

## BAB 3

### GAMBARAN UMUM PROYEK

#### 3.1. Lokasi dan Batas-batas Proyek

Proyek Kawasan Rasuna Epicentrum ini berada pada sebelah selatan kota Jakarta yang merupakan kawasan strategis bisnis untuk hunian dan perkantoran. Proyek dibangun atas kewenangan dari PT. Bakrie Swasakti Utama sebagai pemberi tugas, PT. Urbane sebagai konsultan gambar/arsitek, PT. Arkonin sebagai konsultan struktur/ME dan PT. Hutama Karya (Persero) sebagai pelaksana konstruksi.

Batas Lokasi Proyek Rasuna Epicentrum ini terletak dimana lokasi dan sarana pendukung berada, sebagai tempat berlangsungnya kegiatan kawasan Terpadu Rasuna Epicentrum berada, batas-batas tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Sebelah Utara : Pemukiman Kelurahan Karet Kuningan.
- b. Sebelah Selatan : Jalan I Taman Rasuna, Klub Rasuna, Gelanggang Mahasiswa Sumantri Brojonegoro dan Pasar Festival.
- c. Sebelah Barat : Jl. H.R. Rasuna Said, RS.MMC dan Gedung Perkantoran.
- d. Sebelah Timur : Kali Cideng, Apartemen Taman Rasuna.



**Gambar 3.1.** Tampak Atas proyek Rasuna Epicentrum

*Sumber : Data lapangan*



**Gambar 3.2.** Rencana rancangan keseluruhan Rasuna Epicentrum

*Sumber : Data lapangan*

Lingkungan sekitar Rasuna Epicentrum ini merupakan salah satu pusat kegiatan penting dan strategis di Jakarta dengan disertai kegiatan seperti perkantoran, perbelanjaan dan permukiman penduduk yang cukup padat. Sehingga batas sosial merupakan interaksi antara kegiatan tersebut dengan masyarakat yang ada di wilayah kegiatan walau secara tidak langsung berhubungan dengan lokasi kegiatan, yaitu wilayah Kelurahan Karet Kuningan dan Kelurahan Menteng Atas.

Rasuna Epicentrum ini terdiri beberapa blok-blok, yaitu 4 blok terdiri dari :

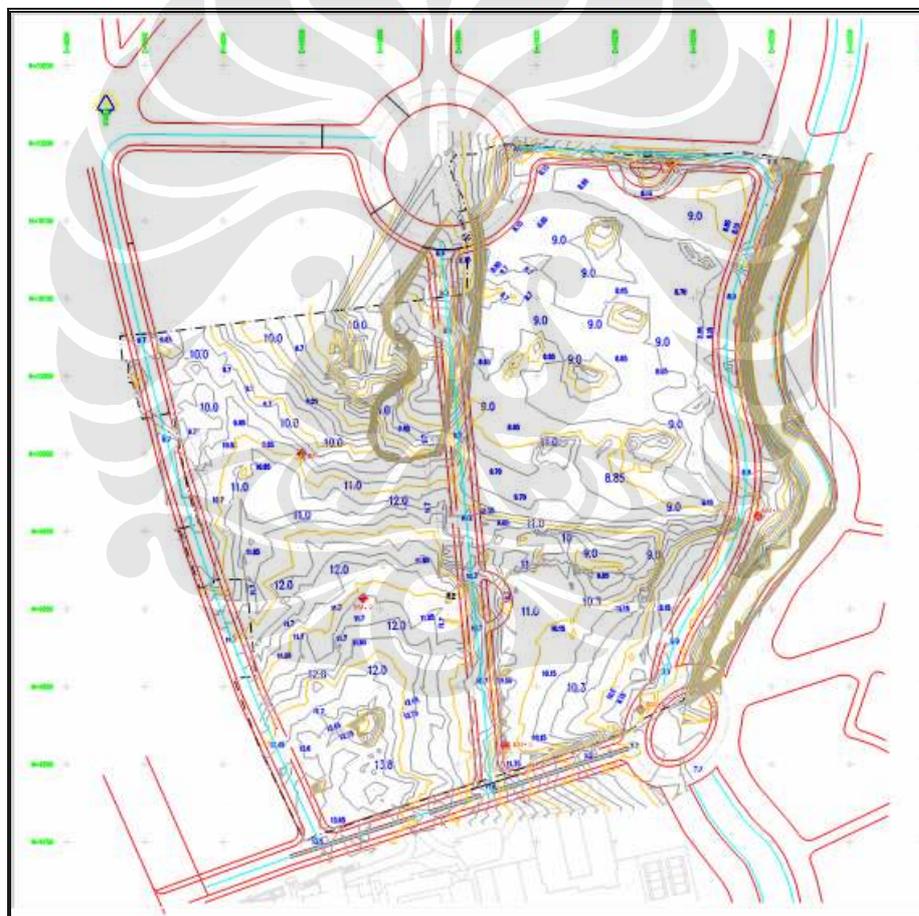
- a. Blok I untuk kawasan yang terdiri dari wisma/apartemen-apartemen dengan fasilitas penunjangnya meliputi bangunan F, G, H, I, J dan K. Untuk lebih mengetahui dan mengenai detailnya dapat terlihat dalam lampiran.
- b. Blok II dan IV adalah kawasan yang masih dalam rencana pengembangan.
- c. Blok III terdiri dari pembangunan gedung perkantoran yang meliputi bangunan B (*Bakrie tower*), Bangunan C (*Commercial Center*) serta bangunan D dan E (*Office tower*). Untuk lebih mengetahui dan mengenai detailnya dapat terlihat dalam lampiran.

