

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sifat-Sifat Air Limbah

Pengetahuan tentang kandungan dan sifat-sifat air limbah perlu diketahui terlebih dulu sebelum menentukan metode pengolahan yang akan diterapkan. Air limbah domestik dibedakan menjadi 3 jenis sifat, yaitu (Sugiharto, 1987: 22):

2.1.1. Sifat fisik air limbah

Penentuan derajat pengotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adapun sifat fisik air limbah yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika, kejernihan, bau, warna dan juga temperatur (Sugiharto, 1987: 21). Sekitar 40% dan bahan padat yang ada pada kebanyakan air limbah berada dalam keadaan terapung. Beberapa bagian dan bahan padat akan mengendap cepat sekali, tetapi yang berukuran koloidal akan mengendap perlahan-lahan atau sama sekali tidak mengendap (Linsley, Ray K., 1991: 248). Warna merupakan ciri kualitatif yang dapat dipakai untuk mengkaji kondisi umum air limbah. Ciri lain adalah berupa bau, air limbah menimbulkan berbagai senyawa berbau yang dilepas saat air limbah terurai secara biologis pada kondisi anaerobik. Ciri fisik berupa suhu air limbah sangat penting sebab umumnya instalasi pengolahan air limbah meliputi proses-proses biologi yang tergantung pada suhu air limbah yang terdapat di lokasi (Linsley, Ray K., 1991: 250).

2.1.2. Sifat kimia air limbah

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Lebih berbahaya jika bahan kimia termasuk golongan bahan kimia beracun. Bahan kimia yang sering terdapat di air limbah domestik antara lain sebagai berikut (Sugiharto, 1987: 23):

1. Bahan organik

Kandungan bahan organik dalam air limbah domestik berisikan 40-60% adalah protein, 25-50% berupa karbohidrat serta 10% lainnya berupa lemak atau minyak. Urea sebagai kandungan bahan terbanyak di dalam urine merupakan bagian lain yang penting dalam bahan organik, sebab urea dapat terurai secara cepat di dalam air limbah (Sugiharto, 1987: 25). Jasad renik dalam air limbah akan mengoksidasi bahan organik menjadi energi dan bahan buangan lainnya serta gas. Bahan organik + O₂ → CO₂ + NH₃ + energi + bahan buangan dan bakteri baru.

Kandungan bahan organik merupakan kombinasi dari karbon, hidrogen, dan oksigen bersama-sama dengan nitrogen serta elemen penting lainnya seperti belerang, fosfor dan besi. Jika bahan organik yang belum diolah dan dibuang ke badan air, maka bakteri akan menggunakan oksigen untuk proses pembusukannya. Komponen yang termasuk di dalam bahan organik digolongkan sebagai berikut (Sugiharto, 1987: 26):

➤ Protein

Protein merupakan kandungan utama dari makhluk hidup. termasuk juga di dalamnya tanaman dan binatang bersel satu. Asam amino merupakan bahan penyusun protein dan bersifat amfoter, artinya mempunyai sifat asam maupun sifat basa, protein merupakan penyebab utama terjadinya bau akibat proses pembusukan dan penguraiannya.

➤ Karbohidrat

Karbohidrat merupakan persenyawaan gula dan pati yang secara kimia disebut polihidroksi aldehida dan polihidroksi keton. Gula akan terurai melalui enzim dari bakteri dan jamur sehingga menimbulkan proses fermentasi dan menghasilkan alkohol dan CO₂.

➤ Lemak atau minyak

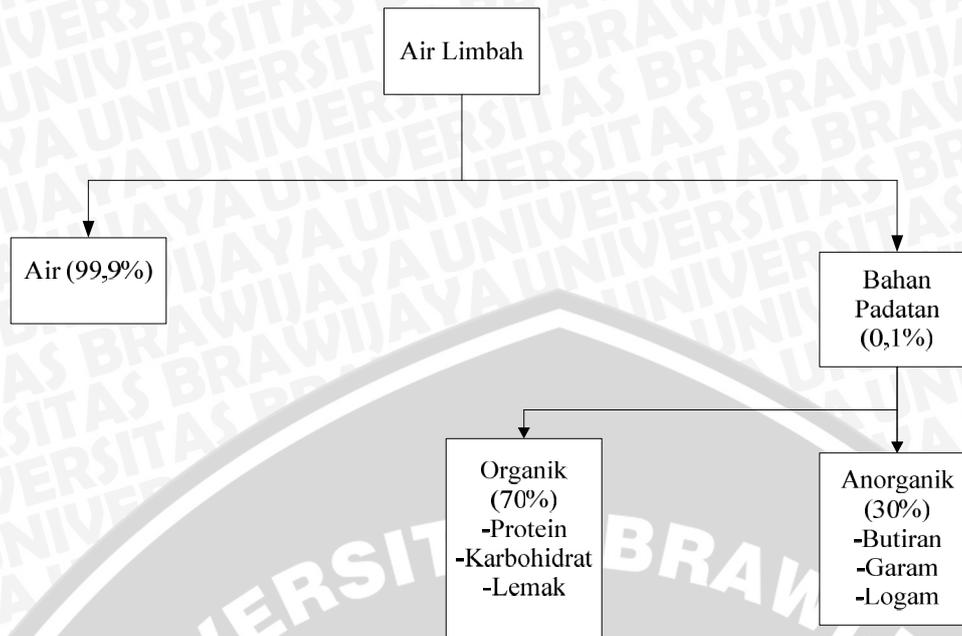
Lemak atau minyak merupakan suatu senyawa ester, yaitu ester antara gliserol dengan karboksilat rantai panjang yang disebut asam lemak. Dalam lemak terdapat lebih banyak asam lemak jenuh sedangkan dalam minyak terdapat lebih banyak asam lemak tidak jenuh. Efek buruk lemak adalah dapat menyumbat saluran air limbah dan pada bangunan pengolahan. Kadar lemak sebesar 15-20 mg/l adalah batas yang bisa ditolerir apabila lemak berada dalam air.

➤ Deterjen atau *Surfactant*

Deterjen adalah golongan dari molukul organik yang dipergunakan sebagai pengganti sabun untuk pembersih supaya mendapatkan hasil yang lebih baik. Bahan dasar deterjen adalah minyak nabati atau minyak bumi. Deterjen menimbulkan buih dan selama proses aerasi buih tersebut berada di atas permukaan gelembung udara dan biasanya relatif tetap. Penghasil utama dari deterjen adalah air limbah yang berasal dari rumah tangga dan permukiman.

2. Bahan anorganik

Jumlah kandungan bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh formasi geologis air limbah berasal. Komponen yang termasuk di dalam bahan anorganik yang terdapat pada air limbah adalah ph, kebasaaan, klorida, nitrogen, fosfor, sulfur, logam berat, metan, dan belerang.



Gambar 2.1. Komposisi limbah domestik.
Sumber: Sugiharto, 1987: 16.

3. Gas-gas

Gas-gas terdapat di dalam air, oksigen (O_2) adalah gas penting. Oksigen terlarut selalu diperlukan untuk pemanfaatan mikroorganisme aerob dan kehidupan lainnya. Apabila oksigen berada pada nilai ambang yang rendah, maka bau-bauan yang berbahaya akan dihasilkan sebab unsur karbon berubah menjadi metan termasuk CO_2 , sulfur. Belerang berubah menjadi amonia (NH_3) atau teroksidasi menjadi nitrit. Batas keadaan normal bahan mineral yang ada di dalam air limbah rumah tangga sebagai berikut (Sugiharto, 1987: 34):

Tabel 2.1. Kandungan bahan mineral di dalam limbah rumah tangga.

No.	Bahan mineral yang ada	Keadaan normal (ppm)
1.	Zat padat terlarut	100-300
2.	Boron (B)	0,1-0,4
3.	Sodium (persen)	1-15%
4.	Sodium (Na)	40-70
5.	Potassium (K)	7-15
6.	Magnesium ($Mg CO_3$)	15-40
7.	Kalsium ($Ca CO_3$)	15-40
8.	Nitrogen total (N)	20-40
9.	Fosfat (PO_4)	20-40
10.	Sulfat (SO_4)	15-30
11.	Klorid (Cl)	20-50
12.	Kesadahan total ($CaCO_3$)	100-150

Sumber: Walton P, 1980.

2.1.3. Sifat biologis air limbah

Kandungan biologis dalam air limbah sebagian besar berupa protista dan virus yang banyak berasal dari air limbah rumah tangga selain binatang dan tumbuh-tumbuhan yang dapat muncul pada saluran terbuka dan bangunan pengolahan. Protista digolongkan berdasarkan hewan bersel satu berkemampuan hidup sendiri dan dapat membuat sel-sel baru sebagai proses regenerasi. Virus tergolong atas dua yaitu sel dan juga nonsel, kandungan biologis diperlukan memperkirakan tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan sungai. Dalam air limbah banyak terdapat bakteri patogen dan air limbah dapat menjadi media penular berbagai penyakit terhadap kesehatan manusia, biasanya untuk mendapatkan kualitas pengolahan tertentu, akan digunakan desinfektan atau pembunuh kuman untuk menghilangkan bakteri patogen. Komponen biologis pada air limbah terdiri dari bakteri, jamur, ganggang, protozoa, rotifera, krustacea, dan virus (Sugiharto, 1987: 35).

2.2. Air Limbah Rumah Tangga

Sumber utama air limbah rumah tangga dari masyarakat adalah berasal dari perumahan dan daerah perdagangan. Untuk daerah tertentu banyaknya air limbah dapat diukur secara langsung (Sugiharto, 1987: 10).

2.2.1. Daerah perumahan

Untuk daerah perumahan yang kecil aliran air limbah biasanya diperhitungkan melalui kepadatan penduduk dan rata-rata per orang dalam membuang air limbah. Besarnya air limbah dari daerah hunian sebagai berikut (Sugiharto, 1987: 11).

Tabel 2.2 Rata-rata aliran air limbah dari daerah permukiman.

No.	Sumber	Unit	Jumlah air limbah (liter/unit/hari)	
			Antara	Rata-rata
1	Apartemen	Orang	200-300	260
2	Hotel	Orang	150-220	190
3	Tempat tinggal keluarga:			
	Rumah pada umumnya	Orang	190-350	280
	Rumah yang lebih baik	Orang	250-400	310
	Rumah mewah	Orang	300-550	380
	Rumah agak modern	Orang	100-250	200
	Rumah pondok	Orang	100-240	190
4	Rumah gandengan	Orang	120-200	150

Sumber: Sugiharto, 1987: 11.

Untuk daerah yang luas perlu jumlah aliran air limbah dengan dasar penggunaan daerah, kepadatan penduduk, serta ada atau tidaknya daerah industri.

2.2.2. Daerah perdagangan

Aliran air limbah yang berasal dari daerah perdagangan secara umum dihitung dalam meter kubik per hektar/hari didasarkan pada data perbandingan. Jumlah air limbah dari daerah perdagangan sebagai berikut (Sugiharto, 1987: 12).

Tabel 2.3. Rata-rata aliran air limbah dari daerah perdagangan.

No.	Sumber	Unit	Jumlah air limbah (liter/unit/hari)	
			Antara	Rata-rata
1	Lapangan terbang	Penumpang	8-15	10
2	Pusat perbaikan kendaraan	Kendaraan	30-50	40
		Pekerja	35-60	50
3	Bar	Langganan	5-20	8
		Pekerja	40-60	50
4	Hotel	Tamu	150-220	190
		Pekerja	30-50	40
5	Gedung perusahaan	Pekerja	35-65	55
6	Tempat pencucian	Mesin	1800-2600	2200
		Pakaian	180-200	190
7	Motel	Orang	90-150	120
8	Motel dan dapur	Orang	190-220	200
9	Kantor	Pekerja	30-65	55
10	Rumah makan	Pengunjung	8-15	10
11	Rumah sewaan	Penghuni	90-190	150
12	Toko	Pekerja	30-50	40
		Km.mandi	1600-2400	2000
13	Pusat perbelanjaan	Pekerja	30-50	40
		Parkir	2-8	4

Sumber: Sugiharto, 1987: 12.

