

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tabel 2.1. Kajian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Judul	Metode	Hasil
1	Puji Retno Wulandari	2014	Perencanaan pengolahan air limbah sistem terpusat (studi kasus di perumahan pt. Pertamina unit Pelayanan iii plaju – sumatera selatan)	Penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif.	Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan jumlah penduduk meningkat menjadi 23668 jiwa dengan persentase pertumbuhan penduduk sebesar 1,85% per tahun. Debit air limbah yang dihasilkan oleh penduduk untuk 10 tahun mendatang adalah sebesar 6,574 L/detik. Pipa yang digunakan sebagai pipa induk adalah jenis pipa PVC dengan diameter 216mm (8”) dengan koefisien kekasaran Manning sebesar 0,009. Berdasarkan kriteria pemilihan proses pengolahan limbah yang sesuai dengan kondisi lokasi, maka untuk perencanaan kali ini akan digunakan IPAL dengan jenis biofilter aerob-anaerob. Dimensi utama bangunan pengolah air limbah adalah ukuran lebar 8 meter dengan kedalaman 2 m dibawah permukaan tanah dan 1,5 m diatas permukaan tanah. Panjang bak pengendap awal 15 m, bak biofilter anaerob 14 m, bak biofilter aerob 12 m, dan bak pengendap akhir 15 m. Bak ekualisasi dibuat menjadi 2 bak dengan masing – masing lebar 10 m dan panjang 16 m. Luas lahan yang dibutuhkan untuk membangun instalasi ini lebih

					kurang 70 m x 20 m persegi.
2	Debi Damayanti Eveline M. Wuisan, Alex Binilang	2018	Perencanaan sistem jaringan pengolahan air limbah domestik di perumahan paniki dua Kecamatan mapanget	Penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif	Dari hasil perencanaan didapatkan metode yang dipakai dalam SPAL ini adalah sistem terpusat (<i>Off Site System</i>) yang dialirkan secara gravitasi. Sistem ini melayani 5.684 orang atau 1046 bangunan. Jenis saluran yang digunakan adalah saluran bulat lingkaran dengan berbagai variasi ukuran penampang yang mengalirkan air limbah sebesar 724.556,1 liter/hari. Proses pengolahan air limbah menggunakan proses Biofilter Anaerob-Aerob. Ukuran bak Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) 18 m x 5,4 m.
3	Aulia Rahmanissa dan Agus Slamet	2017	Perencanaan Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang	Penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif	Perencanaan sistem pengolahan air limbah terdiri dari system penyaluran (SPAL) dan instalasi pengolahan (IPAL) beserta rencana investasinya. Perencanaan diawali dengan membagi area pelayanan menjadi 5 cluster. Pengumpulan data primer meliputi survei lokasi dan kualitas influen air limbah. Data sekunder yang dibutuhkan adalah jumlah penduduk, rekening PDAM pelanggan, peta wilayah, baku mutu air limbah domestik, dan HSPK Kota Semarang tahun 2016. Perencanaan sistem penyaluran air limbah ini menggunakan sistem <i>shallow sewer</i> . Unit IPAL menggunakan kombinasi anaerobic baffled reactor -anaerobic filter. Sistem penyaluran menggunakan konsep shallow sewer. Jenis pipa yang digunakan adalah PVC dengan diameter 100 mm – 250 mm. Kualitas influen yang diolah adalah BOD 162 mg/L, COD

					268 mg/L, dan TSS 210 mg/L. IPAL yang direncanakan adalah ABR-AF yang terbagi menjadi beberapa unit dan disusun secara paralel. Cluster 1 terdiri dari 3 unit dengan luas 106,42m ² . IPAL cluster 2 terdiri dari 3 unit dengan luas 122,47m ² . Cluster 3 terdiri dari 1 unit dengan luas 28,5 m ² . IPAL cluster 4 terdiri dari 3 unit dengan luas 244,2 m ² . Cluster 5 terdiri dari 3 unit dengan luas 151,62 m ² . Rencana investasi per KK antara Rp 2.500.000,00 hingga Rp 5.000.000,00 dan biaya retribusi Rp 3.000– 5.000 /bulan.
--	--	--	--	--	---

