkan sendiri
2. Tidak terpengaruh oleh fluktuasi pembebanan organik maupun hidrolis.
3. *Trickling filter* yang beroperasi pada kecepatan normal mampu menghilangkan beban BOD, bakteri dan bahan padat dengan efektif.

Kekurangan

1. Biaya konstruksi tinggi
2. Filter banyak mengundang lalat namun bisa diatasi dengan menutupi filter dengan plastik.
3. Perlu adanya pengendapan akhir.
4. Memerlukan material filter cukup banyak dan juga luas lahan yang cukup besar.

2.7.3.e. *Rotating biological contactor (RBC)*

RBC terdiri dari satu seri piringan plastik yang terpasang secara radial pada batang yang dapat berotasi, membentuk media silinder. Batangan ini ditempatkan pada bak sehingga kurang lebih 40% dari media tenggelam dalam

air. Piringan ini disusun dengan jarak tertentu sehingga dapat dilalui oleh air buangan dan udara. Pertumbuhan biologis dikembangkan pada piringan-piringan (*contactors*) tersebut dimana organik dan udara memperoleh sinar matahari bergiliran. Kelebihan pertumbuhan mikroorganisme kemudian dibuang, karena itu maka effluent memerlukan adanya penjernihan. Jika dibandingkan dengan proses activated sludge, RBC ini memerlukan energi lebih sedikit, proses stabilisasi lebih besar, perlu lebih banyak organik dan jumlah buangan lumpur lebih sedikit.

2.7.4. Pengolahan Tersier

Pengolahan tersier dipakai apabila menginginkan pengurangan konsentrasi bahan-bahan anorganik dan organik atau pencemaran tertentu dalam air buangan sampai di bawah konsentrasi yang telah dicapai melalui pengolahan primer dan sekunder atau untuk menyiapkan air agar dapat digunakan kembali. Bahan-bahan organik dalam air buangan ini menyebabkan air buangan memiliki warna asli (*true colour*) sedangkan warna yang disebabkan oleh kekeruhan air disebut dengan warna semu.

Proses pengolahan tersier ini bisa berupa fisika, kimia, biologi atau kombinasi proses-proses ini antara lain :

1. Oksidasi (*oxidation*)
2. Karbon adsorpsi (*carbon adsorption*)
3. Koagulasi (*coagulation*)

Oksidasi

Penghilangan warna dengan cara oksidasi dilakukan dengan menggunakan klor aktif. Klor aktif dapat ditemukan dalam kaporit. Hal-hal yang mempengaruhi pengolahan warna dengan cara oksidasi adalah :

- a. pH, pada pH asam oksidasi bekerja lebih aktif.
- b. Waktu, waktu praktis dan ekonomis adalah 1 jam, karena waktu setelah 1 jam reaksi berjalan lambat, dimana pada satu jam pertama waktu berjalan cepat.
- c. Dosis kaporit, penentuan dosis kaporit ditentukan dengan percobaan laboratorium untuk mendapatkan dosis yang optimum. Dengan dosis kaporit yang tinggi reaksi berjalan lebih cepat dan warna akhir yang didapat juga lebih rendah. Namun bila dosis terlalu tinggi, sisa klor yang tertinggal menjadi

tinggi memerlukan pengolahan lagi untuk menghilangkannya dengan cara aerasi atau adsorpsi.

Kekurangan dengan cara oksidasi :

- a. Waktu reaksinya paling sedikit 1 jam.
- b. Timbulnya sisa klor yang tinggi pada dosis klor tinggi menyebabkan adanya batas maksimum dosis klor. Sisa klor yang tinggi dapat dihilangkan dengan peralatan dan bahan kimia yang mahal.
- c. Adanya batas maksimum dosis klor, maka ada batas maksimum penghilangan warna (tidak dapat mencapai 100%).
- d. Biaya pengolahan mahal.