2.3. Ambang Batas Pencemar

Air limbah setelah melalui proses pengolahan akan dialirkan ke dalam badan air penerima, misalnya sungai atau danau. Kemampuan tertentu untuk menerima limbah berdasarkan peruntukannya disebut ambang batas pencemar. Nilai atau besarnya ambang batas pencemar ditetapkan sebagai standar baku mutu air limbah. Berdasarkan peraturan dari pemerintah yang tertuang dalam Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (KEP-02/MENKLH/I/1998) syarat dari pembuangan air limbah adalah:

1. Tidak melampaui syarat baku mutu air limbah yang telah ditetapkan.
2. Tidak mengakibatkan menurunnya golongan air menurut peruntukannya tempat air limbah tersebut dibuang.

Menurut tempat pembuangannya baku mutu air limbah digolongkan menjadi empat golongan yaitu (Suratmo FG, 1991: 12):

1. Air limbah golongan I
yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan B.
2. Air limbah golongan II
yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan C.
3. Air limbah golongan III
yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan D.
4. Air limbah golongan IV
yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan E.

Berdasarkan pemanfaatan baku mutu air menurut kegunaannya dibagi menjadi lima golongan yaitu (Suratmo FG, 1991: 13):

1. Baku mutu air golongan A
yaitu air pada sumber air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.
2. Baku mutu air golongan B
yaitu air yang dapat dipergunakan sebagai air baku untuk diolah menjadi air minum dan keperluan rumah tangga.
3. Baku mutu air golongan C
yaitu air yang dapat dipergunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
4. Baku mutu air golongan D
yaitu air yang dapat dipergunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkantoran, industri dan listrik tenaga air.
5. Baku mutu air golongan E
yaitu air yang tidak dapat dipergunakan untuk keperluan tersebut pada peruntukkan air golongan A, B, C dan D.

Jika suatu sumber air atau badan air diperuntukkan sebagai Golongan A, maka dilarang membuang limbah ke dalam badan air tersebut. Jika suatu sumber air diperuntukkan sebagai Golongan B, maka limbah yang boleh dibuang harus memenuhi baku mutu limbah I. Jika suatu sumber air diperuntukkan sebagai Golongan C, maka limbah yang boleh dibuang harus memenuhi baku mutu limbah II. Sedangkan Jika suatu sumber air diperuntukkan sebagai Golongan D, maka limbah yang boleh dibuang harus memenuhi baku mutu limbah III.

2.4. Metode Pengolahan Air Limbah

Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur. Serta membunuh organisme tercampur patogen, diperlukan untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasi agar konsentrasi yang ada menjadi rendah (Sugiharto, 1987: 95).

Cara mengelola air limbah tergantung pada sifat dan kandungan limbah serta tergantung pula pada rencana pembuangan olahan limbah secara permanen, proses pengolahan limbah dapat dikelompokkan sebagai berikut (Aryowarddhana, 1995: 168):

1. Pengolahan awal (*primary waste treatment*)

Pengolahan awal bertujuan memisahkan bahan buangan organik dengan bahan buangan anorganik dan bahan buangan yang bisa didaur ulang dengan bahan buangan yang tidak bisa didaur ulang. Pada proses ini semua bahan buangan air limbah ditampung dulu pada suatu bak besar dan dibiarkan untuk beberapa lama sehingga sebagian kotoran akan mengendap atau mengapung sehingga dapat dipisahkan .

2. Pengolahan lanjutan (*secondary waste treatment*)

Pengolahan lanjutan bertujuan untuk mendegradasi bahan buangan (terutama bahan-bahan organik) dengan cara bahan buangan dari proses pertama tadi dilakukan penambahan mikroorganisme dan dialirkan udara untuk mencukupi kebutuhan oksigen agar BOD untuk mikroorganisme dapat dipenuhi dengan baik. Oksigen yang cukup akan membantu kecepatan degradasi oleh mikroorganisme.

3. Pengolahan akhir (*advanced waste treatment*)

Pengolahan akhir bertujuan untuk mengurangi bahan-bahan kimia terlarut yang berbahaya. Pengurangan bahan-bahan terlarut dilakukan dengan penambahan karbon aktif untuk mengadopsi bahan-bahan berbahaya atau dengan memakai resin penukar ion yang dimasukkan ke dalam air limbah untuk menangkap bahan-bahan terlarut sehingga aman bila dibuang ke lingkungan.

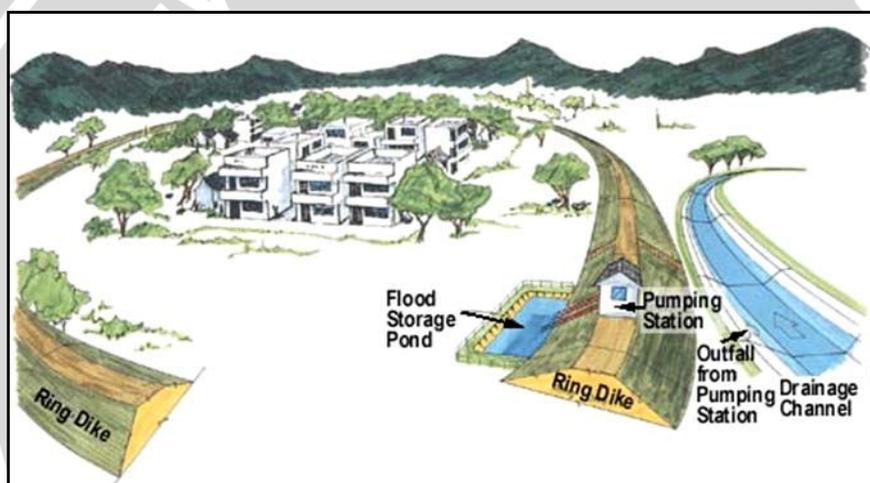
Pengolahan air limbah dapat dikelompokkan menjadi 6 tingkatan perlakuan. Semua tingkatan tidak harus dilakukan sebab pilihan kegiatan perlakuan tetap bergantung pada kondisi limbah, sedangkan kondisi limbah dapat diketahui dari laboratorium. Kondisi limbah sangat bergantung pada sifat dan kandungan limbah. Sebelum mengalami proses pengolahan perlu dilakukan proses pembersihan agar mempercepat dan memperlancar proses pengolahan selanjutnya, proses pembersihan terdiri dari pengambilan benda terapung yaitu lemak dan benda yang mengendap yaitu pasir (Sugiharto, 1987: 96).



2.5. Sistem Polder

Sistem polder adalah cara penanganan banjir dengan kelengkapan bangunan sarana fisik, yang meliputi tanggul, saluran drainase, kolam retensi, pompa air, yang dikendalikan sebagai satu kesatuan pengelolaan. Dengan sistem polder, maka lokasi rawan banjir akan dibatasi dengan jelas, sehingga elevasi muka air, debit dan volume air yang harus dikeluarkan dari sistem dapat dikendalikan. Sistem polder disebut juga sebagai sistem drainase yang terkendali (Direktoral Jenderal Ciptakarya Jabotabek, 2011).

Sistem polder dipakai untuk daerah-daerah rendah dan daerah yang berupa cekungan, ketika air tidak dapat mengalir secara gravitasi. Agar daerah ini tidak tergenang, maka dibuat saluran yang mengelilingi cekungan. Air yang tertangkap dalam daerah cekungan itu sendiri ditampung di dalam suatu waduk, dan selanjutnya dipompa ke kolam tampungan (Direktoral Jenderal Ciptakarya Jabotabek, 2011).



Gambar 2.3. Sketsa tipikal sistem polder.

Sumber: Direktoral Jenderal Ciptakarya Jabotabek, 2011.

2.6. Elemen-Elemen Sistem Polder

Sistem polder terdiri dari jaringan drainase, tanggul, kolam retensi dan badan pompa. Keempat elemen sistem polder harus direncanakan secara integral, sehingga bekerja secara optimal (Direktoral Jenderal Ciptakarya Jabotabek, 2011).

2.6.1. Jaringan Drainase

Drainase adalah istilah yang digunakan untuk sistem penanganan kelebihan air. Drainase perkotaan kelebihan air berasal dari air hujan. Kelebihan air hujan pada suatu daerah dapat menimbulkan banjir atau genangan air, sehingga diperlukan saluran drainase yang berfungsi menampung air hujan dan kemudian mengalirkan air hujan tersebut menuju kolam penampungan. Dari kolam penampungan tersebut, untuk mengendalikan elevasi muka air, kelebihan air tersebut harus dibuang melalui pemompaan.

Pada suatu sistem drainase perkotaan terdapat jaringan saluran drainase yang merupakan sarana drainase lateral berupa pipa, saluran tertutup dan saluran terbuka. Berdasarkan cara kerjanya saluran drainase terbagi dalam beberapa jenis, yaitu saluran pemotong, saluran pengumpul dan saluran pembawa.

1. Saluran Pemotong (*interceptor*) adalah saluran yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain di bawahnya. Saluran dibangun dan diletakkan relatif sejajar dengan bangunan kontur.
2. Saluran Pengumpul (*collector*) adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya akan dibuang ke saluran pembawa. Letak saluran pembawa di lembah terendah suatu daerah sehingga secara efektif dapat berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada.
3. Saluran Pembawa (*conveyor*) adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa membahayakan daerah yang dilalui. Contoh adalah saluran banjir kanal atau sudetan yang bekerja khusus hanya mengalirkan air secara cepat sampai ke lokasi pembuangan.

2.6.2. Tanggul

Tanggul merupakan suatu batas yang mengelilingi suatu badan air atau daerah/wilayah tertentu dengan elevasi yang lebih tinggi daripada elevasi di sekitar kawasan, yang bertujuan untuk melindungi kawasan tersebut dari limpasan air yang berasal dari luar kawasan. Badan air merupakan daerah yang memerlukan tanggul sebagai pelindung di sekitarnya. Jenis – jenis tanggul, antara lain : tanggul alamiah, tanggul timbunan, tanggul beton dan tanggul infrastruktur.

Tanggul alamiah yaitu tanggul yang sudah terbentuk secara alamiah dari bentukan tanah dengan sendirinya. Contoh bantaran sungai di pinggiran sungai secara memanjang. Tanggul timbunan adalah tanggul yang sengaja dibuat dengan menimbun tanah atau material lainnya, di pinggiran wilayah. Contoh tanggul timbunan batuan di sepanjang pinggiran laut.

Tanggul merupakan sebuah struktur yang didesain dan dibangun secara kuat dalam periode waktu yang lama dengan perbaikan dan pemeliharaan secara terus menerus, sehingga seringkali dapat difungsikan sebagai sebuah tanggul, misal jalan.

2.6.3. Kolam Retensi

Kolam retensi merupakan suatu cekungan atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air didalamnya, tergantung dari jenis bahan pelapis dinding dan dasar kolam. Kolam retensi dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu kolam alami dan kolam non alami.