Sumber: Penelitian terdahulu

2.2. Pengertian Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah hasil buangan dari aktifitas pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan sarana sejenisnya. Air limbah rumah tangga dapat dibagi menjadi dua yakni air limbah toilet (*black water*) dan air limbah non-toilet (*grey water*). Air limbah toilet terdiri dari tinja, air kencing serta bilasan, sedangkan air limbah non-toilet yakni air limbah yang berasal dari air mandi, limbah cucian, air limbah dapur, wastafel, dan lainnya.

Air limbah domestik juga diartikan sebagai air buangan yang tidak dapat digunakan lagi. Jumlah air limbah yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya. Metcalf dan Eddy. (2004) menyebutkan bahwa limbah merupakan sumber daya alam yang telah kehilangan fungsinya, yang keberadaannya mengganggu kenyamanan dan

keindahan lingkungan. Limbah dihasilkan dari sisa proses produksi baik industry maupun domestik/rumah tangga.

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Beberapa bentuk dari air limbah ini berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga. Jumlah air limbah yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya. Apabila jumlah air yang dibuang berlebihan melebihi dari kemampuan alam untuk menerimanya maka akan terjadi kerusakan lingkungan. Lingkungan yang rusak akan menyebabkan menurunnya tingkat kesehatan manusia yang tinggal pada lingkungannya itu sendiri sehingga oleh karenanya perlu dilakukan penanganan air limbah yang seksama dan terpadu baik itu dalam penyaluran maupun pengolahannya.

Sistem penyaluran air limbah adalah suatu rangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang air limbah dari suatu kawasan/lahan baik itu dari rumah tangga maupun kawasan industri. Sistem penyaluran biasanya menggunakan sistem saluran tertutup dengan menggunakan pipa yang berfungsi menyalurkan air limbah tersebut ke bak *interceptor* yang nantinya di salurkan ke saluran utama atau saluran drainase.

1.3. Pengolahan Limbah

Pengolahan limbah adalah usaha untuk mengurangi atau menstabilkan zat-zat pencemar sehingga saat dibuang tidak membahayakan lingkungan dan kesehatan. Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi kandungan bahan pencemar terutama senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba patogen, dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme alami. Tujuan lain pengolahan limbah cair adalah :

1. Mengurangi dan menghilangkan pengaruh buruk limbah cair bagi kesehatan manusia dan lingkungannya.
2. Meningkatkan mutu lingkungan hidup melalui pengolahan, pembuangan dan atau pemanfaatan limbah cair untuk kepentingan hidup manusia dan lingkungannya.

Proses pengolahan limbah terdiri dari dua jenis yaitu pengolahan limbah setempat (*on site*) dan pengolahan limbah secara terpusat (*off site*). Menurut Fajarwati dalam Penyaluran Air Buangan Domestik (2012), sistem sanitasi setempat (*on site sanitation*) adalah sistem pembuangan air limbah dimana air limbah tidak dikumpulkan serta disalurkan ke dalam suatu jaringan saluran yang akan membawanya ke suatu tempat pengolahan air buangan atau badan air penerima, melainkan dibuang di tempat. Sedangkan sistem sanitasi terpusat (*off site sanitation*) merupakan sistem pembuangan air buangan rumah tangga (mandi, cuci, dapur, dan limbah kotoran) yang disalurkan keluar dari lokasi pekarangan masing-masing rumah ke saluran pengumpul air buangan dan selanjutnya

disalurkan secara terpusat ke bangunan pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan perairan. Pada penelitian kali ini, kajian hanya dipusatkan pada proses pengolahan air limbah secara terpusat (*off site system*).

