

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Definisi Air Limbah

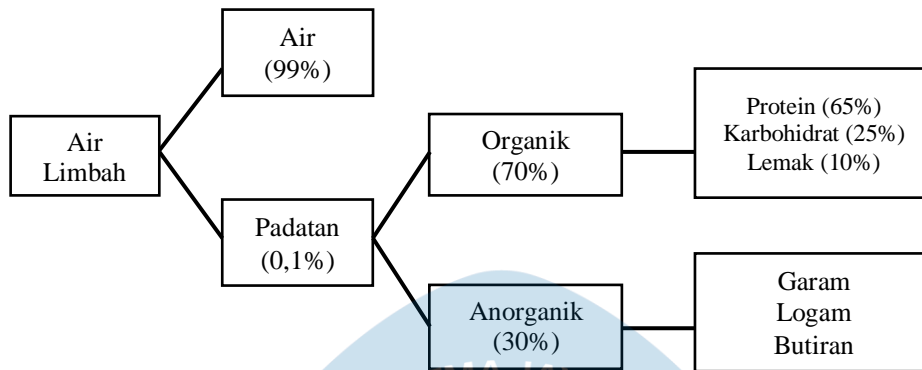
##### 3.1.1 Air Limbah Secara Umum

Limbah cair atau buangan merupakan air yang tidak dapat dimanfaatkan lagi serta dapat menimbulkan dampak yang buruk terhadap manusia dan lingkungan. Keberadaan limbah cair tidak diharapkan di lingkungan karena tidak mempunyai nilai ekonomi. Pengolahan yang tepat bagi limbah cair sangat diutamakan agar tidak mencemari lingkungan (Mardana, 2007)

##### 2.1.2 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (Kepmen LH No P68 Tahun 2016). Menurut Sugiharto (1987), air limbah domestik adalah air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk didalamnya air buangan yang berasal dari WC, kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak.

Air limbah domestik banyak mengandung nutrient yang dapat merangsang pertumbuhan mikroorganismenya dengan komposisi air limbah sebagai berikut :



**Gambar 2.1.** Komposisi air limbah

### 2.1.3 Sumber Air Limbah

Air limbah tidak akan terlepas dari pembahasan tahapan proses pengolahan yang menggambarkan perjalanannya dari sumber asalnya. Dalam Sugiharto (2008), sumber asal air limbah dibedakan menjadi tiga, yaitu :

1. Air limbah industri, yang bergantung dari jenis dan besar-kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, serta derajat pengolahan air limbah yang ada.
2. Air limbah rumah tangga (domestik) dapat dikelompokkan menjadi *sullage (graywater)* dan ekskreta (*black water*). *Sullage (gray water)* banyak mengandung bahan-bahan kimia, seperti sabun, deterjen, minyak, dan kotoran yang bercampur dari dapur, seperti daun, kulit sayuran, nasi, dan susu. Sedangkan, ekskreta (*black water*) merupakan bahan buangan yang berbentuk padat, contohnya tinja dan urine (air seni) manusia.

#### 2.1.4 Karakteristik Air Limbah

Menurut Kepmen LH No. P68 Tahun 2016, air limbah memiliki karakteristik fisik (bau, warna, padatan, suhu, kekeruhan), karakteristik kimia (organik, anorganik dan gas) dan karakteristik biologis (mikroorganisme).

Limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, dimana karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi yang diuraikan sebagai berikut (Metcalf and Eddy, 2008).

##### 1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisika air limbah yang perlu diketahui adalah *total solid*, bau, temperatur, *density*, warna, dan *turbidity*.

###### a. *Total Solid* (TS)

*Total solid* adalah semua materi yang tersisa setelah proses evaporasi pada suhu 103-105°C. Karakteristik yang bersumber dari saluran air domestik, industri, erosi tanah, dan infiltrasi ini dapat menyebabkan bangunan pengolahan penuh dengan *sludge* dan kondisi anaerob dapat tercipta sehingga mengganggu proses pengolahan.

###### b. Bau

Disebabkan oleh udara yang dihasilkan pada proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah.

c. Temperatur

Temperatur ini mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Air yang baik mempunyai temperatur normal  $8^{\circ}\text{C}$  dari suhu kamar  $27^{\circ}\text{C}$ . Semakin tinggi temperatur air ( $>27^{\circ}\text{C}$ ) maka kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.

d. *Density*

*Density* adalah perbandingan antara massa dengan volume yang dinyatakan sebagai  $\text{slug}/\text{ft}^3$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

e. Warna.