Kolam alami yaitu kolam retensi yang berupa cekungan atau lahan resapan yang sudah terdapat secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian. Perencanaan kolam memadukan fungsi sebagai kolam penyimpanan air dan penggunaan oleh masyarakat dan kondisi lingkungan sekitarnya. Kolam retensi alami berfungsi sebagai tempat penyimpanan, juga dapat meresapkan pada lahan atau kolam yang *pervious*, misalnya lapangan sepak bola (yang tertutup oleh rumput), danau alami, seperti yang terdapat di taman rekreasi dan kolam rawa

Kolam non alami yaitu kolam retensi yang dibuat sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya dengan lapisan bahan material yang kaku, seperti beton. Kolam non alami air yang masuk ke dalam inlet harus dapat menampung air sesuai dengan kapasitas yang telah direncanakan sehingga dapat mengurangi debit banjir puncak (*peak flow*). Kolam retensi terdiri dari dua pintu yaitu, pintu outlet untuk mengurangi debit tampungan pada saat tinggi muka air sungai di bawah tinggi muka banjir. Pintu inlet untuk mengatur debit air drainasi yang masuk ke dalam kolam retensi.



Gambar 2.4. Kolam retensi disamping badan sungai.

Sumber: Direktorat Jenderal Ciptakarya Jabotabek, 2011.

2.6.4. Stasiun Pompa

Di dalam stasiun pompa terdapat pompa yang digunakan untuk mengeluarkan air yang sudah terkumpul dalam kolam retensi atau *junction* jaringan drainase ke luar cakupan area. Prinsip dasar kerja pompa adalah menghisap air dengan menggunakan sumber tenaga, baik itu listrik atau diesel/solar. Air dapat dibuang langsung ke laut atau sungai/banjir

kanal yang bagian hilirnya akan bermuara di laut. Biasanya pompa digunakan pada suatu daerah dengan dataran rendah atau keadaan topografi atau kontur yang cukup datar, sehingga saluran-saluran yang ada tidak mampu mengalir secara gravitasi. Jumlah dan kapasitas pompa yang disediakan di dalam stasiun pompa harus disesuaikan dengan volume layanan air yang harus dikeluarkan. Pompa yang menggunakan tenaga listrik, disebut dengan pompa jenis sentrifugal, sedangkan pompa yang menggunakan tenaga diesel dengan bahan bakar solar adalah pompa submersible.

2.7. Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk menentukan proyeksi air limbah buangan domestik (*domestic sewage*) perlu diketahui keadaan pertumbuhan penduduk yang ada dan proyeksi jumlah penduduk dimasa datang. Dalam memproyeksikan jumlah penduduk terdapat beberapa metode antara lain metode geometri dan metode eksponensial atau metode aritmatik (Muliakusuma S, 1981: 121), yaitu sebagai berikut.

1. Metode aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Dengan rumus sebagai berikut (Punmia, 1987: 183):

$$P_n = P_o(1+rn) \quad (2-1)$$

dengan:

P_n = jumlah penduduk yang diperkirakan pada tahun ke- n (jiwa).

P_o = jumlah penduduk pada akhir tahun data (jiwa).

r = pertumbuhan penduduk tiap tahun (%).

n = jumlah tahun proyeksi (tahun).

2. Metode geometri

Metode geometri merupakan metode rumus bunga berganda atau geometris dengan pertumbuhan rata-rata penduduk berkisar pada prosentase angka pertumbuhan (r) yang konstan setiap tahun. Dengan rumus sebagai berikut (Punmia, 1987: 184):

$$P_n = P_o(1+r)^n \quad (2-2)$$

dengan:

P_n = jumlah penduduk yang diperkirakan pada tahun ke- n (jiwa).

P_o = jumlah penduduk pada akhir tahun data (jiwa).

r = pertumbuhan penduduk tiap tahun (%).

n = jumlah tahun proyeksi (tahun).

3. Metode eksponensial

Untuk perhitungan proyeksi jumlah penduduk dipakai metode eksponensial dengan rumus sebagai berikut (Muliakusuma S, 1981: 121):

$$P_n = P_0(e)^{rn} \quad (2-3)$$

dengan:

P_n = jumlah penduduk yang diperkirakan pada tahun ke-n (jiwa).

P_0 = jumlah penduduk pada akhir tahun data (jiwa).

e = bilangan pokok dari logaritma natural ($e = 2,7182818$).

r = prosentase pertumbuhan penduduk

n = selang waktu tahun proyeksi.

Untuk menentukan metode yang paling mewakili pola pertumbuhan penduduk di wilayah perencanaan, diperlukan perhitungan standar deviasi. Perhitungan standar deviasi dilakukan dengan menganalisa dan membandingkan data kependudukan yang tersedia dengan data penduduk dari perhitungan metode proyeksi yang digunakan. dengan rumus sebagai berikut (Muliakusuma S, 1981: 122):

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - Y_m)^2}{n}} \quad \text{Untuk } n < 20 \text{ dan } n = 20 \quad (2-4)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - Y_m)^2}{n - 1}} \quad \text{Untuk } n > 20 \quad (2-5)$$

dengan:

Sd = standar deviasi

Y_i = jumlah penduduk hasil proyeksi (jiwa)

Y_m = rata-rata jumlah penduduk (jiwa)

n = jumlah data

2.8. Debit Rencana

Debit rencana untuk air limbah dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu debit rencana rata-rata dan debit rencana maksimum (debit puncak). Debit rencana rata-rata adalah debit limbah yang dihasilkan baik itu oleh limbah domestik, industri dan lain. sedangkan debit rencana maksimum yaitu debit limbah yang akan mengalir melalui pipa pada saat jam-jam puncak. debit maksimum ini harus dapat dialirkan melalui pipa dalam keadaan aliran bebas.

Secara umum, debit rencana merupakan debit air kotor yang didapatkan dengan mengalikan luas daerah pelayanan dengan angka kepadatan penduduk. Air limbah yang harus dibuang dari daerah permukiman adalah terdiri (Linsley, Ray K., 1991: 245):

- Air limbah rumah tangga (yang juga disebut saniter), yaitu air limbah dan daerah permukiman serta sarana-sarana komersial institusional.
- Air limbah industri. yaitu air limbah yang bagian terbesarnya merupakan bahan-bahan buangan industri.
- Air resapan/aliran masuk, yaitu air luar yang masuk ke dalam sistem pembuangan dengan berbagai cara, serta air hujan yang tercurah dan sumber-sumber seperti talang dan drainasi pondasi.
- Air hujan merupakan hasil dari aliran curah hujan.

Dalam perhitungan debit air kotor yang terdiri dari aliran rumah tangga, industri serta aliran resapan, maka faktor-faktor yang berpengaruh adalah sebagai berikut:

1. Jumlah penduduk daerah layanan
2. Debit kebutuhan air bersih atau konsumsi air baku untuk setiap orang per hari (1 per orang per hari). Ditetapkan kebutuhan air bersih untuk Kota Administrasi Jakarta Barat sebesar 150 liter per orang per hari (Direktoral Jenderal Ciptakarya Jabotabek, 2011)
3. Generasi air limbah domestik atau konversi air buangan

Generasi air limbah rumah tangga dari suatu daerah biasanya sekitar 60-75% dari air yang disalurkan ke daerah itu (Linsley, Ray K, 1991: 244). Dalam perencanaan ini ditetapkan generasi air limbah sebesar 75%.

4. Resapan masuk

Jumlah resapan sangat tergantung pada taraf permukaan air tanah dan keseksamaan pelaksanaan kontruksi selokan yang bersangkutan. Gambar 2.5 dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya peresapan rata-rata pada kondisi air tanah tinggi. Debit puncak peresapan dihitung dengan menggunakan persamaan.

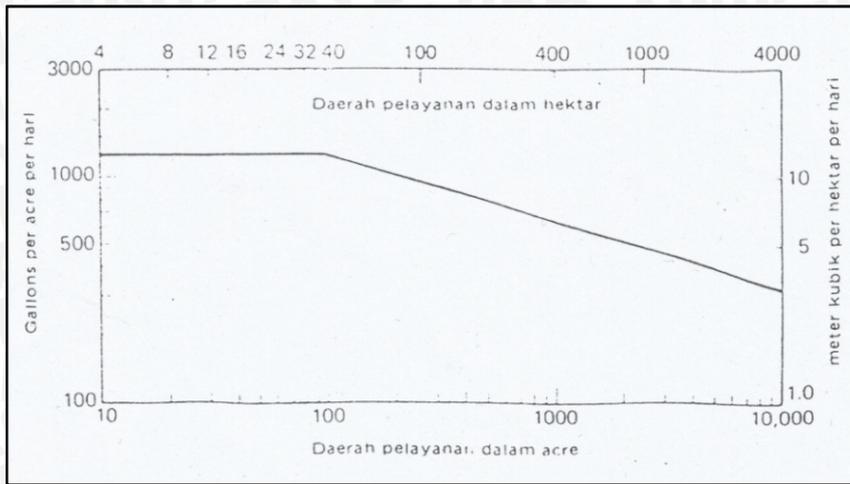
$$Q_p = f \times Q_{rt} \quad (2-6)$$

dengan:

$$Q_p = \text{debit puncak (m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}\text{)}$$

$$f = \text{faktor puncak (untuk aliran masuk tertinggi dan peresapan} = 1,6\text{)}$$

$$Q_{rt} = \text{debit peresapan rata-rata (m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}\text{)}$$



Gambar 2.5. Lengkung untuk memperkirakan besarnya peresapan satuan rata-rata pada kondisi air tanah tinggi.

Sumber: Linsley, Ray K, 1991: 245.

5. Debit air kotor rata-rata

Air limbah rumah tangga dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{rt} = P \times Q_{ab} \times 0,75 \tag{2-7}$$

dengan:

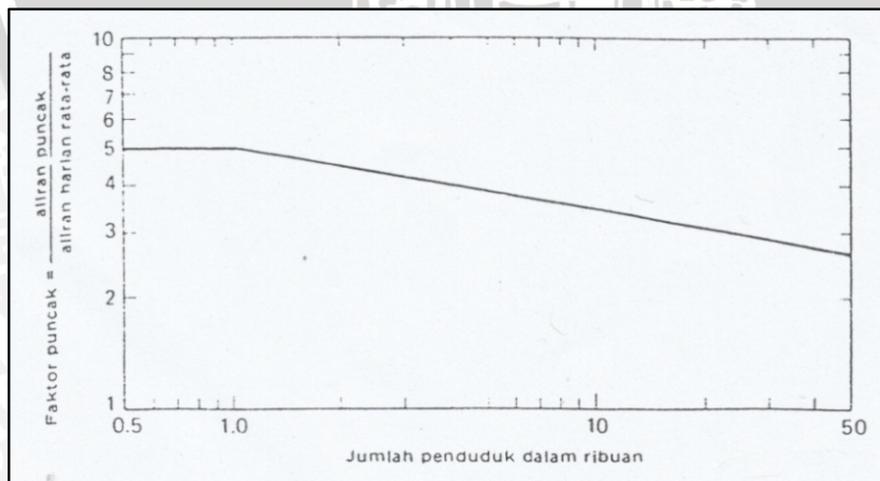
Q_{rt} = debit air kotor rata-rata ($m^3 \cdot dt^{-1}$)

P = jumlah penduduk daerah layanan (jiwa)

Q_{ab} = debit kebutuhan air bersih ($m^3 \cdot dt^{-1}$)

0,75 = konversi air buangan

6. Faktor puncak, yaitu faktor kali debit pembuangan pada jam-jam maksimum.



Gambar 2.6. Lengkung faktor puncak untuk aliran limbah rumah tangga.

Sumber: Linsley, Ray K, 1991: 245.

Besarnya faktor puncak dapat ditetapkan berdasarkan Gambar 2.6 sehingga debit puncak dapat dihitung dengan rumus (2-6).