Proses pengolahan air limbah sistem terpusat umumnya dibagi menjadi empat tahapan, yaitu :

1. Pengolahan awal (*pre treatment*)
2. Pengolahan tahap pertama (*primary treatment*)
3. Pengolahan tahap kedua (*secondary treatment*)
4. Pengolahan tahap akhir (*tertiary treatment*)

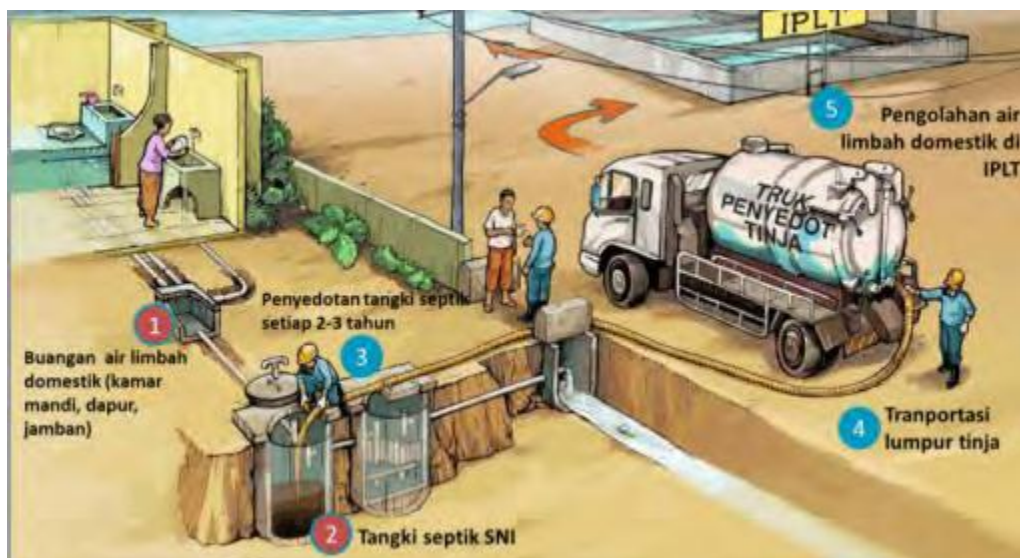
2.4 Sistem Pengolahan Air Buangan Domestik

Sistem pengelolaan air buangan domestik dikelompokkan menjadi 2 yakni Sistem setempat, dimana air buangan (*black water* dan *grey water*) langsung diolah setempat. dan Sistem terpusat, dimana air buangan (*black water* dan *grey water*) dialirkan melalui perpipaan ke IPAL.

2.4.1 Sistem setempat (*on-site system*)

Sistem setempat adalah sistem pembuangan air limbah dimana air limbah tidak dikumpulkan serta disalurkan ke dalam suatu jaringan saluran yang akan membawanya ke suatu tempat pengolahan air buangan atau badan air penerima. Sistem ini biasanya digunakan dalam skala kecil/keluarga (Fajarwati, 2012). Berdasarkan Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi (2016), sistem setempat yakni dimana kotoran manusia dan air limbah (*grey water*) dikumpulkan dan diolah didalam lahan milik pribadi. Sistem sanitasi setempat memerlukan pembuangan endapan tinja/pengurasan secara berkala (2-4 tahun). Endapan tinja

selanjutnya diangkut dan diolah ke Instalasi Pengelolaan Lumpur Tinja (IPLT). Sistem sanitasi setempat atau sistem pengelolaan air limbah domestik setempat dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Setempat
Sumber: Arianto dkk., 2016