### 3.2. Luas Lahan Yang Tersedia

Keseluruhan lahan yang dimiliki oleh proyek Rasuna Epicentrum ini adalah  $124773 \text{ m}^2$  (hasil ukur yang terdapat pada RTLB). Tata guna lahan yang masih untuk rencana pengembangan adalah terdiri dari luas blok II dan blok IV.

### 3.3. Kondisi Topografi

Kondisi topografi proyek secara keseluruhan ini dapat terlihat peta konturnya yaitu seperti yang terlihat pada Gambar 3.3. Peta Topografi Rasuna Epicentrum. Secara keseluruhan kondisi topografi tanah kawasan Rasuna Epicentrum rata-rata datar atau kemiringan permukaan tanahnya tidak terlalu ekstrim/ curam.



**Gambar 3.3.** Peta topografi proyek Rasuna Epicentrum

### 3.4. Sumber dan Pemakaian Air Bersih

Sumber air bersih yang digunakan pada kawasan hunian Rasuna Epicentrum khususnya blok I adalah berasal dari Perusahaan Air Minum (PAM). Kuantitas pemakaian air bersih per harinya dihitung berdasarkan dari kapasitas dari 1008 unit apartemen dengan kapasitas penghuni per unit 4,5 jiwa/unit apartemen maka total penghuni sebanyak 4536 jiwa. Dengan asumsi pemakaian air bersih yang digunakan /jiwa nya adalah 250 liter/ penghuni /hari<sup>1)</sup>

### 3.5. Sumber Limbah Grey Water

Sumber limbah *grey water* ini merupakan berasal dari banyaknya pemakaian air bersih dari jumlah jiwa penghuni apartemen yang menghuni kawasan blok I tersebut. Dari total jumlah pemakaian air bersih ini diasumsikan bahwa 80 % nya adalah air limbah domestik. Dengan asumsi dari besarnya 80% itu persentase pemisahan limbah sebesar 80% *grey water* dan 20% *black water*. Dengan catatan meskipun adanya pemisahan pengolahan limbah *grey water* dari *black water*, *grey water* tetap masih mengandung banyak mikroorganisme berbahaya bagi kesehatan (*pathogen*) dan pencemar sehingga limbah ini seharusnya diolah sebagaimana limbah dari kakus (*black water*).

Debit limbah *grey water* yang digunakan untuk merancang bangunan instalasi pengolahan *grey water* adalah yang berasal dari penghuni apartemen saja karena limbah *grey water* merupakan komponen terbesar yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga.