2.9. Aliran Melalui Pipa

Pada aliran mantap (*steady flow*) variabel aliran seperti kecepatan v , tekanan p , penampang aliran A dan debit aliran Q di setiap titik yang ditinjau tidak berubah dengan waktu, dalam analisa aliran mantap ini persamaan dasar yang digunakan adalah persamaan kontinuitas dan persamaan Bernoulli yang mempunyai bentuk sebagai berikut (Trihatmodjo B, 1996: 194):

- Persamaan kontinuitas

Yaitu debit air yang masuk dalam suatu sistem perpipaan adalah sama dengan debit air yang keluar dari perpipaan tersebut.

$$Q = A V = \text{konstan} \quad (2-8)$$

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \quad (2-9)$$

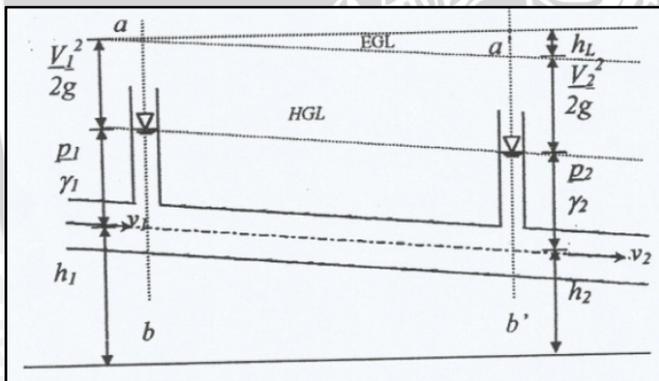
dengan:

Q = debit yang lewat saluran ($\text{m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$)

A = luas penampang saluran (m^2)

V = kecepatan aliran ($\text{m} \cdot \text{dt}^{-1}$)

- Persamaan Bernoulli



Gambar 2.7. Tinggi energi dan kehilangan tinggi pada aliran pipa.
Sumber: Priyantoro D, 1991: 20.

Aliran dalam pipa dengan perbedaan ketinggian antara a dan a' merupakan kehilangan tinggi h_L antara penampang 1 dan 2 (Gambar 2.7). Hubungan energi dua penampang tersebut mengikuti persamaan Bernoulli (Trihatmojo, 1993:20):

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_L \quad (2-10)$$

dengan:

V = kecepatan aliran ($\text{m} \cdot \text{dt}^{-1}$)

g = percepatan gravitasi ($\text{m} \cdot \text{dt}^{-2}$)

p = tekanan ($\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$)

h_L = kehilangan energi (m)

z = tinggi elevasi (m)

Kehilangan tinggi tekan (h_L) di sepanjang pipa pengaliran, terdiri dari:

1. Kehilangan tinggi mayor akibat gesekan sepanjang pipa (*major losses*).

Friksi atau gesekan yang terjadi antara aliran air dengan dinding pipa merupakan kehilangan tekanan terbesar dari sebuah perpipaan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kehilangan tinggi mayor yaitu persamaan hazen williams (Djoko sasongko, 1985: 14):

$$H_f = \left(\frac{Q}{0,2785Cd^{2,63}} \right)^{1,85} \times l \quad (2-11)$$

dengan:

H_{gs} = kehilangan tinggi tekan karena gesekan (m)

Q = debit aliran ($m^3 \cdot dt^{-1}$)

C = koefisien gesekan hazen hazen williams

D = diameter pipa (m)

l = panjang pipa (m)

Dalam penerapan persamaan diatas maka perlu diperhatikan nilai koefisien hazen williams (C) yang berbeda-beda tergantung jenis pipa, besarnya nilai koefisien sebagai berikut:

Tabel 2.4. Nilai koefisien gesekan hazen hazen williams (C).

Jenis pipa	koefisien hazen williams (C)
Beton (tidak terpengaruh umur)	130
Besi tuang:	
Besi tuang baru	130
Besi tuang umur 5 tahun	120
Besi tuang umur 20 tahun	100
Baja las baru	120
lempung	110
Baja keling baru	100
Semen asbes	140
PVC	130

Sumber: Djoko sasongko, 1985: 14.

2. Kehilangan energi minor (*major losses*) yang antara lain diakibatkan oleh:

- a. Kehilangan tinggi akibat pengecilan penampang tiba-tiba dinyatakan dengan persamaan (Priyantoro D, 1991: 27):

$$h_c = K_c \frac{v^2}{2g} \quad (2-12)$$

K_c adalah koefesien kontraksi yang nilainya bervariasi menurut D_2/D_1 .

Tabel 2.5. Nilai koefesien kontraksi (K_c).

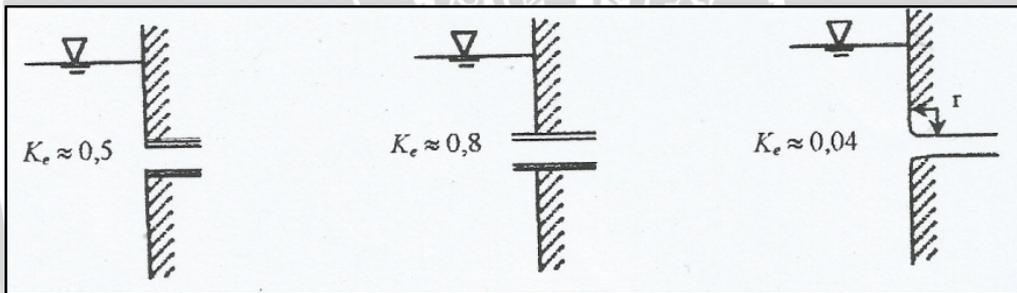
Kecepatan di pipa yang lebih kecil	Rasio diameter pipa yang lebih kecil dibanding yang lebih besar, D_2/D_1									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	0,49	0,49	0,48	0,45	0,42	0,38	0,28	0,18	0,07	0,03
2	0,48	0,48	0,47	0,44	0,41	0,37	0,28	0,18	0,09	0,04
3	0,47	0,46	0,45	0,43	0,40	0,36	0,28	0,18	0,10	0,04
6	0,44	0,43	0,42	0,40	0,37	0,33	0,27	0,19	0,11	0,05
12	0,38	0,36	0,35	0,33	0,30	0,29	0,25	0,20	0,13	0,06

Sumber: Priyantoro D, 1991: 28.

Secara umum, persamaan untuk menentukan kehilangan tinggi ini sesuai dengan kondisinya, yaitu

$$h_e = K_e \frac{v^2}{2g} \quad (2-13)$$

K_e adalah koefesien kontraksi yang nilainya sesuai dengan kondisi pemasangan seperti tersaji dalam Gambar 2.8



Gambar 2.8. Koefesien kontraksi menurut kondisi pemasangan

Sumber: Priyantoro D, 1991: 29.

- b. Kehilangan energi akibat pembesaran penampang tiba-tiba diturunkan dari persamaan momentum yang dinyatakan dengan (Priyantoro D, 1991: 29).

$$h_e = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \quad (2-14)$$

atau dapat digunakan rumus umum berikut (Trihatmojo, 1996: 198)

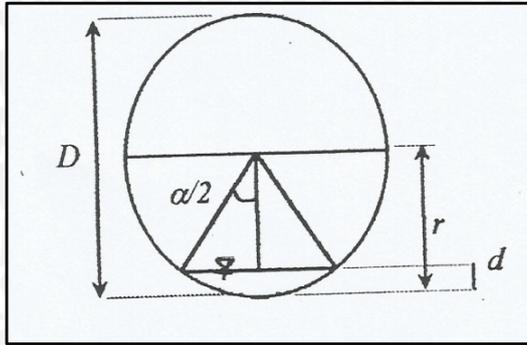
$$h_e = K_e \frac{v^2}{2g} \quad (2-15)$$

K_e adalah koefesien kehilangan tinggi minor yang tergantung pada bentuk perubahan penampang yang dapat dinyatakan.

$$K_e = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \quad (2-16)$$

Bila pipa masuk ke dalam kolam yang besar dengan $A_2 = \infty$, maka $K_e = 1$

Perencanaan hidrolis aliran melalui pipa dihitung dengan berdasarkan persamaan manning (Chow, 1992:89), dijelaskan melalui Gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9. Sketsa penampang melintang dari aliran melalui pipa
Sumber: Anonim, 2014.

Berdasarkan melihat gambar di atas maka tinggi muka air dapat dihitung dengan persamaan-persamaan berikut (Anonim, 2014)

$$P = \alpha/360 \cdot \pi \cdot D \quad (2-17)$$

$$A = \alpha/360 \cdot \pi \cdot D^2/4 - 2(1/2 \cdot r \cdot \sin(\alpha/2) \cdot (r-d)) \quad (2-18)$$

$$R = A/P \quad (2-19)$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2-20)$$

$$Q = A \cdot V \quad (2-21)$$

dengan:

r = jari-jari pipa (m)

D = diameter pipa (m)

d = tinggi muka air dalam pipa (m)

P = keliling basah penampang (m)

A = luas penampang (m²)

R = jari-jari hidrolis (m)

V = kecepatan aliran pipa (m.dt⁻¹)

Q = debit aliran pipa (m³.dt⁻¹)

n = koefisien kekasaran manning

S = kemiringan garis energi

c. Kehilangan tinggi pada belokan disebabkan oleh dua faktor yaitu:

- Pemisahan arus pada bagian dinding belokan dalam terlihat pada gambar 2.10
- Aliran skunder dengan arah transversal dalam terlihat pada gambar 2.10

Dalam perencanaan hidraulik kehilangan tinggi akibat belokan dapat didekati dengan persamaan

$$H_b = K_b \times \frac{V^2}{2g} \quad (2-22)$$

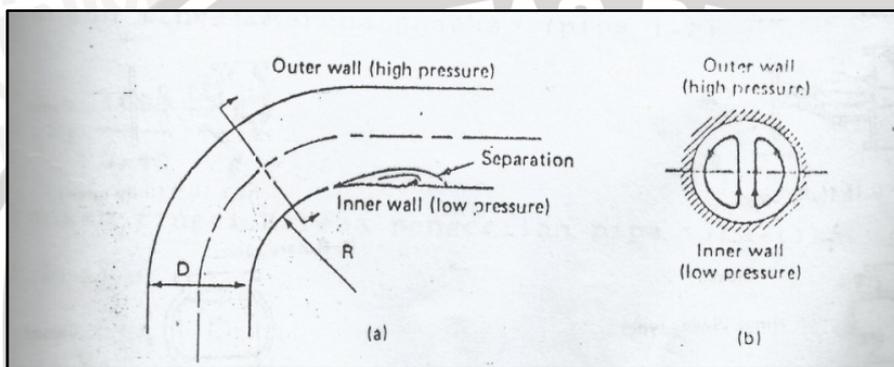
dengan:

H_b = kehilangan tinggi akibat belokan (m)

K_b = koefisien belokan

V = kecepatan aliran pipa ($\text{m} \cdot \text{dt}^{-1}$)

g = percepatan gravitasi ($\text{m} \cdot \text{dt}^{-2}$)



Gambar 2.10. (a) Pemisahan arus di belokan.

(b) Aliran skunder di belokan.

Sumber: Priyantoro D, 1991: 27.

Untuk pipa halus dengan sudut belokan 90° , nilai K_b bervariasi menurut $R \cdot D^{-1}$ sebagai berikut:

Tabel 2.6. Nilai koefisien belokan (K_b).

$R \cdot D^{-1}$	1	2	4	6	10	16	20
K_b	0,35	0,19	0,17	0,22	0,32	0,38	0,42

Sumber: Priyantoro D, 1991: 28.