Pada dasarnya air bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu menjadi kehitaman.

f. *Turbidity*

*Turbidity* (kekeruhan) diukur dengan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipendarkan oleh sampel air limbah dengan cahaya yang dipendarkan oleh suspensi standar pada konsentrasi yang sama (Eddy, 2008).

## 2. Karakteristik Kimia

Pada air limbah ada tiga karakteristik kimia yang perlu diidentifikasi yaitu bahan organik, anorganik, dan gas.

a. Konstituen Kimia Organik

Pada air limbah bahan organik bersumber dari hewan, tumbuhan, dan aktivitas manusia. Bahan organik itu sendiri terdiri dari C, H, O, N

yang menjadi karakteristik kimia adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan, pestisida dan fenol, dimana sumbernya adalah limbah domestik, komersil, industri kecuali pestisida yang bersumber dari pertanian

b. Konstituen Kimia Anorganik

Jumlah bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh asal air limbah. Pada umumnya berupa senyawa-senyawa yang mengandung logam berat (Fe, Cu, Pb, dan Mn), asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat senyawa-senyawa nitrogen (amoniak, nitrit, dan nitrat), dan juga senyawa-senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida).

### 3. Karakteristik Biologi

Pada air limbah, karakteristik biologi menjadi dasar untuk mengontrol timbulnya penyakit yang dikarenakan organisme pathogen. Karakteristik biologi tersebut seperti bakteri dan mikroorganisme lainnya yang terdapat dalam dekomposisi dan stabilitas senyawa organik (Eddy, 2008).

#### 3.2 Pengolahan Air Limbah dengan Kolam (Pond) dan Lagoon

Prinsip dalam pengolahan air limbah adalah mengurangi atau menghilangkan kontaminan yang terdapat dalam air limbah, sehingga hasil olahannya tidak akan mengganggu lingkungan. Sasaran pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, COD, partikel tercampur, membunuh bakteri *pathogen*, serta mengurangi bahan nutrisi, komponen beracun, dan bahan yang tidak dapat

didegradasikan agar konsentrasi yang ada menjadi rendah (Sugiharto, 2008). Tujuan pengolahan ini tergantung dari tipe air limbah yang dihasilkan, sehingga tujuan utama pengolahan limbah domestik adalah untuk mereduksi kandungan senyawa berbahaya yang terkandung dalam air limbah. Metode dasar penanganan limbah domestik terdiri dari tahap pengolahan primer, pengolahan sekunder, dan penanganan tersier (Sami, 2012).

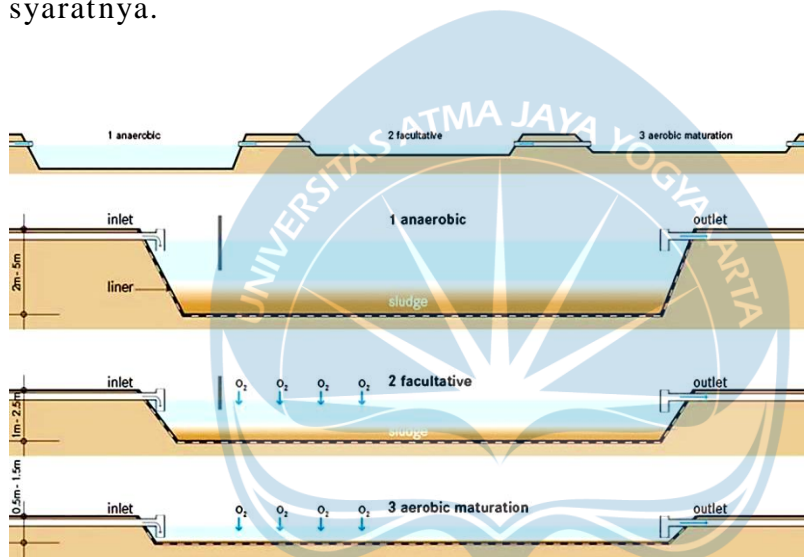
Pengolahan air limbah secara biologis, selain melalui proses biakan tersuspensi (*suspended culture*) dan proses dengan biakan melekat (*attached culture*), proses lainnya yang sering digunakan adalah *pond* (kolam) dan *lagoon*. Pond atau kolam air limbah sering juga disebut kolam stabilisasi (*stabilization pond*) atau kolam oksidasi (*oxidation pond*). Lagoon untuk air limbah biasanya terdiri dari kolam dari tanah yang luasa, dangkal atau tidak terlalu dalam dimana air limbah dimasukkan ke dalam kolam tersebut dengan waktu tinggal yang cukup lama agar terjadi pemurnian secara biologis alami sesuai dengan derajat pengolahan yang ditentukan.