Maka berdasarkan asumsi di atas dapat diketahui kuantitas air limbah *grey water* yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{rata-rata}} &= \sum \text{penghuni} \times \text{liter/penghuni/hari} \times (PE) \times \% \text{ air limbah domestik} \times \% \text{ grey water} \\
 Q_{\text{rata-rata}} &= 4536 \text{ penghuni} \times 250 \text{ lt / penghuni / hari} \times 1,67 \times 0,8 \times 0,8 \\
 &= \frac{1212019,2 \text{ lt / hari}}{(1000 \times 86400)} = 14,028 \text{ lt / det} = 0,014028 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

<sup>1)</sup> Peraturan Gubernur DKI Jakarta No.122 Tahun 2005 tentang Pengolahan Air Limbah Domestik di Provinsi DKI Jakarta

Demi keamanan kuantitas aliran limbah yang akan diolah ditambah 20% menjadi sebesar  $0,014028 \times 1,2 = 0,016834 m^3/det$ . Karena besarnya aliran *grey water* berfluktuatif maka untuk debit perancangan dimensi unit instalasi pengolahan, digunakan debit sebagai berikut :

$$Q_{rata-rata} = 16,84 lt/det$$

$$Q_{maks\ day} = 2 \times 16,84 = 33,68 lt/det$$

$$Q_{jam\ puncak} = 3 \times 16,84 lt/det = 50,52 lt/det$$

Nilai faktor  $Q_{maks\ day} = 2$  dan  $Q_{jam\ puncak} = 3$  dari perhitungan di atas diambil dari buku *Wastewater Treatment Plants* (Syed R. Qasim) halaman 29.

### 3.6. Kualitas Air Limbah *Grey Water* Rasuna Epicentrum

Untuk mengetahui kualitas/karakteristik air limbah yang dihasilkan penghuni Rasuna Epicentrum ini didapat dari pencarian data-data di situs-situs internet bukan dengan pengambilan contoh air limbah *grey water* yang diteliti dalam laboratorium. Namun dikarenakan keterbatasan data yang didapat mengenai karakteristik *grey water* maka untuk data perancangan bangunan instalasi pengolahan limbah *grey water* tersebut dapat menggunakan asumsi pada bel 2.2. dan tabel 2.3. Hal ini dikarenakan kota Aceh cukup mewakili untuk sebuah ukuran kota besar yang strategis meskipun kepadatan penduduk yang sedikit berbeda. Hal yang membedakan karakteristik *grey water* ini adalah komposisi zat kimia pada deterjen, pola konsumsi makanan dan kebiasaan yang tidak jauh berbeda antara Aceh dan Jakarta sehingga menyebabkan kuantitas dan kualitas air limbah tidak jauh berbeda pula. Jika dibanding dengan negara-negara maju yang memiliki iklim 4 musim, ada satu hal penting juga yang mempengaruhi kualitas dan kuantitas *grey water* itu sendiri dimana di negara kita yang lebih cenderung tidak menggunakan kertas tissue setelah kegiatan buang hajat/ tinja. Selain dari kebiasaan seperti menggunakan tissue, negara-negara iklim sub tropis dengan kecenderungan kondisi suhu udara yang dingin. Hal ini tentu saja akan mempengaruhi pola kebiasaan masyarakatnya, misal : pola makanannya yang cenderung mengkonsumsi makanan berlemak tinggi dan minuman beralkohol saat musim dingin maka hal demikian sangat berbeda terhadap di Indonesia. Maka terlihat jelas bahwa keterangan di atas memberikan penjelasan bahwa pola

makanan dan kebiasaan yang berbeda akan mempengaruhi kualitas limbah yang dihasilkannya pula.