2.10. Pengolahan Biologis Air Limbah

Di dalam proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut. Proses pengolahan air limbah dengan aktifitas mikroorganisme biasa disebut dengan proses biologis. Tujuan dari pengolahan biologis air limbah domestik adalah untuk:

1. Mengubah (dengan kata lain, mengoksidasi) konstituen *biodegradable* terlarut dan partikulat menjadi produk akhir yang dapat diterima
2. Menangkap dan menggabungkan padatan koloid tersuspensi dan *nonsettleable*

menjadi flok biologis atau biofilm.

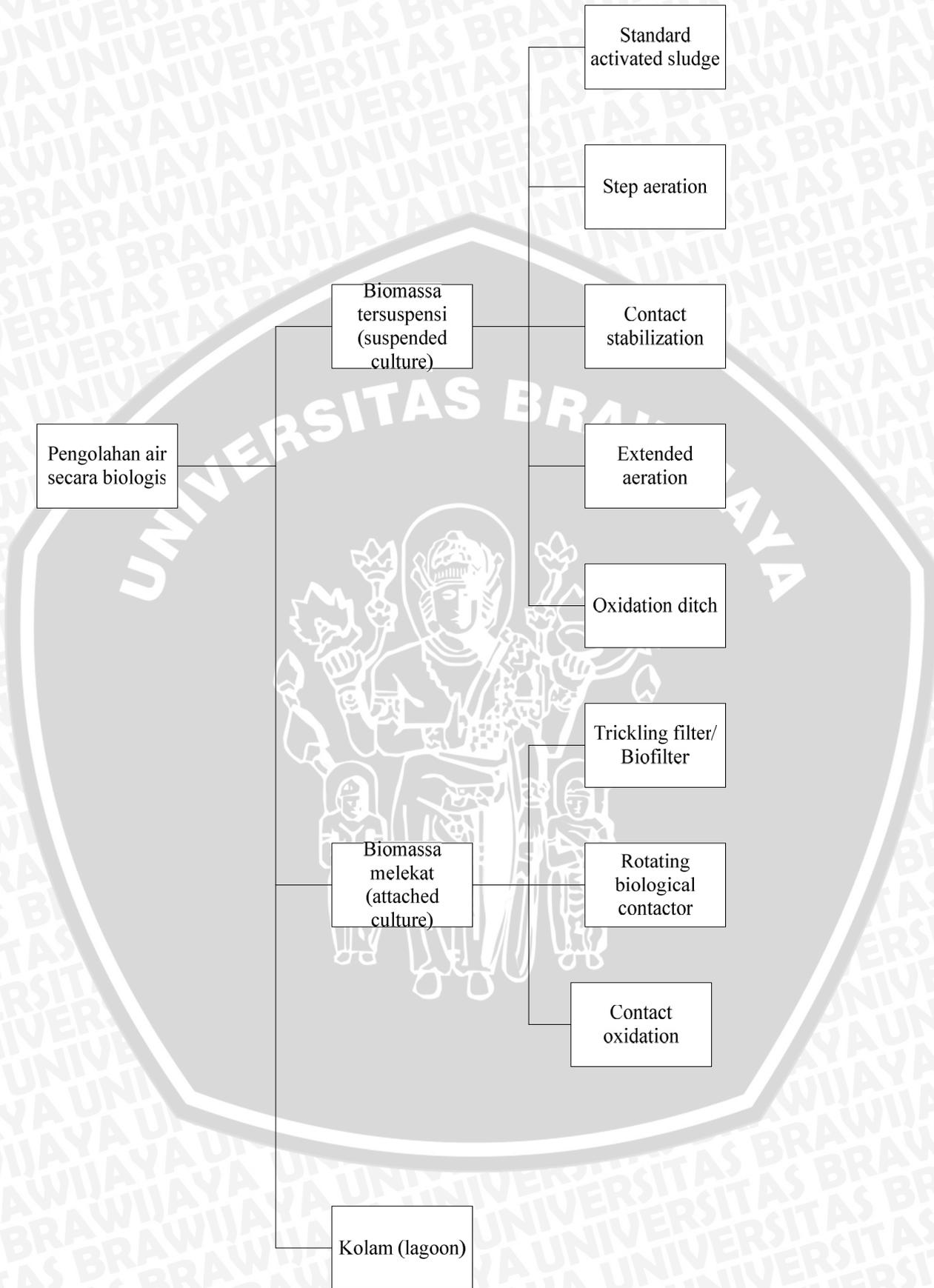
3. Mengubah atau menghilangkan nutrisi, seperti nitrogen dan fosfor.
4. Dalam beberapa kasus, menghilangkan konstituen dan senyawa kecil organik tertentu (Metcalf & Eddy, 2004: 547)

Penghilangan partikulat dan BOD karbon terlarut dan stabilisasi materi organik yang ditemukan dalam air limbah dilakukan secara biologis dengan menggunakan berbagai mikroorganisme, terutama bakteri. Biomassa memiliki berat jenis sedikit lebih besar dari air, biomassa dapat dihilangkan dari air limbah yang diolah dengan pengendapan gravitasi. Penting untuk dicatat bahwa kecuali biomassa yang dihasilkan dari bahan organik akan dihapus secara periodik, pengolahan lengkap belum dicapai karena biomassa, yang merupakan organik, akan diukur sebagai BOD dalam efluen. Tanpa penghilangan biomassa dari cairan yang diolah, pengolahan yang dicapai hanyalah yang terkait dengan oksidasi bakteri dari bagian dari materi organik yang ada pada awalnya.

Proses biologis utama yang digunakan untuk pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi dua kategori utama: pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth*) dan pertumbuhan melekat (*attached growth*) atau proses biofilm. Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah system pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reactor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan system ini antara lain: proses lumpur aktif standar atau konvensional (*standard activated sludge*), *step aeration*, *contact stabilization*, *extended aeration*, *oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit) dan lainnya.

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

Secara garis besar klasifikasi proses pengolahan air limbah secara biologis dapat dilihat seperti pada gambar 2.11.

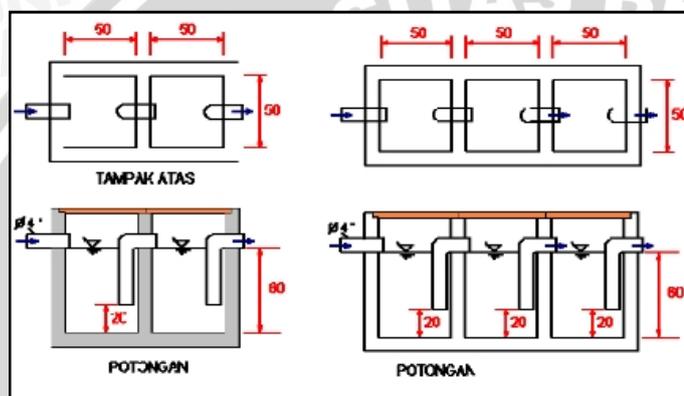


Gambar 2.11. Klasifikasi proses pengolahan air limbah secara biologis.
 Sumber: BPPT, 2000.

2.11. Fase Pengolahan Air Limbah

2.11.1. Bak pemisah lemak (*grease trap*)

Bak pemisah lemak (*grease trap*) untuk mengatasi kesulitan terhadap adanya lemak di dalam air limbah, maka perlu dianjurkan adanya bangunan penangkap lemak sebelum limbah domestik dibuang ke saluran utama seperti sungai. Bak pemisah lemak memerlukan tenaga pekerja untuk mengontrol endapan dan lapisan lemak, karena nilai masa jenis minyak dan lemak lebih kecil dari air limbah maka lapisan minyak ini akan selalu berada di atas lapisan air sehingga jika dilihat dari gambar unit bangunan pemisah lemak dipastikan lemak dan minyak akan terapung tidak ikut terbawa dalam aliran air limbah ke unit pengolahan berikutnya (Sugiharto, 1987: 53). Contoh gambar bak pemisah lemak :



Gambar 2.12. Detail bak pemisah lemak (*grease trap*).
Sumber: Nusa Idaman, 2000:203.

Pada Detail bak pemisah lemak (*grease trap*) diatas terlihat bahwa bak dibagi menjadi tiga bagian yaitu bak 1, bak 2, dan bak 3 dimana satu sama lain dihubungkan oleh pipa yang diletakkan secara berurutan. Pada salah satu ujung dan saluran dipasang pipa melengkung dengan satu ujungnya dimasukkan kedalam air limbah. Pembuatan bentuk seperti ini dimaksudkan agar air limbah yang mengalir dari bak 1 ke bak 2 berasal dari dalam bak bagian bawah .

Air limbah masuk dari sumber asalnya ke bak 1, pada bak ini lemak akan mengalami pengapungan karena sifat lemak itu sendiri, sedangkan pada bagian bawah adalah cairan limbah itu sendiri. Air limbah ini akan keluar dari bak 1 melalui pipa melengkung dari bagian bawah menuju bak ke 2. Limbah yang keluar pada bagian bawah menyebabkan lemak mengapung tidak akan ikut mengalir sehingga lemak akan tertinggal pada bak 1. Proses terjadi seterusnya sampai ke bak pemisah lemak terakhir. Dari bak pemisah lemak diharapkan lemak sudah banyak berkurang sehingga tidak masuk kedalam proses selanjutnya.

2.11.2. Bak ekualisasi (*equalization chamber*)

Bak ekualisasi bertujuan untuk menangkap benda kasar yang mudah mengendap yang terkandung dalam air baku, seperti pasir atau dapat juga disebut partikel diskret. Penggunaan unit ekualisasi selalu ditempatkan pada awal proses pengolahan air, sehingga dapat dicapai penurunan kekeruhan. Bak ekualisasi pada umumnya berbentuk segi empat dan melingkar, bak ekualisasi juga digunakan untuk mengatasi adanya problem operasional adanya variasi debit dan mengatasi adanya problem penanganan kualitas dibagian hilir dengan adanya bak ekualisasi maka diharapkan diperoleh besar aliran (debit) yang mendekati normal (Sri P, 1996: 124). Terdapat 2 jenis cara menempatkan bak ekualisasi yaitu:

a. *in-line* ekualisasi

in-line ekualisasi adalah semua aliran limbah menuju bak ekualisasi.

b. *off-line* ekualisasi

in-line ekualisasi adalah debit yang melebihi nilai rerata harian yang dibelokkan menuju bak ekualisasi.

Waktu detensi bak ekualisasi maksimum 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada dibawah aliran masuk agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak ekualisasi debit air limbah yang belfluktuasi akan menjadi debit rata-rata. Fungsi proses ekualisasi untuk mengolah limbah domestik adalah :

1. Mengurangi fluktuasi bahan organik yang diolah untuk mencegah shock loading pada proses biologis.
2. Mengontrol pH dan memberikan kapasitas untuk mengontrol aliran limbah.
3. Meminimumkan aliran pada proses pengolahan fisik – kimia dan mengetahui rata-rata kebutuhan bahan kimia.
4. Mencegah tingginya konsentrasi bahan berbahaya yang masuk pada proses pengolahan biologis.

Pengontrolan pH pada proses ekualisasi ini sangat penting untuk efektifitas proses pengolahan air limbah selanjutnya, karena syarat kondisi air limbah untuk memasuki proses pengolahan air limbah secara biologis yaitu air limbah memiliki pH 6,5-7,5. Fungsi pengontrolan pH pada bak ekualisasi dapat dilakukan dengan penambahan senyawa kimia tergantung pada fungsinya yaitu meninggikan pH atau menurunkan pH. Senyawa kimia yang sering digunakan untuk pengontrolan pH sebagai berikut.