Didalam sistem *pond* atau *lagoon* paling tidak sebagian dari sistem biologis dipertahankan dalam kondisi *aerobic* agar didapatkan hasil pengolahan sesuai yang diharapkan. Meskipun suplai oksigen sebagian didapatkan dari proses difusi dengan udara luar, sebagian besarnya didapatkan dari hasil proses fotosintesis. *Lagoon* dapat dibedakan dengan *pond* (kolam) dimana untuk *lagoon* suplai oksigen didapatkan dengan cara aerasi buatan, sedangkan untuk *pond* suplai oksigen dilakukan secara alami. Beberapa jenis kolam dan *lagoon*

mempunyai keunikan tertentu bagi pengguna tertentu juga (dikutip dari Buku *Teknologi Pengolahan Air Limbah*).

### 2.2.1 Jenis – jenis Kolam Unit IPAL (*Lagoon*) ITDC, Nusa Dua

Berdasarkan standar yang digunakan oleh IPAL (*Lagoon*) ITDC yakni U.S. EPA (1983) maka berikut adalah jenis-jenis kolam atau unit dan syarat-syaratnya.



**Gambar 2.2.** Jenis Kolam IPAL dengan sistem *Lagoon*

#### A. Kolam Anaerobik

Kolam anaerobik memiliki fungsi sebagai pengolah pendahuluan (*pre treatment*) pada kolam stabilisasi karena beban organik yang masih tinggi dalam air limbah. Keuntungan dari proses anaerobik dibandingkan dengan aerobik adalah produksi lumpur yang rendah dan tidak memerlukan peralatan aerasi, namun memiliki kelemahan yakni prosesnya menghasilkan senyawa yang menyebabkan timbulnya bau,

sehingga diperlukan proses lanjutan berupa proses aerobik. Terdapat dua sel dalam kolam anaerobic ini yakni Sel IA dan Sel IB.

Kriteria kolam anaerobik menurut U.S. EPA (1983) adalah :

1. Kedalaman kolam = 2,5 – 5 m
2. Waktu tinggal kolam = 20 – 50 hari
3. Beban BOD (BOD/ha.hari) = 224 – 560 kg
4. Efisiensi penyisihan BOD = 50% – 85%

### **B. Kolam Fakultatif**

Jenis kolam stabilisasi yang biasanya banyak digunakan adalah kolam fakultatif. Kolam fakultatif merupakan kolam yang terjadi proses biodegradasi secara aerobik (terjadi pada permukaan sampai pada  $\frac{3}{4}$  kedalaman kolam) dan bidegradasi secara anaerobik (terjadi pada lumpur di dasar kolam sampai  $\frac{1}{4}$  kedalaman kolam). Kolam fakultatif berfungsi sebagai bioreaktor alami tanpa resirkulasi lumpur aktif. Terdapat dua sel dalam kolam anaerobik ini yakni Sel IIA dan Sel IIB.

Kriteria kolam fakultatif menurut U.S. EPA (1983) adalah :

1. Kedalaman kolam = 1,2 – 2,4 m
2. Waktu tinggal kolam = 5 – 30 hari
3. Beban BOD (BOD/ha.hari) = 56 – 201 kg
4. Efisiensi penyisihan BOD = 80% – 95%



### C. Kolam Aerobik Maturasi

Kolam maturasi memiliki fungsi untuk menyisihkan nutrisi N (*nitrogen*) dan P (*phosphor*), menyisihkan bakteri *pathogen* akibat sinar UV (*ultraviolet*) matahari, dan meningkatkan kualitas efluen dalam hal penyisihan *faecal coliform* (FC). Konfigurasi kolam aerobik maturasi adalah diletakkan setelah kolam fakultatif dan umumnya dibuat secara seri. Terdapat dua sel dalam kolam anaerobik ini yakni Sel III.