### 3.7. Biaya Pengolahan Air Limbah Domestik Kawasan Rasuna Epicentrum

Pengelolaan air limbah pada kawasan Rasuna Epicentrum ini dikelola oleh PD PAL JAYA dengan sistem perpipaan. Pengolahan air limbah domestik antara *black water* dan *grey water* ini digabung dan dikelola secara bersamaan pada PD PAL JAYA di Setiabudi. Untuk pengolahannya PT. Bakrie Swasakti Utama harus membayar biaya-biaya sebagai pelanggan PD PAL JAYA, yaitu sebagai berikut :

- a. Biaya Penyambungan (BP), biaya ini hanya dibayarkan sekali selama berlangganan.

$$BP = \text{Luas Bangunan} \times \text{Tarif}$$

- b. Biaya Supervisi (BS), biaya ini hanya dibayarkan sekali selama berlangganan.

$$BS = 15\% \times \text{Biaya Pembangunan Pipa Persil (Pipa dari gedung yang dilayani s.d. IC PD PAL JAYA)}$$

- c. Biaya Jasa Pelayanan Pembuangan Air Limbah (JPPAL) Bulanan, biaya ini dibayarkan setiap bulan selama berlangganan.

$$JPPAL = \text{Luas bangunan} \times \text{Tarif}$$

**Tabel 3.1.** Luas Bangunan di Blok I Rasuna Epicentrum

BLOK I	Luas Bangunan ( $m^2$ )					
	Nama Gedung RTLB	Hunian/ Hotel	F. Penunjang	Fasilitas Umum/sosial	Parkir	SP/ME
	F (Condotel)	24450	1897	505	-	-
	G (Apartemen Tower 3)	26826	1702	600	-	-
	H	30206	1361	1041	-	-
	I	21179	821	1481	-	-
	J (Apartemen Tower 4)	10298	878	400	-	-
	K (Media walk)	-	9658	1848	54789	17256
		112959	16317	5875	54789	17256
	<b>TOTAL</b>	<b>207196</b>				

*Sumber : Data Lapangan dan Hasil Perhitungan*

Besarnya estimasi biaya penyambungan terinci dalam tabel di bawah ini :

**Tabel 3.2.** Biaya Penyambungan Pipa Pengelolaan Air Limbah Domestik  
Kawasan Rasuna Epicentrum Blok I

Nama Gedung RTLB	Luas Bangunan ( $m^2$ )	Tarif (Rp/ $m^2$ )	Biaya (Rp)
F (Condotel)	26852	5250	140.973.000
G (Apartemen Tower 3)	29128	5250	152.922.000
H	32608	5250	171.192.000
I	23481	5250	123.275.250
J (Apartemen Tower 4)	11576	5250	60.774.000
K (Media walk)	83551	5250	438.642.750
<b>TOTAL</b>			<b>1.087.779.000</b>

*Sumber : Data Lapangan dan Hasil Perhitungan*



## BAB 4

### PEMILIHAN BANGUNAN INSTALASI PENGOLAHAN *GREY WATER*

#### 4.1. RENCANA LOKASI INSTALASI PENGOLAHAN *GREY WATER*

Perencanaan tata letak instalasi pengolahan *grey water* dilakukan dengan cara sistem pengolahan air limbah setempat (*On-Site System*). *On-Site System* ini merupakan sistem penanganan air limbah domestik yang dilakukan komunal dengan fasilitas dan pelayanan dari beberapa bangunan, dimana sarana pengolahan air limbah yang disiapkan/dibangun berada dekat dengan sumber air buangnya. Pemilihan *on site system* ini juga dilakukan karena untuk memperpendek kebutuhan perpipaan.

Letak instalasi pengolahan *grey water* ini direncanakan pada lahan seluas  $17.369,7m^2$  yang belum terbebaskan untuk hak sengketa. Kemudahan akses transportasi lokasi instalasi pengolahan juga harus diperhatikan agar tidak mengganggu lingkungan di sekitarnya. Dari segi biaya, kontur tanah kawasan Rasuna Epicentrum rata-rata datar sehingga tidak akan terlalu banyak masalah galian dan timbunan saat membangun konstruksi instalasi pengolahan nantinya. Unit-unit instalasi pengolahan yang menghasilkan bau dikelompokkan dan dijauhkan dari bangunan kantor.