Karbon Adsorpsi

Pengolahan terjadi dengan adanya penahanan zat-zat organik pada permukaan karbon. Metode yang umum digunakan sekarang adalah *granulated activated carbon column*. Air buangan disaring melalui kolom sampai kolom tersebut penuh dengan bahan-bahan organik. Waktu kontak yang diperlukan untuk metode ini 1 jam, setelah 1 jam penurunan warna menjadi lambat. Karbon aktif dapat menghilangkan bakteri dan virus secara efektif.

Peralatan pada pengolahan ini adalah :

- kolom karbon
- butiran karbon aktif
- pompa dan pipa untuk penyediaan dan *backwash*

Kekurangan yang dijumpai dengan menggunakan *active carbon powder* :

- waktu kontak atau adsorpsi maksimum 1 jam, setelah 1 jam penurunan warna lambat.
- Dosis tinggi untuk mendapatkan sisa warna yang rendah menyebabkan harga pengolahan menjadi tinggi.
- Perlu penyaringan setelah proses adsorpsi

Koagulasi

Mekanisme pengolahan secara koagulasi untuk penghilangan warna menyangkut :

- partikel-partikel koloid yang telah dinetralkan muatan listriknya oleh bahan kimia (aluminium sulfat) mengalami penggumpalan membentuk flok.

- Selanjutnya terjadi proses penyeretan partikel-partikel yang belum terkoagulasi yaitu flok-flok menyelubungi partikel-partikel koloid.

Keuntungan / Kekurangan cara ini :

- dapat dipakai pada proses penjernihan secara umum dengan hanya menambahkan alat pembubuh dan *rapid mixing* kalau perlu.
- Penambahan kimia menyebabkan proses menjadi mahal.

2.7.5. Pengolahan dan Pembuangan Lumpur

Teknik pengolahan lumpur tergantung pada tipe, ukuran dan lokasi dari bangunan pengolahan air kotor. Unit-unit operasi yang dipakai pada pengolahan serta metode pembuangan lumpur akhir. Sistem yang dipilih harus dapat menerima lumpur yang dihasilkan dan secara ekonomis merubahnya menjadi produk yang dapat dibuang, dengan kata lain diterima oleh lingkungan tersebut dengan baik.

Metode-metode pembuangan lumpur adalah :

1. Penguburan Dalam Tanah (*Shallow Burial*)

Saluran-saluran dangkal (ukuran lebar 0,9 m dan kedalaman 0,6 m) dibentuk dalam baris paralel dengan jarak interval 0,9 – 1,5 m. Lumpur basah ditempatkan di dalam saluran tersebut, bila telah kering segera ditutup dengan lapisan tanah yang tipis. Setelah kurang lebih satu bulan, tanah dibajak dan dapat ditanami tanaman. Kelemahan metode ini adalah memerlukan lahan yang luas.

2. Lagooning

Dibuat tanah dengan kedalaman 0,6 – 1,2 m. Dasar galian diberi lapisan abu setebal 15 cm dan dipasang lubang-lubang drainasi bawah tanah. Setelah lumpur kering (2 – 6 bulan), sebagian dari volume lumpur dapat diambil dan dipakai sebagai pupuk. Kekurangan metode ini adalah menimbulkan bau dan lalat, sehingga tidak cocok untuk instalasi dengan pemukiman.

3. Pengeringan Lumpur

Proses pengeringan lumpur ada berbagai macam, *vacuum filtration*, *centrifugation* dan *heat drying*. Proses ini adalah pengeringan lumpur

secara mekanis sampai kadar air lumpur turun 50% dan volume berkurang menjadi 20%. Lumpur kering dapat digunakan untuk penimbunan daerah-daerah yang rendah. Metode ini cukup mahal instalasinya.