Kriteria kolam aerobik maturasi menurut U.S. EPA (1983) adalah :

1. Kedalaman kolam = 0,3 – 0,6 m
2. Waktu tinggal hidrolis = 5 – 20 hari
3. Beban BOD (BOD/ha.hari) = 90 – 180 kg
4. Efisiensi penyisihan BOD = 60% – 80%

### D. Kolam Aerasi

Kolam aerasi (*aeration pond*) pada instalasi pengolahan air limbah domestik IPAL (*Lagoon*) ITDC merupakan unit yang memiliki mesin aerator (*surface aerator*) dengan kemampuan transfer oksigen 8,13 kgO<sub>2</sub>/jam dan 7 mesin aerator berjenis turbo jet aerator dengan kemampuan transfer oksigen 2,98 kgO<sub>2</sub>/jam. Tiap aerator dioperasikan dengan waktu tertentu, secara teoritis waktu operasi aerator dipengaruhi oleh kebutuhan oksigen dalam kolam aerasi (BOD), volume air limbah serta debit air limbah. Berdasarkan *literature* terdapat lima konstanta

dalam melakukan perhitungan kebutuhan oksigen dalam kolam aerasi yakni :

1. Konstanta reaksi orde satu ( $k$ )

Laju degradasi polutan (zat organik) dipengaruhi oleh sebanding dengan laju polutan yang masuk. Maka dari itu reaksi yang terjadi tergolong dalam reaksi orde satu. Konstanta reaksi orde satu dipengaruhi oleh suhu air. Rentangan nilai  $k$  untuk kolam aerasi adalah  $0,25/\text{hari} - 1/\text{hari}$  (Metcalf & Eddy, 1991). Tipikal konstanta ( $k$ ) yang digunakan adalah  $0,25/\text{hari}$  dengan suhu  $20^{\circ}$ .

2. Yield coefficient ( $Y$ )

Yield coefficient merupakan perbandingan massa sel yang terbentuk (volatile suspended solid) dengan massa substrat (polutan) yang didegradasi. Rentang nilai  $Y$  adalah  $0,4 - 0,8$  (Metcalf & Eddy, 1991). Tipikal yang digunakan adalah  $0,65 \text{ mg VSS}/\text{mg BOD}_5$ .

3. Conversion factor ( $f$ )

Conversion factor merupakan faktor konversi  $\text{BOD}_5$  menjadi  $\text{BOD}_1$  dalam air limbah. Tipikal yang digunakan adalah  $0,68$ .

4. Decay coefficient ( $K_d$ )

Decay coefficient atau koefisien kerusakan merupakan nilai kerusakan pada sel mikroorganisme dalam air limbah. Rentang nilai  $K_d$  adalah  $0,25/\text{hari} - 0,075/\text{hari}$ . Tipikal yang digunakan adalah  $0,07/\text{hari}$ .

### 5. *Half velocity constant* ( $K_s$ )

$K_s$  merupakan konstanta perbandingan konsentrasi substrat pada air limbah dengan setengah laju pertumbuhan maksimum ( $\mu_{maks}$ ) dari sel mikroorganisme pada kondisi jenuh. Rentang nilai  $K_s$  adalah 25 mg BOD<sub>5</sub>/L – 100 mg BOD<sub>5</sub>/L. Tipikal yang digunakan adalah 60 mg BOD<sub>5</sub>/L.

### E. Kolam Sedimentasi

Kolam sedimentasi digunakan sebagai tempat pengendap partikel-partikel pada air limbah setelah melewati kolam aerasi. Setelah melewati kolam sedimentasi, air hasil olahan masuk ke dalam groundtank. Terdapat tiga buah kolam sedimentasi yakni kolam sedimentasi A, B, dan C.

### **2.3 Peraturan Baku Mutu Air Limbah**

Definisi baku mutu air limbah menurut Peraturan Gubernur Provinsi Bali No.16 Tahun 2016 adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas kedalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan.

Berikut adalah tabel baku mutu air limbah.

**Tabel 2.1** Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Satuan	PERDA BALI No. 16 Tahun 2016
Ph	-	6-9
BOD <sub>5</sub>	mg/L	28
COD	mg/L	50
TSS	mg/L	50
Minyak Lemak	mg/L	10
Total <i>Colifirm</i>	Jumlah/100mL	4000
Debit	L/orang/hari	250

Sumber : Peraturan Daerah Provinsi Bali No.16 Tahun 2016

Keterangan :

- pH adalah derajat atau tingkat keasaman. Nilai suatu perairan mencirikan keseimbangan antara kadar asam dan basa dalam air. Nilai pH yang baik adalah kisaran 7 – 8,5 dimana ditandai dengan dapat bertumbuhnya organisme dalam air secara biologis dengan baik.
- BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroba aerob untuk mengurai bahan organik yang ada dalam air limbah secara biologis.
- COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik yang ada dalam air limbah secara kimiawi.