Penempatan lokasi instalasi pengolahan terlihat pada gambar 4.1 di bawah ini :



**Gambar 4.1.** Rencana lokasi tata letak instalasi pengolahan *grey water*

## 4.2. PEMILIHAN UNIT INSTALASI PENGOLAHAN *GREY WATER*

Pada perencanaan instalasi pengolahan ini *grey water* yang telah diolah dimanfaatkan kembali untuk penyiraman taman maka parameter untuk baku mutu *effluent* dari pengolahan ini menggunakan baku mutu *effluent* air limbah domestik, seperti yang tercantum pada Peraturan Gubernur DKI Jakarta No.122 tahun 2005 tentang pengolahan air limbah domestik.

### 4.2.1 Analisa Alternatif Unit Bangunan Pengolahan *Grey Water*

Faktor-faktor pertimbangan lainnya selain dari tinjauan syarat pemenuhan baku mutu *effluent* yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- a. Kebutuhan lahan bangunan pengolahan yang tersedia terbatas, karena sempitnya luas lahan yang ada dan harga tanah yang mahal di pusat perkantoran, Kuningan.
- b. Biaya investasi bangunan instalasi yang diharapkan seminimal mungkin
- c. Biaya operasi dan pelaksanaannya sehari-hari serta biaya pemeliharaan yang relatif murah.
- d. Tingkat keahlian tenaga kerja yang dibutuhkan tidak perlu tinggi/bersertifikat.
- e. Besar beban organik yang sanggup ditangani.
- f. Tersedianya peralatan yang diperlukan di pasaran.

#### 4.2.1.a. *Kebutuhan lahan*

Kolam stabilisasi membutuhkan paling luas lahan dari sistem pengolahan biologis lainnya, karena proses yang terjadi secara alamiah dengan sedikit campur tangan manusia. Sedangkan unit bangunan RBC membutuhkan ruang lahan sedikit untuk penempatannya, tetapi masih lebih luas 30 – 40 % dari lahan yang dibutuhkan *activated sludge*. Untuk digester anaerob diperlukan luas lahan yang cukup besar karena volume digester tergantung pada lamanya waktu retensi solid, dimana hal ini membutuhkan luas lahan yang cukup besar, namun digester anaerob dapat ditanam di dalam tanah sehingga bagian sebelah atas dapat digunakan untuk kegiatan lain.

#### 4.2.1.b. *Biaya investasi awal*

Biaya investasi awal ini digunakan antara lain untuk konstruksi bangunan unit pengolahan seperti bangunan pemisah lemak, bak penampung dan bak sedimentasi, pompa, perpipaan dan penyediaan lahan untuk unit bangunan instalasi.

RBC membutuhkan biaya investasi yang paling besar, karena mahalnya teknologi yang digunakan. RBC membutuhkan luas lahan yang cukup luas untuk penempatan media/disk yang cukup besar dan mahal harganya, serta diperlukan pula motor penggerak untuk memutar disk dengan kecepatan konstan (2 – 4 rpm)

agar disk tidak pernah berhenti berputar. Selain itu juga RBC membutuhkan unit bangunan yang lengkap yaitu unit bangunan pengendap pertama, unit pengolahan biologis dan unit pengendap kedua.

*Activated Sludge* membutuhkan biaya investasi awal yang mahal juga besar karena untuk menyediakan aerator dan pompa untuk proses pengembalian lumpur dan perlengkapan lainnya, namun relatif lebih rendah bila dibandingkan dengan biaya yang dibutuhkan RBC.

*Aerated Lagoon* membutuhkan biaya investasi awal yang lebih kecil dari *activated sludge*, karena tidak membutuhkan pompa untuk pengembalian lumpur. Namun apabila diperhitungkan dari luas lahan yang digunakan ternyata diperlukan biaya investasi yang cukup besar walaupun tidak memerlukan bangunan pengendap.

*Trickling filter* membutuhkan biaya investasi awal yang lebih rendah daripada *activated sludge* karena tidak membutuhkan aerator. Jika *trickling filter high rate* yang digunakan maka memerlukan tambahan pompa untuk pengembalian lumpur. Sistem ini juga membutuhkan unit bangunan lengkap.