4. *Sludge Drying Bed*

Pada metode ini lumpur dikeringkan secara terbuka. Lumpur basah dijemur di atas lapisan pasir (*sand beds*) untuk dikeringkan secara terbuka. Sebagian air diuapkan dan sisanya dengan proses perkolasi ke dalam lapisan pasir, menyusup ke saluran-saluran drainase bawah tanah untuk diresirkulasi ke *ditch*. *Drying beds* terdiri dari beberapa lapis pasir, dengan urutan dari atas ke bawah :

- a. Lapisan pasir kasar antara tebal 15 – 31 cm
- b. Lapisan pasir halus dengan tebal 7,5 cm
- c. Lapisan kerikil antara tebal 20 – 30 cm

Ketebalan lumpur di atas *beds* antara 20 – 30 cm. Sebagai perlindungan terhadap hujan dan untuk mengurangi lalat, dibangun rumah kaca di atas bed. Setelah \pm 7 – 10 hari lumpur kering dapat diangkat dan dapat digunakan sebagai pupuk atau untuk menimbun daerah yang rendah.

2.7.6. Pompa

Pompa adalah alat untuk memindahkan air bersih atau air buangan atau lumpur dari satu tempat ke tempat yang lain, biasanya dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi.

Macam pompa yang dapat dipakai untuk jenis air buangan adalah :

1. Pompa Sentrifugal

Pompa ini terdiri dari selubung (*pump casing*) dengan sebuah impeler (bagian yang berputar) di dalamnya yang terpasang shaft, pada shaft ini diberikan tenaga sehingga impeler berotasi. Jenis pompa *centrifugal* dibedakan atas jenis alirannya, yaitu : aliran aksial (*axial flow*), aliran radial (*radial flow*) dan aliran campuran (*mixed flow*).

- a. Pompa *Centrifugal* aliran aksial. Pada pompa ini cairan memasuki dan meninggalkan impeler secara aksial. Pompa ini biasanya digunakan untuk memompa air limbah yang tidak terlalu kotor

(*treatment plants effluent*) dalam jumlah yang besardan tinggi angkat yang rendah. Karakteristik pompa ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

- i. Kapasitas : $> 630 \text{ lt/det}$
 - ii. Tinggi angkat : 9 m (maksimum)
 - iii. Efisiensi : $80 - 90 \%$
- b. Pompa *Centrifugal* Aliran Radial. Pada pompa ini cairan memasuki impeler secara radial melalui *suction nozzle casing*. Pompa ini dapat digunakan untuk air limbah yang cukup kotor dengan tingkat angkat yang besar. Karakteristik pompa ini adalah :
- i. Kapasitas : $6 - 180 \text{ lt/det}$
 - ii. Tinggi angkat : $8 - 30 \text{ m}$
 - iii. Efisiensi : $65 - 85\%$
- c. Pompa *Centrifugal* Aliran Campuran. Pada pompa ini cairan memasuki impeler secara aksial dan dialirkan keluar dengan arah campuran antara aksial dan radial. Pompa ini dapat digunakan untuk memompa air limbah yang cukup kotor dengan tinggi angkat yang besar. Karakteristik pompa ini adalah :
- i. Kapasitas : $12 - 630 \text{ lt/det}$
 - ii. Tinggi angkat : $15 - 30 \text{ m}$
 - iii. Efisiensi : $70 - 90 \%$

Keuntungan pompa centrifugal adalah :

- a. Kamampuan dan ketahanan tinggi
- b. Biaya initial dan pemeliharaan rendah, konstruksi dan operasi sederhana.
- c. Ringkas, ringan dan keperluan tempat kecil
- d. Cocok dengan tenaga uap ataupun listrik
- e. Dapat menangani air berpasir maupun lumpur

Kekurangannya :

- a. Tidak cocok untuk tekanan tinggi dan kuantitas rendah (dalam hal ini pompa *reciprocating* lebih sesuai).
- b. Perlu priming.

2. *Air Lift Pump*

Jenis pompa ini dapat mengangkat air dari sumur dalam. Pompa bekerja berdasarkan udara tertekan. *Air lift pump* dapat mengangkat air dari kedalaman 60 sampai 150 meter. Prinsip kerjanya adalah dengan cara mencampur air dengan udara, densitas dari campuran ini menjadi berkurang dari pada air itu sendiri. Keuntungan :

- a. Dapat mengangkat air dalam volume besar dari sumur dengan diameter yang kecil.
- b. Dapat mengangkat air yang berpasir, berlumpur dan air buangan.
- c. Mudah dalam perawatan.