Tabel 2.7. Senyawa kimia pengontrol pH.

Senyawa Kimia	Formula	Berat Molukul	Berat Ekuivalen	Jenis senyawa	
				bentuk	konsentrasi
Senyawa kimia yang digunakan meningkatkan pH					
Kalsium karbonat	CaCO ₃	100,0	50,0	bubuk granul	96 -99
Kalsium hidroksida	Ca(OH) ₂	74,1	37,1	bubuk granul	82 - 95
Kalsium oksida	CaO	56,1	28,0	gumpalan butiran bubuk	90-98
Dolomatic Hydrated	[Ca(OH) ₂] _{0,6} [Mg(OH) ₂] _{0,4}	67,8	33,8	bubuk	58-65
Dolomatic quicklime	(CaO) _{0,6} (MgO) _{0,4}	49,8	24,8	gumpalan butiran bubuk	55-58
Magnesium hidroksid	Mg(OH) ₂	58,3	29,2	bubuk	99
Magnesium oksid	MgO	40,3	20,2	bubuk granul	99
Sodium bikarbonat	NaHCO ₃	84,0	84,0	bubuk granul	99
Sodium karbonat	NaCO ₃	106,0	53,0	bubuk	99,2
Sodium hidroksid	NaOH	40,0	40,0	serpihan granul cair	98
Senyawa kimia yang digunakan menurunkan pH					
Asam karbonat	H ₂ CO ₃	62,0	31,0	gas	
Asam klorida	HCl	36,5		cair	27,9-35,2
Asam sulfat	H ₂ SO ₄	98,1	49,0	cair	77,7(60°Be) 93,2(60°Be)

Sumber: Metcalf & Eddy, 2004: 527.

2.11.3. Biofilter anaerobik-aerobik

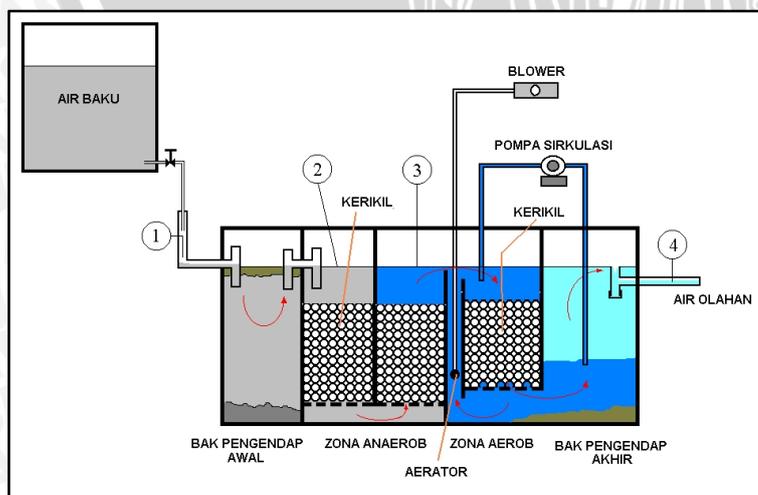
Proses pengolahan air limbah rumah tangga dengan biofilter anaerob- aerob ini merupakan pengembangan dari proses biofilter anaerob dengan proses aerasi kontak. Pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerob-aerob terdiri dari beberapa bagian, yakni bak pengendap awal, biofilter anaerob (anoxic), biofilter aerob, bak pengendap akhir, dan jika perlu dilengkapi dengan bak kontaktor khlor.

Air limbah dialirkan melalui saringan kasar (*bar screen*) untuk menyaring sampah yang berukuran besar seperti sampah daun, kertas, plastic, dll. Setelah melalui bar screen air limbah dialirkan ke bak pengendap awal untuk mengendapkan partikel lumpur pasir dan kotoran lainnya. Air limpasan dari pengendap awal kemudian dialirkan ke bak kontaktor anaerob dengan arah aliran dari atas ke bawah dan bawah ke atas. Di dalam bak

kontaktor anaerob diisi dengan media dari bahan plastic atau kerikil/batu split. Jumlah bak kontaktor anaerob ini bisa dibuat lebih dari satu sesuai dengan kualitas dan jumlah air baku yang akan diolah. Penguraian zat-zat organic yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme yang akan menguraikan zat organic yang belum terurai pada bak pengendap.

Air limpasan dari bak kontaktor biofilter anaerob kemudian dialirkan ke bak kontaktor biofilter aerob. Di dalam bak kontaktor aerob diisi dengan media kerikil, atau dapat juga dari bahan plastic (polyethylene), pvc, batu apung atau bahan serat, sambil diaerasi sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Dengan demikian air limbah akan kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media yang mana hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan ammonia menjadi lebih besar. Proses ini sering dinamakan Aerasi Kontak (*Contact Aeration*).

Dari bak aerasi air dialirkan ke pengendap akhir. Di dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme diendapkan dan dipompa kembali ke bagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Sedangkan air limpasan dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak khlorinasi untuk membunuh bakteri pathogen. Dengan kombinasi proses anaerob dan aerob tersebut dapat menurunkan zat organik (BOD dan COB) konsentrasi ammonia, deterjen, padatan tersuspensi (SS), fosfat dan lainnya.



Gambar 2.13. Pengolahan limbah menggunakan biofilter.
Sumber: BPPT, 2000.

Proses dengan Biofilter Anaerob-Aerob ini mempunyai beberapa keuntungan yaitu sebagai berikut:

1. Adanya air buangan yang melalui media kerikil yang terdapat pada biofilter mengakibatkan timbulnya lapisan lendir yang menyelimuti kerikil atau yang disebut juga *biological film*. Air limbah yang masih mengandung zat organik yang belum teruraikan pada bak pengendap bila melalui lapisan lendir ini akan mengalami proses penguraian secara biologis. Efisiensi biofilter tergantung dari luas kontak antara air limbah dengan mikro-organisme yang menempel pada permukaan media filter tersebut. Makin luas bidang kontakannya maka efisiensi penurunan konsentrasi zat organiknya (BOD) akan semakin besar.
2. Biofilter juga berfungsi sebagai media penyaring air limbah yang melalui media ini. Sebagai akibatnya, air limbah yang mengandung suspended solids dan bakteri E.coli setelah melalui filter ini akan berkurang konsentrasinya. Efisiensi penyaringan akan sangat besar karena dengan adanya biofilter up flow yakni penyaringan dengan sistem aliran dari bawah ke atas akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air buangan dan partikel yang tidak terbawa aliran ke atas akan mengendapkan di dasar bak filter. Sistem biofilter anaerob-aerob ini sangat sederhana, operasinya mudah dan tanpa memakai bahan kimia serta tanpa membutuhkan energi. Proses ini cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan kapasitas yang tidak terlalu besar.
3. Dengan kombinasi proses Anaerob-Aerob, efisiensi penghilangan senyawa fosfor menjadi lebih besar bila dibandingkan dengan proses anaerob atau proses aerob saja. Selama berada pada kondisi anaerob, senyawa fosfor anorganik yang ada dalam sel-sel mikroorganisme akan keluar sebagai akibat hidrolisa senyawa fosfor. Sedangkan energi yang dihasilkan digunakan untuk menyerap BOD (senyawa organik) yang ada di dalam air limbah. Selama berada pada kondisi aerob, senyawa fosfor terlarut akan diserap oleh bakteri atau mikroorganisme dan akan sintesa menjadi polyphospat dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi senyawa organik (BOD). Dengan demikian dengan kombinasi proses anaerob-aerob dapat menghilangkan BOD maupun fosfor dengan baik. Proses ini dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban organik yang cukup besar.
4. Pengelolaannya sangat mudah.
5. Biaya operasinya rendah.

6. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, Lumpur yang dihasilkan relatif, sedikit.
7. Dapat menurunkan konsentrasi senyawa nitrogen atau phosphor yang dapat menyebabkan eutrophikasi.
8. Suplai udara untuk aerasi relative kecil
9. Dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar.
10. Dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik.

Pada sistem biofilter, untuk mendapatkan instalasi pengolahan yang baik dan mendapatkan efisiensi removal yang tinggi dan dapat teruji, pengendapan primer lamella yang dikombinasikan sebelum unit pengolahan submerged biofilter juga dapat berhasil digunakan untuk pengolahan air limbah. Submerged biofilter (atau biofilter terendam) memungkinkan retensi suspended solid (*physical filtration*) dan transformasi biologis material organik (C,N) melalui bakteri aerobik secara bersama-sama melekat pada penyangga granular. Kedua fungsi tersebut (fisik dan biologis) dapat didorong dengan penambahan reagen sebelum reaktor. (Pujol et al, 1994)

Berikut ini merupakan klasifikasi biofilter atau trickling filter berdasarkan karakteristik desainnya.

Tabel 2.8. Klasifikasi penerapan biofilter/trickling filter.

Karakter desain	Low or standard rate	Intermediate rate	High rate	High rate	Roughing
Type of packing	Rock	Rock	Rock	Plastic	Rock / Plastic
Hydraulic loading $m^3 \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$	1-4	4-10	10-40	10-75	40-200
Organic loading $Kg \text{ BOD} \cdot m^{-3} \cdot d^{-1}$	0,07-0,22	0,24-0,48	0,4-2,4	0,6-3,2	<1,5
Recirculation ratio	0	0-1	1-2	1-2	0-2
Filter flies	Many	Varies	Few	Few	Few
Sloughing	Intermittent	Intermittent	Continuous	Continuous	Continuous
Depth, m	1,8-2,4	1,8-2,4	1,8-2,4	3,0-12,2	0,9-6
BOD removal Efficiency, %	80-90	50-80	50-90	60-90	40-70
Effluent quality	Well	Some	No	No	No
quality	nitrified	nitrification	nitrification	nitrification	nitrification
Power, $kW \cdot 10^{-3} \cdot m^{-3}$	2-4	2-8	6-10	6-10	10,20

Sumber: Metcalf & Eddy, 2004: 893.

Klasifikasi material filter yang digunakan biofilter/trickling terdapat beberapa jenis, tabel jenis material filter sebagai berikut:

Tabel 2.9. Klasifikasi material filter yang digunakan biofilter/trickling filter.

Packing material	Nominal size (cm)	Unit weight (Kg.m ⁻³)	Specific surface area (m ² .m ³)	Void Space (%)	Application
River rock (small)	2,5-7,5	1250-1450	60	50	N
River rock (large)	10-13	800-1000	45	60	C, CN, N
Plastic-conventional	61 x61 x122	30-80	90	>95	C, CN, N
Plastic-high specific surface area	61 x61 x122	65-95	140	>94	N
Plastic random packing-conventional	varies	30-60	98	80	C, CN, N
Plastic random packing-high specific surface area	varies	50-80	150	70	N

^oC = BOD removal, N = Tertiary nitrification, CN = Combined BOD dan nitrification

Note: kg.m⁻³ x 0,0624 = lb.ft⁻³

Sumber: Metcalf & Eddy, 2004: 898.

Luas permukaan spesifik media biofilter berbeda-beda sesuai jenis media, tabel perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter sebagai berikut:

Tabel 2.10. Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter.

No.	Jenis Media	Luas permukaan spesifik (m ²)
1	Trickling filter dengan batu pecah	100-200
2	Modul sarang tawon (honey comb modul)	15-240
3	Tipe jaring	50
4	Bio-ball	200-235
5	RBC	80-150

Sumber: Nusa Idaman, 2000:141.