2.4.2 Sistem terpusat (off-site system)

Sistem terpusat adalah sistem pembuangan air buangan domestik (mandi, cuci, dapur, dan limbah kotoran) yang disalurkan keluar dari lokasi pekarangan masing-masing rumah ke saluran pengumpul air buangan yang selanjutnya disalurkan secara terpusat ke bangunan pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan air penerima (Fajarwati,2012). Berdasarkan Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi (2016), sistem terpusat yakni air kotoran manusia (*black water*) dan air limbah rumah tangga (*grey water*) digabungkan di satu tempat (bak kontrol) dan dibuang ke saluran melalui satu sambungan rumah. Sistem terpusat memerlukan adanya Sistem Penyalur Air Limbah (SPAL) yang tujuannya untuk

mengalirkan air limbah (*black water* dan *grey water*) ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sistem sanitasi terpusat atau sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat
Sumber: Iskandar dkk., 2016

2.5 Kriteria Pemilihan Teknologi Pengolahan Air Buangan Domestik

Dalam pemilihan teknologi pengolahan air buangan domestik SNI menurut Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat (2016), terdapat beberapa kriteria antara lain:

1. Lahan yang dibutuhkan tidak terlalu besar.
2. Biaya operasinya rendah.
3. Pengelolaannya mudah.
4. Perawatannya mudah dan sederhana.
5. Konsumsi energinya rendah.

6. Efisiensi pengolahan dapat mencapai standar baku mutu air buangan domestik yang disyaratkan.
7. Lumpur yang dihasilkan sedikit.
8. Penggunaan bisa untuk air buangan domestik yang beban BOD nya tinggi.

Berdasarkan Buku Opsi Sanitasi yang Terjangkau untuk Daerah Spesifik (2016), dalam pemilihan teknologi air buangan domestik perlu memperhatikan rendahnya biaya pembangunan, kemudahan dalam pembangunan dan ketersediaan material di pasar lokal. Selain itu, pemilihan teknologi dapat dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat ekonomi masyarakat, muka air tanah dan topografi daerah studi perencanaan.

2.6. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau *Wastewater Treatment Plant* (WWTP) adalah sebuah struktur yang dirancang untuk membuang limbah biologis dan kimiawi dari air sehingga memungkinkan air tersebut untuk dapat digunakan kembali pada aktivitas yang lain. Tujuan utama pengolahan air limbah ialah untuk mengurai kandungan bahan pencemar di dalam air terutama senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba patogen, dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang terdapat di alam.

Untuk mengolah air yang mengandung senyawa organik, umumnya menggunakan teknologi pengolahan air limbah secara biologis atau gabungan antara proses kimia-fisika. Proses secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau dengan kombinasi keduanya. Proses aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan

limbah dengan beban BOD tidak terlalu besar, sedangkan proses anaerobic digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi. Pada penelitian ini, uraian dititik beratkan pada pengolahan limbah secara aerobic.

2.7. Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Menurut Wahyu Hidayat dan Nusa Idaman Said dalam jurnal Rancang Bangun IPAL, pengolahan air limbah secara aerobic secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga, yakni :

1. Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah system pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada didalam air. Contoh proses ini antara lain proses lumpur aktif standar/konvensional, *step aeration*, *contact stabilization*, dan lainnya.
2. Proses biologis dengan biakan melekat yakni proses pengolahan air limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut
3. Melekat pada permukaan media. Beberapa contoh teknologi pengolahan air dengan system ini antara lain *trickling filter* atau *biofilter*, *rotating biological contractor (RBC)*, dan lain-lain.
4. Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan lagoon atau kolam adalah dengan menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama, sehingga aktifitas mikroorganisme yang tumbuh secara alami dan senyawa polutan yang ada didalam air limbah akan terurai.

Pemilihan proses pengolahan air limbah domestic yang digunakan didasarkan atas beberapa kriteria yang diinginkan antara lain :

1. Efisiensi pengolahan dapat mencapai standar baku mutu air limbah domestik yang disyaratkan.
2. Pengelolaannya harus mudah.
3. Lahan yang diperlukan tidak terlalu besar.
4. Konsumsi energi sedapat mungkin rendah.
5. Biaya operasinya rendah.
6. Lumpur yang dihasilkan sedapat mungkin kecil.
7. Dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar.
8. Dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik.
9. Dapat menghilangkan amoniak sampai mencapai standar baku mutu yang berlaku.
10. Perawatannya mudah dan sederhana.