Kekurangan :

- a. Pemompaannya tidak bisa bervariasi sesuai dengan kebutuhan.
- b. Hanya untuk pemompaan secara horizontal.
- c. Efisiensi rendah
- d. Tidak cocok untuk kedalaman rendah

3. Pompa Uliran (*Screw Pump*)

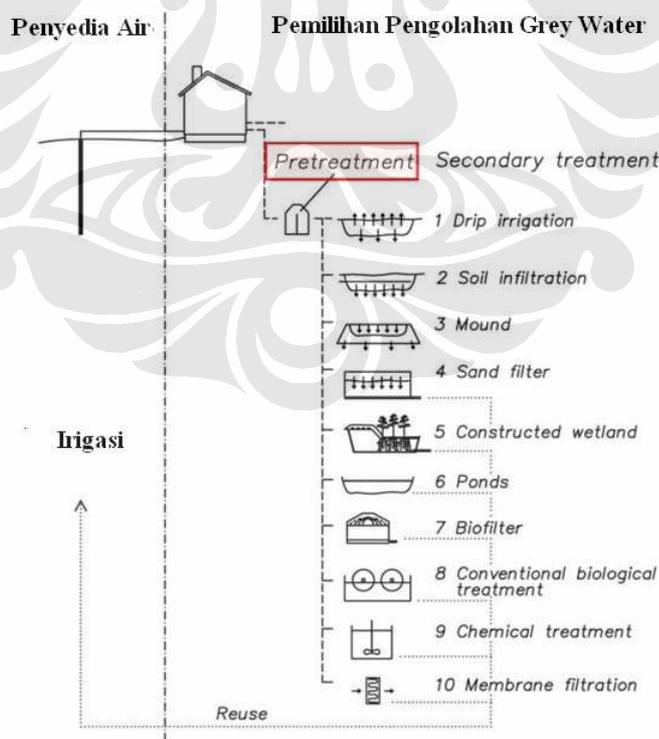
Pompa uliran terdiri dari uliran plat baja dengan satu atau lebih sumbu (jalan), yang masing-masing berputar dalam satu saluran terbuka yang menutupi sebagian uliran. Jumlah aliran yang dapat dibawa oleh pompa uliran antara lain tergantung dari diameter uliran, jumlah sumbu ulir dan jumlah putaran yang biasanya $\pm 20 - 80$ putaran /menit. Tinggi angkatnya tergantung dari panjang pompa uliran. Pompa uliran biasanya digunakan untuk mengangkat air yang sangat kotor dalam jumlah besar pada tinggi angkat yang rendah. Secara ringkas karakteristik pompa uliran, sebagai berikut :

- a. Diameter uliran : $0,3 - 3 \text{ m}$
- b. Sudut kemiringan : $30^\circ - 38^\circ$
- c. Kapasitas : $10 - 3200 \text{ lt/det}$
- d. Tinggi angkat : 9 meter
- e. Efisiensi : 85 %

2.8 Teknologi Pengolahan Grey Water Saat Ini

Secara keseluruhan dasar metode pengolahan *grey water* yang telah ada sekarang ini adalah sama secara prinsip dengan pengolahan *wastewater* (*grey water* + *black water*), dimana pada pengolahan *grey water* ini dapat terbagi dalam 2 tahap, yaitu :

- a. *Pre-treatment*, berupa unit pemisah zat padatan dan cairan biasanya dengan cara sistem gravitasi, flotasi (pengapungan), penyaringan. Pengolahan ini dibuat agar menghindari penyumbatan pada sistem pengolahan berikutnya. Unit bangunannya berupa *septic tank*, bak pengendap, sistem penyaring (seperti *filter bags*) dan *mulch beds*..
- b. *Secondary treatment*, pengolahan ini cenderung menerapkan konsep yang hemat energi, tidak menggunakan zat kimia dan menggunakan lahan yang tidak terlalu luas dibanding dengan sistem konvensional. Pengolahan sistem ini berupa : *drip irrigation*, infiltrasi tanah, *mounds*, *sand filter*, lahan basah buatan (*constructed wetland*), biofilter, pengolahan biologis konvensional, pengolahan kimia dan *membrane filtration*.