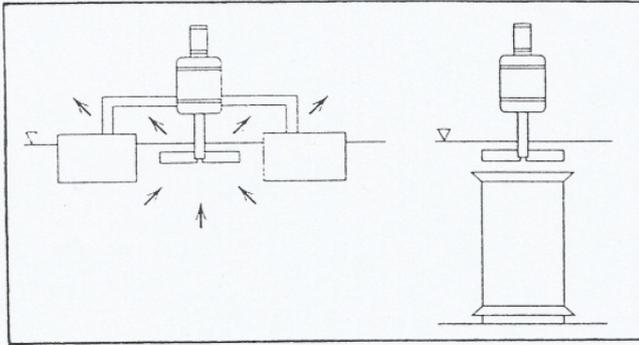
2.11.4. Tangki aerasi (*aeration tank*)

Tangki aerasi merupakan suatu sistem pengolahan air limbah dengan cara memasukkan oksigen ke dalam tangki (kolam) dengan menggunakan aerator mekanik sehingga kesempatan berhubungan seluas-luasnya dengan udara dan tidak hanya mengandalkan produksi oksigen dari proses fotosintesis. Fungsi dari tangki aerasi antara lain adalah (Linsley, 1986: 120):

- Sebagai alat penambah oksigen
- Pembuang CO₂ serta gas-gas yang terlarut lainnya
- Pembuangan H₂S untuk menghapus bau, rasa dan reduksi kadar besi.

Besar kecilnya oksigen yang larut dalam air limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu suhu, pergolakan permukaan air, luas daerah permukaan dan tekanan atmosfer dan persentase oksigen di udara.

Untuk memenuhi fungsi aerasi, maka diperlukan adanya transfer oksigen yang cukup dalam air limbah. Transfer oksigen adalah perpindahan oksigen dari bentuk gas ke bentuk cairan. Oksigen dalam bentuk cairan akan meningkatkan kandungan oksigen terlarut. Untuk itu dipergunakan aerator yang berfungsi untuk mempercepat transfer oksigen dalam tangki gambar 2.14.



Gambar 2.14. Aerator permukaan dengan sumbu vertikal dalam tangki aerasi.
Sumber: Parker, Homer W, 1975: 136.

Untuk tujuan desain, maka nilai transfer oksigen tersebut harus disesuaikan dengan kondisi lapang yang tergantung pada ketinggian tempat dan temperatur. Adapun untuk menentukan besar transfer oksigen pada kondisi lapang dapat digunakan persamaan (Metcalf & Eddy, 1991: 572)

$$N = \frac{N_0(\beta C_{w_{alt}} - C_L)}{C_{S20}} 1,024^{T-20} a \quad (2-23)$$

dengan :

N = transfer O_2 pada kondisi lapang ($lb O_2 \cdot hp^{-1} \cdot jam^{-1}$)

N_0 = transfer O_2 pada kondisi standar ($lb O_2 \cdot hp^{-1} \cdot jam^{-1}$)

(kondisi standar yaitu pada kondisi air $20^\circ C$, tekanan 1 atm dan oksigen terlarut = 0)

β = faktor koreksi tegangan permukaan-salinitas, umumnya berkisar = 1

$C_{w_{alt}}$ = konsentrasi oksigen jenuh yang tergantung pada ketinggian dan suhu air limbah ($mg \cdot l^{-1}$)

C_{S20} = konsentrasi oksigen jenuh pada suhu $20^\circ C$ ($mg \cdot l^{-1}$)

C_L = konsentrasi kelarutan oksigen pada suhu T ($mg \cdot l^{-1}$)

T = suhu air limbah ($^\circ C$)

a = faktor koreksi transfer oksigen untuk air limbah (untuk air limbah domestik berkisar 0,82-0,98)

Kecepatan perpindahan oksigen dalam tangki aerasi dipengaruhi oleh suhu, sedangkan suhu air limbah pada tangki aerasi dipengaruhi oleh suhu dari *influent* dan suhu udara bebas. Beberapa persamaan telah dikembangkan untuk mengestimasi suhu dalam tangki aerasi, antara lain adalah persamaan berikut (Wesley, 1966):

$$T_w = \frac{D.T + f.t.T_a}{f.t + D} \quad (2-24)$$

dengan:

T_w = suhu air limbah dalam tangki (°F)

T_i = suhu air limbah yang masuk ke *tangki/influent* (°F)

T_G = suhu udara rata-rata (°F)

t = waktu penahanan (hari)

D = kedalaman tangki (m)

f = faktor angka penyesuaian karena pengaruh angin, kelembaban dan penggunaan aerator (sekitar 0,5)

Konsentrasi lumpur aktif atau *Mixed Liquid Suspended Solids* (MLSS) yang terbentuk dalam tangki akan berpengaruh terhadap proses pengolahan biologis dalam tangki. Biasanya konsentrasi lumpur aktif diambil dari IPAL lain untuk mempercepat proses pengolahan (dengan konsentrasi berkisar $2-3 \text{ kg.m}^{-3}$). Beban volumetrik BOD (*BOD volumetric load*) dan beban lumpur (*sludge load*) dalam tangki aerasi dinyatakan dengan persamaan (Anonim, 2000: 7):

$$\text{BOD volumetric load} = (\text{beban BOD}) / (\text{volume tangki}) \quad (2-25)$$

$$\text{Sludge load} = (\text{BOD volumetric load}) / (\text{MLSS}) \quad (2-26)$$

Dalam perencanaan, untuk dapat menghasilkan keluaran konsentrasi BOD yang diharapkan, dapat digunakan grafik hubungan antara kualitas BOD *effluent* dengan *sludge load* dalam tangki. Sedangkan untuk perencanaan dimensi tangki aerasi harus memperhitungkan power dan ukuran dan aerator yang dipilih.

2.11.5. Tangki pengendapan (*clarifier tank*)

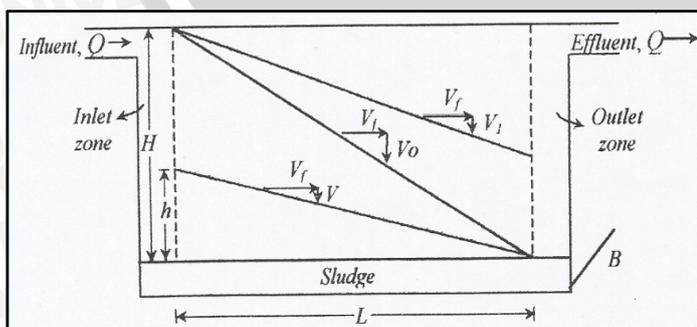
Pengendapan (sedimentasi) adalah pemisahan partikel-partikel tersuspensi yang mempunyai berat lebih besar daripada air dengan menggunakan gaya gravitasi (Metcalf & Eddy, 1991: 220). Tujuan utama pengendapan adalah untuk memisahkan partikel-partikel tersuspensi (*suspended colitis*) yang terkandung dalam air limbah. Hal-hal penting yang diasumsikan dalam perencanaan bak (tangki) pengendapan ideal adalah (Droste, Ronald L, 1997: 294):

1. Pengendapan tidak terjadi pada daerah pemasukan dan daerah pengeluaran.
2. Endapan terakumulasi pada daerah lumpur.
3. Penyebaran air dan partikel-partikel tersuspensi dalam daerah pemasukan adalah seragam, sehingga konsentrasi *suspended solids* pada tiap titik kedalaman dalam daerah pemasukan adalah sama.
4. Kondisi debit influen adalah kontinyu dan konstan (*steady flow*).
5. Partikel yang telah mengendap tidak akan tersuspensi lagi.
6. Lamanya aliran berada dalam bak adalah selama waktu penahanan.
7. Jenis reaktor (tangki atau bak) adalah reaktor aliran gabus (*Plug Flow Reaktor*) yaitu aliran yang masuk akan bergerak melalui reaktor seperti Bergeraknya suatu gabus melalui rangkaian pipa yang panjang.
8. Partikel pada proses pengendapan adalah partikel yang berdiri-sendiri tanpa membentuk flok-flok (*ideal discrete particle*).
9. Partikel bergerak ke depan dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan Bergeraknya air limbah.
10. Tidak ada pergerakan zat cair dalam daerah lumpur.

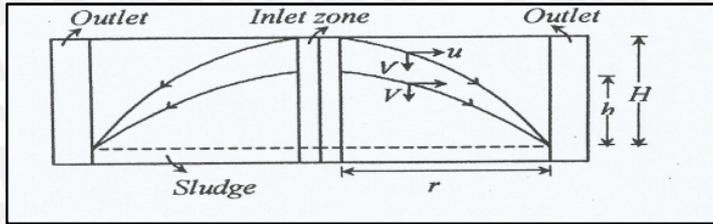
Bak pengendapan ideal secara skematis sesuai gambar 2.15 dibagi menjadi 4 bagian utama, yaitu (Fair, Geyer dan Okun, 1981: 373):

- Daerah pemasukan (*inlet Zone*)
- Daerah pengendapan (*settling zone*)
- Daerah lumpur (*sludge zone* atau *bottom zone*)
- Daerah pengeluaran (*outlet zone*)

Pada perencanaan instalasi pengolahan digunakan tangki pengendapan berbentuk bundar dengan inlet berada di tengah dengan pola aliran adalah aliran radial. Skema tangki pengendapan ideal dengan bentuk segi empat tersaji dalam gambar 2.15, sedangkan skema tangki pengendapan berbentuk bulat tersaji dalam gambar 2.16.

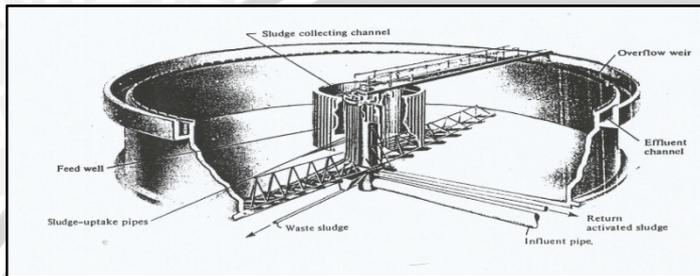


Gambar 2.15 Skema tangki pengendapan aliran horizontal ideal.
Sumber: Droste, Ronald L., 1997:294.



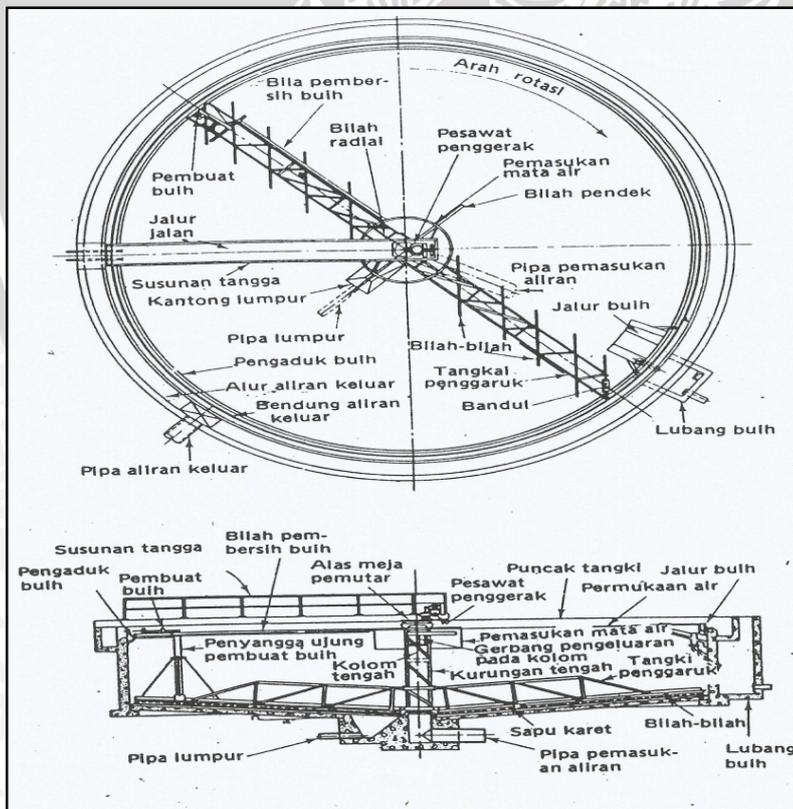
Gambar 2.16. Skema garis edar pengendapan di tangki pengendapan tipe bulat.