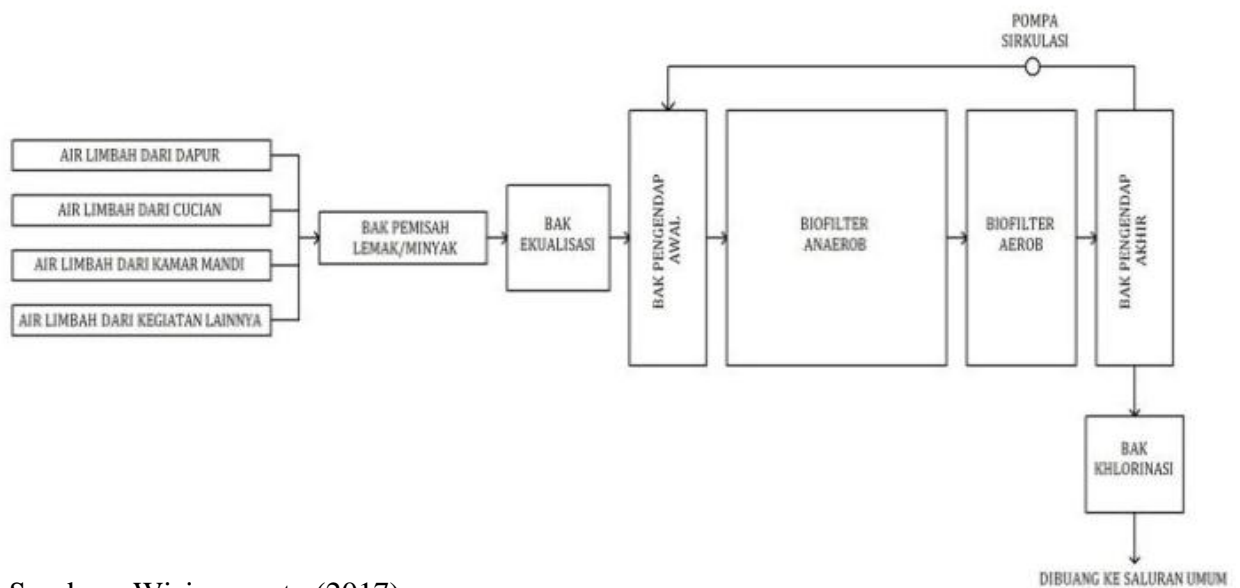
Sesuai dengan kriteria di atas, maka untuk perencanaan kali ini akan digunakan IPAL dengan jenis biofilter aerob - anaerob. Prinsip kerja dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Biofilter Aerob Anaerob adalah sebagai berikut :

1. Seluruh air limbah yang dihasilkan dari kegiatan domestik, seluruhnya dialirkan ke bak pemisah lemak atau minyak. Bak pemisah lemak tersebut berfungsi untuk memisahkan lemak atau minyak yang berasal dari kegiatan dapur, serta untuk mendapatkan kotoran pasir, tanah atau senyawa padatan yang tak dapat terurai secara biologis.

2. Selanjutnya limpasan dari bak pemisah lemak dialirkan masuk ke bak pengendap awal untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Selain sebagai bak pengendapan, bak ini juga berfungsi sebagai bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, *sludge digestion* (pengurai lumpur) dan penampung lumpur.
3. Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke bak kontaktor anaerob (biofilter *Anaerob*) dengan arah aliran dari atas ke bawah. Jumlah bak kontaktor anaerob terdiri dari dua buah ruangan. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerob atau fakultatif aerob. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikro-organisme. Mikro-organisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum terurai pada bak pengendap.
4. Air limbah dari bak kontaktor (*biofilter*) anaerob dialirkan ke bak kontaktor aerob yang berfungsi menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah. Dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung mikro-organisme diendapkan dan sebagian air dipompa kembali ke bagian bak pengendap awal dengan pompa sirkulasi lumpur.
5. Sedangkan air limpasan (*outlet/over flow*) sebagian dialirkan ke bak yang diisi ikan dan sebagian lagi dialirkan ke bak kholirinasi/kontaktor khlor. Di dalam bak kontaktor khlor ini, air limbah dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh mikro-organisme patogen. Penambahan khlor bisa