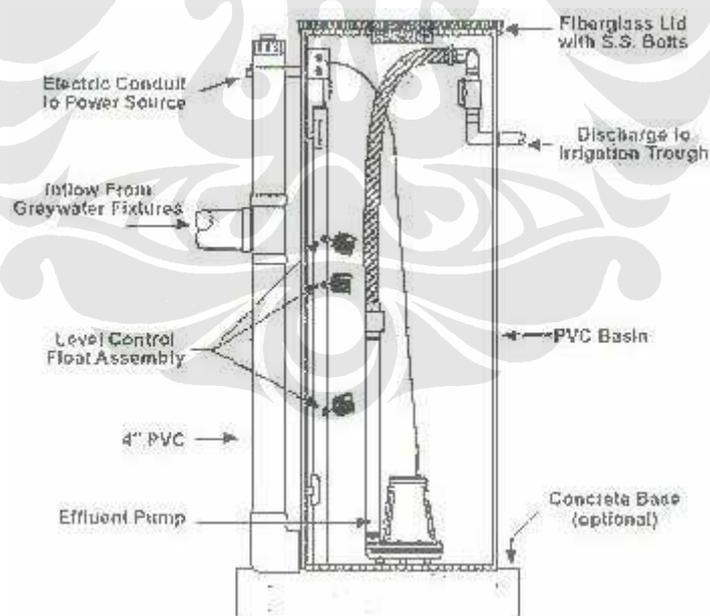
Gambar 2.10. Berbagai pilihan metode yang dapat mengolah *grey water*

Aplikasi teknologi pengolahan yang banyak tersedia secara komersil, beberapa sistem ini juga dapat menghilangkan polutan dan bakteri dari limbah *grey water*. Di bawah ini terdapat aplikasi teknologi dari pengolahan *grey water* adalah sebagai berikut :

2.8.1 *Diversion Valves*

Perlengkapan *diversion* ini merupakan metode *grey water* yang umum dan sederhana. Peralatan *diversion* tidak mengolah secara langsung dari sumber *grey water*. Peralatan ini mengalihkan *grey water* secara langsung tanpa diolah khususnya yang berasal dari *light-grey water* hingga sistem irigasi. Aplikasi teknologi *diversion*, di antaranya :

- a. Clivus Multrum, terdiri dari bak pengukur (*dosing basins*), pompa *effluent*, pengatur tinggi air dan penutup bak irigasi. Aliran *grey water* masuk pada bak pengukur dan pada waktu alirannya sudah cukup tinggi pada bak tersebut kemudian akan dikeluarkan dengan pompa.



Gambar 2.11. Clivus Multrum Dosing Basin

Sumber : <http://www.clivusmultrum.com/greywater.html>

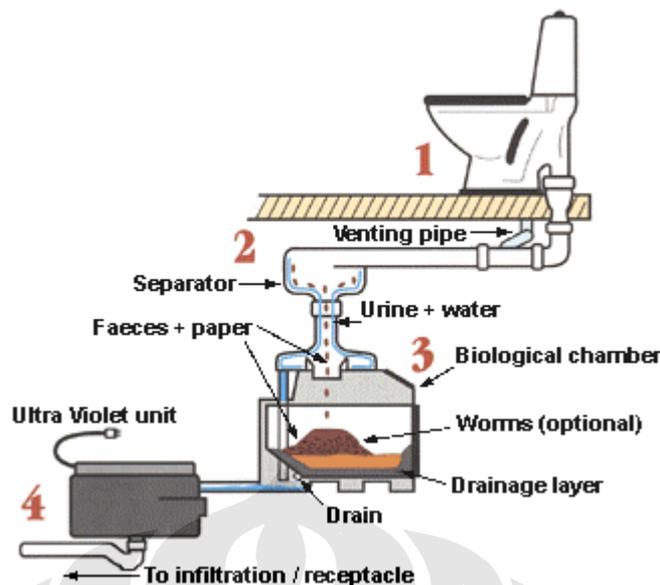
- b. *Envirosink*, terdiri dari sebuah corong plastik putih yang mengalirkan aliran *grey water* padanya secara langsung pada sistem *grey water*. Corong ini secara khusus dipasang di atas lubang bak pencuci piring.