## 2.4 Dasar-Dasar Perhitungan Parameter Evaluasi Unit IPAL

Terdapat parameter disain, baik dalam menghitung maupun dalam mengevaluasi IPAL yang menggunakan metode atau sistem *pond* atau *lagoon*.

### 1. Waktu Tinggal Hidrolik (*Hydraulic Detention Time*, HDT)

Waktu Tinggal Hidrolik (*Hydraulic Detention Time*, HDT) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh influen masuk kedalam tangki aerasi untuk proses lumpur aktif, nilainya akan berbanding terbalik dengan laju pengenceran. Berikut adalah perhitungannya (Reynold & Richard, 1995)

$$HRT = \frac{V_A}{Q} \quad (2-1)$$

Keterangan :

$V_A$  : volume kolam ( $m^3$ )

$Q$  : debit air limbah masuk ke tangki ( $m^3/jam$ )

### 2. Kebutuhan Oksigen Teorotis

Oksigen dibutuhkan untuk biodegradasi dari *carbonaceous* material yang ditentukan dari kesetimbangan massa menggunakan konsentrasi COD dari air limbah yang diolah dan jumlah dari biomassa yang dibuang dari sistem setiap harinya (Metcalf dan Eddy, 2004).

$$O_{2T} = \frac{Q(S_0 - S)}{f} - 1,42P_X + 4,57 \times Q(N_0 - N) \quad (2-2)$$

Keterangan :

$S_0$  : konsentrasi BOD influen (mg/l)

$S$  : konsentrasi BOD effluent (mg/l) (digunakan 10 mg/l)

$P_x$  : konsentrasi sel mikroorganisme dalam air limbah (kg VSS/m<sup>3</sup>)

$N_0$  : konsentrasi senyawa N influen (mg/l)

$N$  : konsentrasi senyawa effluen (mg/l)

$$P_x = Q \frac{Y(S_0 - S)}{1 + (K_d - \theta_c)} \quad \frac{1}{\theta_c} = \mu_{maks} \left( \frac{S}{K_s - S} \right) - K_d \quad (2-3)$$

Keterangan :

$K$  : konstanta reaksi orde 1 (per hari)

$Y$  : *yield coefficient* (mg VSS/mg BOD<sub>5</sub>)

$K_d$  : *decay coefficient* (per hari)

$\theta_c$  : *mean cell residence time* (hari)

$\mu_{maks}$  : *maximum specific growth of cell* (per hari)

$K_s$  : *half-velocity constant* (mg BOD<sub>5</sub>/L)

### 3. Laju Beban BOD

Laju beban BOD adalah jumlah BOD yang diaplikasikan atau masuk ke dalam volume bak aerasi per hari (kg/m<sup>3</sup>.hari). Secara umum semakin besar laju beban BOD menyebabkan tingginya kebutuhan laju oksigen transfer per unit volume dari sistem aerasi (Metcalf dan Eddy, 2004), dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Laju Beban BOD} = \frac{Q \cdot S_0}{V} \quad (2-4)$$

Keterangan :

Q : debit influen air limbah ( $m^3/hari$ )

$S_0$  : influen konsentrasi BOD ( $g/m^3$ )

V : volume bak aerasi ( $m^3$ )

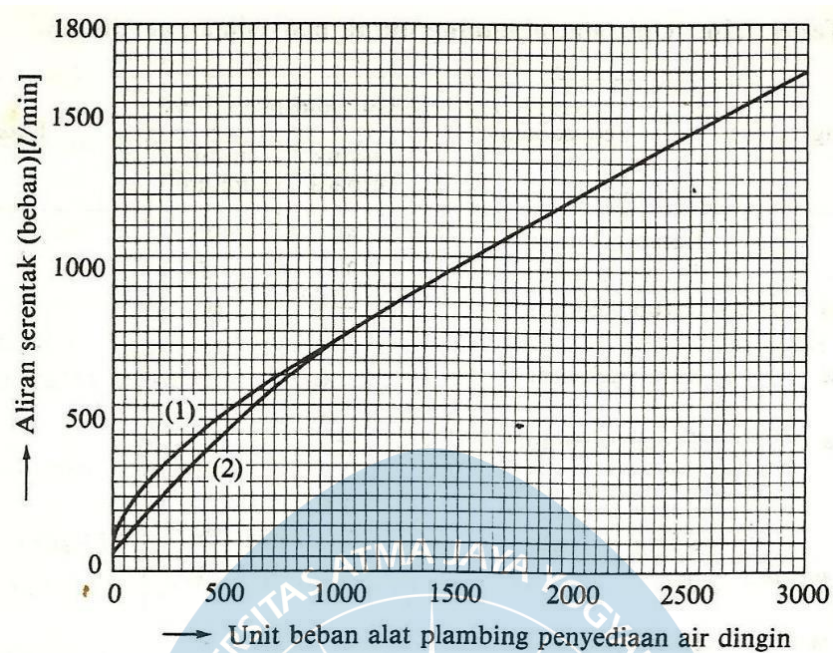
#### 4. Kebutuhan Air Bersih

Dalam perhitungan dan pengevaluasian kebutuhan air digunakan metode beban unit alat plambing digunakan langkah-langkah yakni memperhatikan unit beban yang harus diproses oleh pompa.