Sumber: Sugiharto, 1987: 106.



Gambar 2.17. Gambar tangki pengendapan tipe bulat dengan pelimpah V-notch.

Sumber: Warren Viessman, 1985: 319.



Gambar 2.18. Denah tangki pengendapan berbentuk bulat.

Sumber: Metcalf and Eddy, 1991: 482.

Dengan memperhatikan skema tangki pengendapan aliran horizontal ideal pada Gambar 2.15 dapat dijelaskan sebagai berikut (Droste, Ronald L., 1997: 295):

Kecepatan jatuh rencana adalah kecepatan jatuh partikel yang mengendap dengan menempuh jarak sejauh kedalaman efektif total tangki dalam jangka waktu penahanan teoritis. Dalam tangki pengendapan, arah gerak partikel merupakan hasil vektor dari kecepatan jatuh rencana, V_o , yang bergerak ke arah bawah (vertikal) dan kecepatan aliran *influent*, V_f , yang bergerak ke arah samping (horizontal). Waktu penahanan atau lamanya air mengalir horizontal sepanjang daerah pengendapan (t_d) dinyatakan dengan

$$t_d = \frac{Vol}{Q} \quad (2-27)$$

Jika kedalaman efektif daerah pengendapan adalah H dan lamanya air mengalir horizontal sepanjang daerah pengendapan adalah td , maka kecepatan aliran *influent* V_f dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$V_f = \frac{Q}{BH} \quad (2-28)$$

Selama waktu penahanan td , partikel harus menempuh sejauh panjang tangki (L) dan sejauh kedalaman tangki (H), sehingga dapat diperoleh persamaan-persamaan berikut:

$$V_o td = H \quad (2-29)$$

$$V_f td = L \quad (2-30)$$

Substitusi Persamaan (2-29) ke (2-30), diperoleh

$$\frac{L}{V_f} = \frac{H}{V_o} \quad \text{atau}$$

$$V_o = V_f \frac{H}{L} \quad (2-31)$$

dan dengan menggunakan Persamaan (2-31) terhadap persamaan tersebut, diperoleh

$$V_o = \frac{QH}{BHL} = \frac{Q}{BL} \quad (2-32)$$

$$\text{sehingga } V_o = \frac{Q}{BL} = \frac{Q}{A_s}$$

dengan:

$$Q = \text{debit rata-rata (m}^3 \cdot \text{d}^{-1}\text{)}$$

$$A_s = \text{luas permukaan tangki (m}^2\text{)}$$

$$V_o = \text{laju muatan permukaan rata-rata (m. d}^{-1}\text{)}$$

Tangki pengendapan didesain berdasarkan laju muatan permukaan (*overflow rate* atau *surface loadings rate*) yang biasanya disebut kecepatan pengendapan dan didefinisikan dengan Persamaan (2-32). Berdasarkan keterangan terbukti bahwa desain tangki pengendapan tidak bergantung pada kedalaman dan waktu penahanan dalam tangki, melainkan hanya bergantung pada laju muatan permukaan.

Semua partikel yang masuk ke dalam tangki pada kedalaman kurang dari h dan mempunyai kecepatan jatuh lebih besar daripada V_o maka akan terendapkan (tanpa bergantung dari lamanya waktu tinggal air dalam tangki), sedangkan partikel yang mempunyai kecepatan jatuh kurang dari V_o akan terbawa keluar dari tangki bersama dengan *effluent*. Maka persamaan kedalaman (h), yaitu:

$$h = V \cdot td \quad (2-33)$$

Dengan demikian didapat kriteria pengendapan partikel dengan kecepatan V , sebagai berikut

$$\frac{h}{H} \leq \frac{V}{V_o} \quad (2-34)$$

Apabila dipergunakan tangki pengendapan yang berbentuk bulat, maka komponen yang horizontal selaras dengan jari-jari lingkaran (r), yaitu (Sugiharto, 1987: 105):

$$V = \frac{Q}{2\pi rH} \quad (2-35)$$

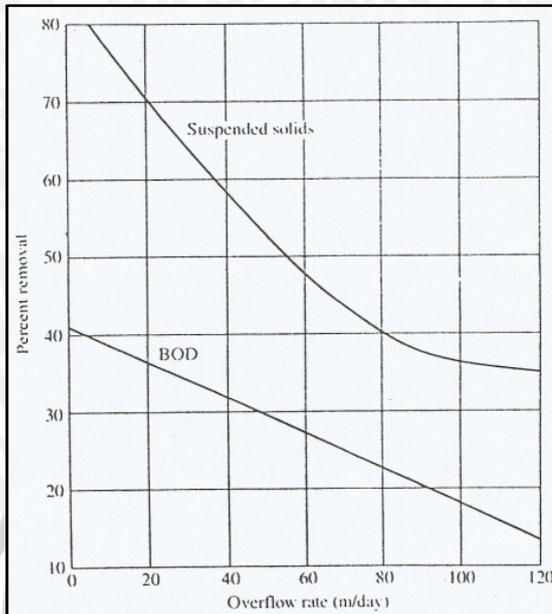
Jumlah tangki minimum yang digunakan untuk tangki pengendapan berbentuk persegi adalah 2 buah tangki dengan tujuan jika salah satu tangki tidak dapat digunakan, maka satu tangki yang lainnya dapat beroperasi termasuk pada saat terjadinya debit puncak. Kriteria desain tangki untuk tangki pengendapan terdapat pada tabel 2.6.

Tabel 2.11. Kriteria desain tangki untuk tangki pengendapan persegi.

Tangki pengendapan primer (primary sedimentation tanks)		
Parameter	Satuan	Nilai
<i>Overflow rate</i>		
- Pada debit rata-rata	$m^3 \cdot m^{-2} \cdot hari^{-1}$	32-49
- Pada debit puncak	$m^3 \cdot m^{-2} \cdot hari^{-1}$	49-122
<i>Weir loading rate</i>	$m^3 \cdot m^{-1} \cdot hari^{-1}$	125-500
Dimensi persegi		
- kedalaman bak	m	3-5
- Panjang bak	m	10-90
- Lebar bak	m	3-24
Waktu penahanan	jam	1-2,5
kemiringan dasar tangki	$mm \cdot m^{-1}$	60-160

Sember: Sri P, 1996: 223.

Efisiensi pengurangan kandungan BOD dan *suspended solids* (SS) dalam air limbah pada tangki pengendapan adalah fungsi dari *overflow rate*. Efisiensi ini ditunjukkan dalam kurva pada Gambar 2.22.



Gambar 2.19. Kurva efisiensi pengurangan kandungan BOD dan *suspended solids* (SS) dalam air limbah pada tangki pengendapan adalah fungsi dari *overflow rate*.

Sumber: Sincero, 1996: 310.

Kecepatan horizontal harus dijaga tidak lebih besar dari kecepatan horizontal kritis (V_H) agar partikel yang mengendap tidak tergerus dan kembali tersuspensi dari dasar tangki. Kecepatan horizontal kritis telah dikembangkan oleh Camp berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Shields, yaitu (Metcalf dan Eddy, 1991: 476):

$$V_H = \left[\frac{8k(s-1)gd}{f} \right]^{1/2} \quad (2-36)$$

dengan:

V_H = kecepatan horizontal kritis (m/dt) = vd

k = konstanta, tergantung dari jenis material yang tergerus

s = berat spesifik partikel, berkisar (Linsley, Roy K., 1991: 122)

= 2,65 untuk partikel-partikel pasir lepas

= 1,03 untuk partikel-partikel lumpur

= 1,0 hingga 1,4 untuk bahan-bahan organik terapung

g = percepatan gravitasi ($m \cdot dt^{-2}$)

d = diameter partikel (m)

f = faktor geser Darcy-Weisbach

Umumnya konstanta k bernilai 0,04 untuk pasir *unigranular* dan faktor geser DarcyWeisbach f besarnya tergantung pada bilangan Reynolds dan berkisar antara 0,02 sampai 0,03 (Metcalf dan Eddy, 1991: 476).

Pada tangki pengendapan yang terbuka, pelimpah pembuang *effluent* yang umum digunakan adalah pelimpah jenis V-notch dengan tujuan agar pengaruh angin pada proses pengendapan dapat diminimalkan. Air limbah yang telah diolah akan melimpah melalui V-notch menuju ke saluran pembawa *effluent (laundry)*. Perencanaan debit yang melimpah di atas V-notch telah dikemukakan oleh Vennard dan Street, 1982, dengan persamaan (Droste, Ronald L., 1997: 319):

$$q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} H_w^{5/2} \quad (2-37)$$

dengan:

θ = sudut pada V-notch ($^\circ$)

C_d = koefisien debit (koefisien debit ini mendekati nilai 0,62)

H_w = kedalaman air di atas pelimpah (m)

2.11.6. Bak desinfeksi (*desinfection chamber*)

Desinfeksi atau pembunuhan kuman bertujuan untuk membunuh atau mengurangi mikroorganisme patogen yang ada dalam limbah cair. Mekanisme desinfeksi dapat secara kimia, yaitu dengan menambahkan senyawa (zat tertentu), atau dengan perlakuan fisik. Desinfeksi air limbah dibutuhkan karena pertimbangan terhadap kemungkinan kontak limbah dengan manusia. Pada prinsipnya proses desinfeksi air limbah sama seperti desinfeksi pada pengolahan air minum hanya saja adanya kandungan padatan tersuspensi dan terlarut (TSS) pada air limbah lebih menyulitkan proses desinfeksi (Sri P, 1996: 420).

Dalam menentukan senyawa untuk membunuh mikroorganisme ditentukan berdasarkan daya racun zat, waktu kontak, efektivitas zat, kadar dosis yang digunakan dan biayanya murah. Bahan desinfektan yang umumnya digunakan adalah *chlolorine*, *chlolorine* dapat membentuk senyawa *haloform* akibat reaksi dengan bahan kimia dalam air limbah. *Amonium* dan variasi bahan kimia lain yang terkandung dalam limbah akan menyerap kebutuhan *chlolorine*, sehingga dosis desinfeksi effluent air limbah lebih besar dibandingkan pada air minum sebelum terbentuknya residu *chlolorine* bebas. Waktu kontak biasanya 30 menit pada debit rata-rata air limbah dan 15 menit pada debit puncak. Jumlah dosis *chlolorine* untuk tiap jenis air limbah sebagai berikut (Sri P, 1996: 421).

Tabel 2.12. Dosis *chlolorine* untuk bak desinfeksi.

Jenis air limbah	Dosis <i>chlolorine</i> (mg.L ⁻¹)
Air baku	
Segar (<i>fresh to stale</i>)	6 - 12
Septik (<i>septic</i>)	12 - 25
pengendapan	
segar	5 - 10
Septik (<i>septic</i>)	12 - 40
<i>Effluent</i> presipitasi kimia	3 - 6
Biofilter	
normal	3 - 5
Jelek (<i>poor</i>)	5 - 10
Lumpur aktif	
normal	2- 4
Jelek (<i>poor</i>)	3 - 8
Saringan asir intermiten	
normal	1-3
jelek	3 -5

Sember: Sri P, 1996: 421.