Gambar 2.12 *Envirosink* (dengan corong putih)

Sumber : <http://www.joneakes.com/ca/hs/cgibin/getdetailscahs.cgi?id=1975>

- c. *Aquatron Separator*, merupakan dapat digunakan bersama toilet standar (volume siramnya 3 – 6 liter) atau toilet khusus dimana urine secara mekanis dialihkan dari air bilasan dan limbah padat pada *bowl* (mangkuk). Saat toilet dibilas isi dari *bowl* tersebut dibawa ke *aquatron separator*, dimana zat padat dipisahkan dari cairannya menggunakan dorongan air bilasan, gaya sentrifugal dan gravitasi. Limbah padat (baik berupa feces atau kertas) turun ke dalam Bio-Chamber, dimana zat padat diurai oleh bakteri dan cacing. Kira-kira 300 cacing berada dalam Bio-Chamber untuk memulai prosesnya.



Gambar 2.13. *Aquatron Separator*

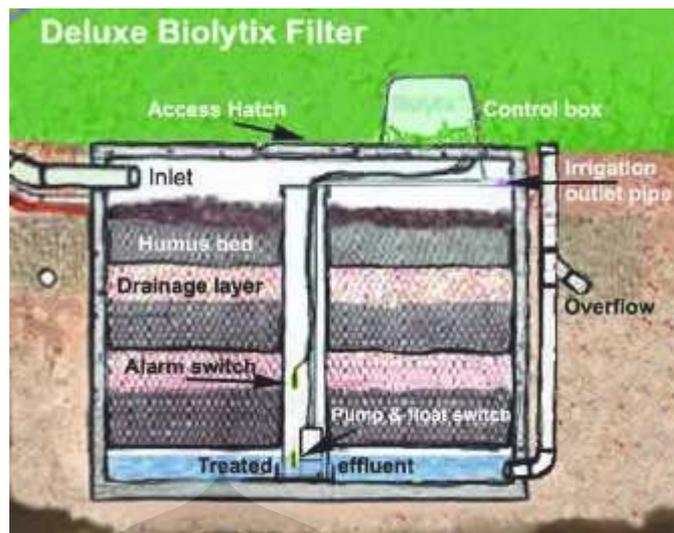
Sumber : www.aquatron.se/start.au.html

2.8.2 Sand Filters

Sand filters biasanya terdiri dari lapisan pasir atau beberapa kasus serbuk-serbuk kulit kayu atau jerami, yang menangkap dan menyerap kontaminan partikel organik pada aliran *grey water* yang melaluinya. Contoh aplikasi teknologi ini adalah :

- a. *Nature Clear* atau *Nature Loo*, terdiri dari tangki filtrasi, volumenya hanya 1 m³ dimana diisi dengan lapisan kulit kayu (*pine bark*) pada bagian atas saringan pasir halus. *Pine bark* memberikan penyaringan kasar partikel-partikel besar seperti partikel lemak atau serat kain dari cucian. Saringan pasir ini menangkap partikel lebih halus dan mengurangi kandungan organik *grey water*.
- b. *Biolytix*

Saringan *biolytix* memisahkan zat organik dari *grey water* dan memungkinkan mikroorganisme-mikroorganisme mencerna zat organik yang ditangkap melalui saringan. Lapisan saringan mengumpulkan material organik pada lapisan atas, membiarkan air tersaring ke bawah kemudian dipompakan dari dasar dan dapat langsung digunakan.