Berdasarkan SNI 03-7065-2015 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing. Didapatkan tabel Unit Alat Plambing untuk Penyediaan Air Dingin. Grafik dibawah ini digunakan untuk menentukan debit air bersih berdasarkan unit beban dan debit masing-masing unitnya.

**Tabel 2.2** Unit Alat Plambing untuk Penyediaan Air Dingin

No	Jenis alat plambing	UABP pribadi	UABP umum
1	Bak Mandi	2	4
2	<i>Bedpan Washer</i>	-	10
3	Bidet	2	4
4	Gabungan bak cuci dan dulang cuci pakaian	3	-
5	Unit Dental atau peludahan	-	1
6	Bak cuci untuk dokter gigi	1	1
7	Pancaran air minum	1	2
8	Bak cuci tangan	1	2
9	Bak cuci dapur	2	2
10	Bak cuci pakaian (1 atau 2 kompartemen)	2	4
11	Dus, setiap kepala	2	4
12	<i>Service sink</i>	2-	4
13	Peturasan pedestal berkaki	-	10
14	Peturasan, <i>wall up</i>	-	5
15	Peturasan, Palung	-	5
16	Peturasan dengan tangki penggelontor	-	3
17	Bak cuci, bulat atau jamak (setiap kran)	-	2
18	Kloset dengan katup penggelontor	6	10
19	Kloset dengan tangki penggelontor	3	5



**Gambar 2.3** Grafik hubungan antara unit beban alat plambing dengan laju aliran (untuk unit beban sampai 3000)

Debit rata-rata air bersih seluruh gedung (dalam kasus ini adalah hotel) yang dilambangkan dengan  $Q_h$ . Koefisien menit puncak antara 3.0 – 4.0 (Artayana dan Atmaja, 2010) ditentukan  $c$  adalah 3.5 karena selisih pemakaian air pada menit puncak dengan menit lain diperkirakan masuk ke dalam kategori sedang. Maka, digunakan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$Q_h = \frac{Q_{air\ bersih} \times 60\ menit/jam}{c} \quad (2-5)$$

Keterangan :

$Q_h$  : debit rata-rata air bersih seluruh gedung hotel (l/menit)

$c$  : koefisien menit puncak 3.0 – 4.0 (digunakan 3.5)

Kapasitas air limbah juga diperhitungkan dalam hal ini dengan asumsi bahwa air bersih yang menjadi air limbah adalah 70 %. Maka dibutuhkan data



debit air bersih dan debit air limbah (yang telah diperhitngkan 70% nya).

Dalam menentukan air limbah puncak digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{maks} = Q_{air\ limbah} \times pf \quad (2-6)$$

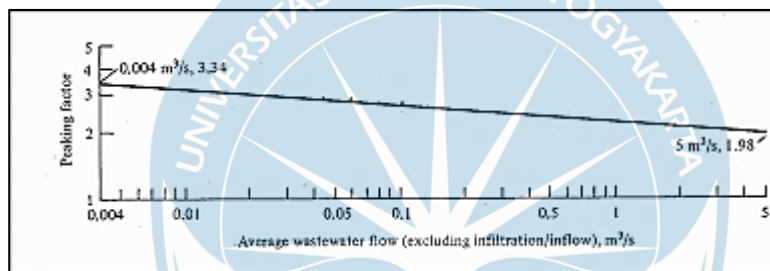
Keterangan :

$Q_{maks}$  : debit air limbah maks (l/detik)

$Q_{air\ limbah}$  : debit air limbah (70% dari debit air bersih) (l/detik)

$pf$  : *peaking factor*

Dalam menentukan *peaking factor* digunakan grafik berikut :