dilakukan dengan menggunakan khlor tablet atau dengan larutan kaporit yang disuplai melalui pompa. Air olahan, yakni air yang keluar setelah proses khlorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum. Dengan kombinasi proses anaerob dan aerob tersebut selain dapat menurunkan zat organik (BOD, COD), ammonia, padatan tersuspensi (SS), phospat dan lainnya dapat juga turun secara signifikan.

Untuk diagram proses pengolahan air limbah domestic dengan proses biofilter aerob-anaerob, dapat dilihat pada gambar 2.1.



Sumber : Wisjnuprpto (2017)

Secara garis besar, kriteria perencanaan IPAL biofilter anaerob-aerob menurut buku Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan Menurut Wisjnuprpto (2017), beberapa keunggulan proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter aerob anaerob antara lain :

1. Pengoperasiannya mudah
2. Biaya operasi rendah
3. Lumpur yang dihasilkan sedikit
4. Dapat menghilangkan nitrogen dan fosfor yang menyebabkan eutropikasi
5. Suplai udara untuk aerasi relatif kecil
6. Dapat digunakan untuk air limbah dengan beban bod yang cukup tinggi
7. Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil
8. dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik

Didalam proses pengolahan air limbah dengan proses biakan melekat, prinsip dasarnya adalah mengalirkan air limbah ke dalam suatu biakan mikroorganisme yang melekat di permukaan media. Polutan yang ada didalam air limbah akan diuraikan oleh mikroorganisme tersebut menjadi senyawa yang tidak mencemari lingkungan. Proses penguraiannya dapat berlangsung secara aerob dan anaerob, atau kombinasi aerob dan anaerob. Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa material organik atau bahan material anorganik. Media biofilter dari bahan organik misalnya plastic dalam bentuk tali, bentuk jarring, bentuk butiran tak teratur (*random packing*), bentuk papan (*plate*), bentuk sarang tawon dan lain – lain. Media dari bahan anorganik misalnya batu pecah (*split*) kerikil, batu kali, batu marmer, batu tembikar, dan lain – lain.

Media biofilter yang digunakan adalah media dari bahan plastik yang ringan, tahan lama, mempunyai luas spesifik yang besar, serta mempunyai volume

rongga yang besar sehingga resiko kebuntuan media sangat kecil. Berdasarkan kriteria tersebut, dipilihlah media dengan tipe sarang tawon (*cross flow*).

Perhitungan debit desain air limbah dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Debit infiltrasi (Q_{inf}) (Harjosuprpto, 2013)

$$Q_{inf} = (L \cdot 1.000) \times q_{inf} \dots\dots\dots(1)$$

di mana:

Q_{inf} = Debit infiltrasi (L/detik)

L = Panjang saluran (m)

q_{inf} = Debit infiltrasi air tanah = (2-3) (L/detik)

2. Debit inflow (Q_{sf}) (Harjosuprpto, 2013)

$$Q_{sf} = f_r \times Q_R \dots\dots\dots(2)$$

di mana:

Q_{sf} = Debit *inflow* (L/detik)

f_r = Koefisien *inflow* (Untuk daerah elit = 0,1)

QAL = Debit rerata air limbah (L/detik)

3. Debit harian maksimum (Q_{max-d}) (Harjosuprpto, 2013)

$$Q_{max-d} = f_{md} \times Q_R \dots\dots\dots(3)$$

di mana:

Q_{max-d} = Debit harian maksimum (L/detik)

f_{md} = Faktor harian maksimum

QAL = Debit rerata air limbah (L/detik)