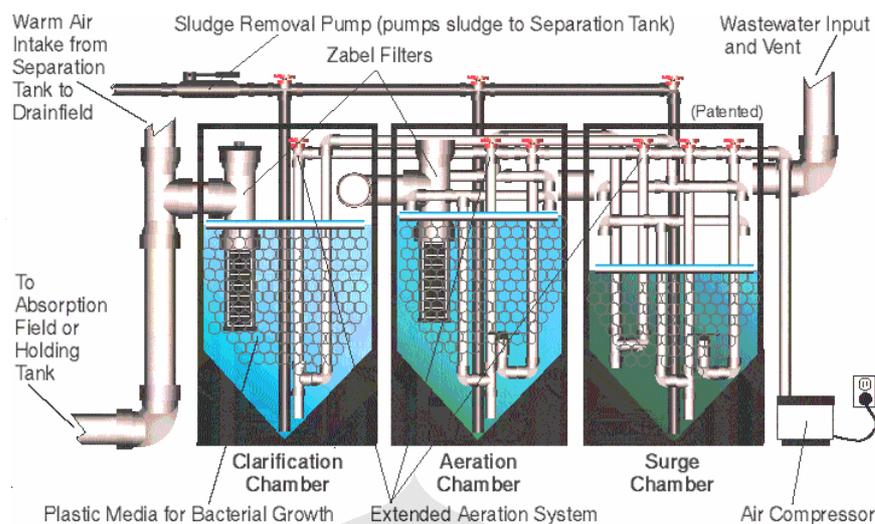
Gambar 2.14. Penyaring *Biolytix*

Sumber : <http://www.biolytix.com/filtration>

2.8.3 Sistem Pengolahan *Aerobic Biological*

Proses aerasi *grey water* memudahkan proses pengolahan *aerobic biological* secara karakteristiknya menghasilkan kualitas effluent yang lebih tinggi daripada yang melalui *slow sand filtration*. Proses ini *grey water* dialirkan dalam tangki dimana di dalamnya terdapat gelembung udara dari transfer oksigen dan keberadaan bakteri menurunkan *dissolved oxygen* dan menguraikan zat organik.

- a. Sistem pengolahan *grey water* Equaris, merupakan proses lumpur aktif dimana *grey water* dialirkan sebuah rangkaian tangki-tangki termasuk sebuah tangki bertekanan (*surge tank*) untuk kontrol aliran, sebuah tangki aerasi untuk mencerna material organik pada kondisi aerob dan sebuah tangki pengurai untuk mengendapkan hasil uraian bakteri pada tangki aerasi dan menghantarkan kembali endapan *biosolids* pada *surge tank*.



Gambar 2.15. Sistem pengolahan *Grey Water Equaris*

Sumber : www.alascanofmn.com/default.asp?Page=Wastewater

- b. Teknologi Copa MBR, merupakan proses pengolahan biologis secara aerob yang bergabung dengan lapis selaput Kubota datar dan tipis dalam sebuah tangki *stainless steel* yang dipilih untuk . Panel membran memiliki sebuah ukuran pori 0,1 - 0,4 μ yang pada pengoperasiannya menjadi penutup.



Gambar 2.16. Lapis selaput Kubota

Sumber : www.copa.co.uk/products/mbr/default.asp

2.8.4 Koagulasi dan Flokulasi

Dalam hal ini membahas hanya mengenai elektro koagulasi merupakan proses koagulasi yang melibatkan penambahan ion-ion logam dalam elektroda *grey water*. Ion-ion ini menggumpalkan kontaminan dalam air demikian pula pada koagulasi dengan zat kimia seperti alumunium dan Ferri klorida, memungkinkan mereka menjadi lebih mudah dihilangkan

dengan pengendapan dan flotasi. Contoh aplikasi dari metode adalah sistem *electropure*, dengan menggunakan elektroda untuk menghantarkan arus listrik melalui *grey water* ke dalam sebuah reaktor besar melepas ion-ion logam dan gelembung udara.

2.8.5 Desinfeksi

Desinfeksi dapat menggunakan klor, ozon atau sinar ultraviolet. Metode desinfeksi yang umum dan sederhana adalah klorinasi, biasa menggunakan sodium hipoklorit "*pucks*" sejenis desinfektan untuk kolam renang.