**Gambar 2.4** Grafik *peaking factor*

#### 5. Debit dan Volume Air Limbah Puncak (Maksimal)

Dalam memperhitungkan dimensi pipa yang digunakan untuk mengalirkan air limbah yang berasal dari gedung hotel menuju ke IPAL (*Lagoon*) ITDC ataupun sebaliknya yakni mengalirkan air hasil olahan dari IPAL (*Lagoon*) ITDC menuju ke gedung hotel untuk digunakan kembali.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{full} = \frac{Q_{puncak}}{Q_{puncak}/Q_{full}} \quad (2-7)$$

$$D = \left[ \frac{Q_{full} \times n}{0,3177 \times S^{0,5}} \right]^{0,375} \quad (2-8)$$

$$Q_{full-check} = \frac{0,3177 \times D^{2,667} \times \sqrt{S}}{n} \quad (2-9)$$

$$V_{full-check} = \frac{Q_{full-check}}{0,25 \times \pi \times D^2} \times 100\% \quad (2-10)$$

$$V_{puncak} = \frac{V_{puncak}}{V_{full}} \times V_{full-check} \quad (2-11)$$

Keterangan :

Qfull : debit air limbah dengan kondisi maksimal di pipa (m<sup>3</sup>/s)

Qpuncak : debit air limbah puncak (m<sup>3</sup>/s)

D : diameter pipa (m)

n : koefisien kekasaran manning (menggunakan tabel)

S : *slope*, kemiringan pananaman pipa

Qfull-check : cek debit kondisi maksimal (m<sup>3</sup>/s)

Vfull-check : cek volume kondisi maksimal (m/s)

Vpuncak : volume air limbah puncak (m<sup>3</sup>/s)

Vfull : volume air limbah dengan kondisi maksimal di pia (m<sup>3</sup>/s)

Standar atau ketentuan kecepatan air limbah dalam pipa adalah 0,6 m/s –

2,5 m/s

#### KELAS D

Diameter		Tebal Dinding (mm)	Panjang (m)	Sistem Penyambungan
inch	mm			
1-1/4	42	1,30	4	SC
1-1/2	48	1,30	4	SC
2	60	1,30	4	SC
2-1/2	76	1,40	4	SC
3	89	1,60	4	SC
4	114	2,00	4	SC
5	140	2,60	4	SC
6	165	3,00	4	SC
8	216	4,20	4	SC
10	267	5,20	4	SC
12	318	6,20	4	SC

**Gambar 2.5** Tabel diameter Pipa *Wavin*

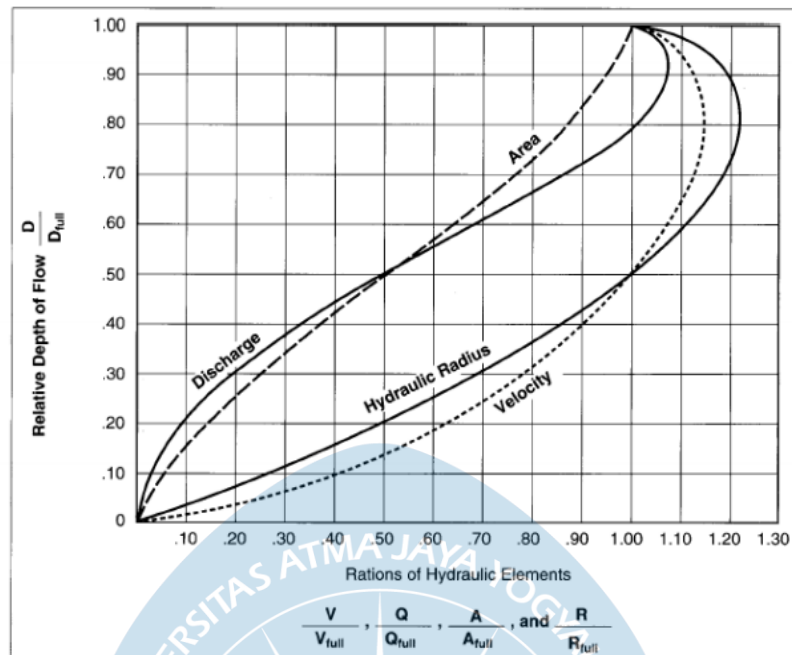


FIGURE 25.6 Nomograph of selected hydraulic elements for circular pipe flowing partially full.

**Gambar 2.6** Grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer*

#### 6. *Collection Pit*

Perhitungan *collection pit* atau bak ekualisasi yang merupakan bak penampungan air limbah sementara. Diguakan standar *Hydraulic Detention Time* (HDT) untuk bak ekualisasi adalah 4 – 8 jam. Berikut rumus yang digunakan dalam memp[erhitungkan dimensi dari bak ekualisasi atau *collection pit*

$$V = RT \times Q \quad (2-12)$$

Setelah menetapkan waktu retensi air limbah di dalam bak ekualisasi selanjutnya dapat dikoreksi kelmbali (dicek kembali) dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$HDT = \frac{Vol.efektif\ bak}{Q} \quad (2-13)$$

Keterangan :

V : volume bak yang diperlukan ( $m^3$ )

RT : waktu tinggal (*retention time*)(digunakan rentang 4-8 jam)

Q : debit air limbah yang ditampung di bak ( $m^3/jam$ )

Vol.efektif : volume efektif bak ekualisi (*collection pit*) ( $m^3$ )

## 7. Head Pompa

*Head* pompa adalah energi yang diberikan ke dalam fluida dalam bentuk tinggi tekan (ketinggian fluida harus naik untuk mendapatkan jumlah energi yang sama dengan yang dikandung dalam satuan bobot fluida pada kondisi yang sama. Digunakan prinsip hukum *Bernoulli*, sebagai berikut

$$p_1 + \rho g z_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = p_2 + \rho g z_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 \quad [\text{Pa}] \rightarrow \text{tekanan}$$

dibagi  $\rho g = \gamma = \text{berat jenis} \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right]$  :

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} = h_{\text{Total}} \quad [\text{m}] \rightarrow \text{tinggi}$$

$\frac{p}{\gamma}$  = pressure head

$z$  = elevation head

$\frac{V}{2g}$  = velocity head

Dalam memperhitungkan atau mengevaluasi jenis pompa sekaligus memperhitungkan kehilangan energi dari setiap pompanya. Terdapat dua jenis pipa yang digunakan yakni pompa angkat dan juga pompa dorong. Berikut adalah rumus yang digunakan dalam menghitung kehilangan energi (*head*) pada pompa :

$$\text{Total Head} = H.\text{statis} + \text{Mayor losses} + \text{Minor Losses} + H.\text{kecepatan} + H.\text{sisa tekan} \quad (2-14)$$

$$\text{Head statis} = \text{elv. dasar bak ekualisasi} - h.\text{maks muka air} \quad (2-15)$$

$$\text{Mayor losses} = \left[ \frac{Q}{0,00155 \times c \times d^{2.63}} \right]^{1.85} \times l \quad (2-16)$$

$$\text{Head akibat kecepatan} = \frac{V^2}{2g} \quad (2-17)$$

$$\text{Minor Losses} = f \times \frac{V^2}{2g} \quad (2-18)$$

Keterangan :

*Head* : energy dalam satuan jarak (m)

*Suction* : bagian fluida masuk ke pompa

*Discharge* : bagian fluida keluar dari pompa

*Q* : debit air limbah (L/s)

*c* : koefisien kekasaran pipa (koef. *Hazen-William*)

*d* : diameter pompa (m)

*l* : panjang pipa (m)

*V* : kecepatan fluida (m/s)

*g* : percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

*f* : *friction factor*

*Total Head* : total *head* yang dihasilkan oleh pompa

*Head statis* : *head* dari perbedaan ketinggian permukaan air dari tempat sisi *suction* dan tempat *discharge*

*Mayor losses* : *head* yang hilang disebabkan oleh adanya gaya gesek antara fluida dengan pipa

*Minor losses* : *head* yang hilang disebabkan oleh adanya perbedaan diameter pipa tiba-tiba

*Head* kecepatan : *head* yang hilang akibat kecepatan fluida pada bagian *suction* dan *discharge*

*Head* sisa tekan : *head* dari perbedaan kecepatan *discharge*, *suction*

#### Koefisien Hazen-William

Nilai $C_H$	Jenis Pipa
140	pipa sangat halus
130	pipa halus, semen, besi tuang baru
120	pipa baja dilas baru
110	pipa baja dikeling baru
100	pipa besi tuang tua
95	pipa baja dikeling tua
60-80	pipa tua

**Gambar 2.7** Koefisien Pipa *Hazen – William*

## 2.5 Efisiensi Removal

Nilai efisiensi pengolahan air terhadap bahan pencemar air limbah yakni BOD<sub>5</sub> , COD, TSS, TDS, Amonia, Minyak dan lemak, serta senyawa aktif Metilen, Nitrogen dan Posfor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Eff = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100\% \quad (2-19)$$

keterangan : Eff. = nilai efisiensi (%)

$C_i$  = konsentrasi influen (mg/L)

$C_e$  = konsentrasi efluen (mg/L)