Kolam stabilisasi (*stabilization ponds*) tidak terlalu memerlukan biaya investasi yang besar untuk menyediakan peralatan. Namun, memerlukan biaya yang besar untuk penyediaan lahan yang cukup luas.

*Digester anaerob* membutuhkan biaya investasi yang besar dibandingkan dengan yang dibutuhkan pengolahan secara aerob. Hal demikian dikarenakan digester ini menggunakan konstruksi khusus sedemikian rupa sehingga udara luar tidak bercampur dengan udara di dalam unit pengolahan ini. Apabila menggunakan pengembalian lumpur maka memerlukan bangunan pengendap kedua dan pompa pengembalian lumpur yang mahal harganya. Oleh karena itu, jika dilihat dari faktor biaya investasi awal maka yang dipilih adalah metode *activated sludge* karena membutuhkan biaya yang tidak terlalu besar.

#### 4.2.1.c. *Biaya pengoperasian dan pemeliharaan.*

Biaya ini digunakan agar unit pengolahan instalasi ini dapat menjalankan fungsi dan kegunaannya secara optimum, misalnya : biaya bahan bakar/pelumas,

biaya listrik untuk menggerakkan aerator, biaya pembersihan lumpur dan biaya pendukung lainnya.

Pada unit pengolahan *activated sludge* membutuhkan biaya operasional yang besar untuk biaya pengoperasian aerator dan pompa pengembalian lumpur serta harus membiayai operator ahli.

RBC membutuhkan biaya yang lebih sedikit yang digunakan untuk menggerakkan *disk* daripada yang dibutuhkan pengoperasian *activated sludge*.

*Aerated lagoon* juga membutuhkan biaya pengoperasian lebih sedikit dibanding dengan *activated sludge* karena tidak memerlukan biaya untuk pompa pengembalian lumpur.

Kolam stabilisasi inilah yang membutuhkan biaya pengoperasian yang paling sedikit karena tidak membutuhkan biaya baik pengoperasian maupun pemeliharaan peralatan-peralatan mekanis pada instalasi tersebut. Maka dari segi biaya pengoperasian dan pemeliharaan yang terkecil adalah unit pengolahan berupa kolam stabilisasi yang paling mungkin dipilih.

#### 4.2.1.d. *Tingkat keahlian tenaga kerja*

Kolam stabilisasi hanya memerlukan tenaga kerja untuk memperbaiki tanggul jika terjadi kerusakan dan memotong rumput pada tepi tanggul. *Trickling filter* memerlukan keahlian tenaga kerja yang sedang untuk menjaga debit aliran air buangan dan membersihkan filter agar tidak terjadi penyumbatan.

*Aerated lagoon* memerlukan tenaga kerja yang berkeahlian dapat mengoperasikan aerator tanpa adanya proses pengembalian lumpur. Pada unit pengolahan RBC membutuhkan tingkat keahlian tenaga kerja untuk penggerak *disk* yang tidak terlalu sulit serta tidak memerlukan pengoperasian pengembalian lumpur.

#### 4.2.2 *Pemilihan Unit Bangunan Pengolahan Grey Water*

Atas pertimbangan yang sebelumnya telah dibahas pada sub bab analisa alternatif unit pengolahan diketahui bahwa unit pengolahan biologis yang dipertimbangkan dibandingkan unit pengolahan secara kimiawi dikarenakan pengolahan secara biologis lebih ekonomis. Dari berbagai metode pengolahan secara biologis yang telah ada, banyak faktor yang lebih sesuai dengan kondisi di

lapangan yang cenderung sesuai dengan *activated sludge*. Unit pengolahan *activated sludge* merupakan yang sesuai diterapkan

Pada tabel 4.1. di bawah menunjukkan persentase removal parameter yang harus diturunkan untuk menentukan metode pengolahan yang akan digunakan secara tepat. Untuk pemilihan unit-unit pengolahan sebelum masuk pada instalasi pengolahan perlu diadakan bak pemisah lemak kemudian unit pengolahan pendahuluan, penyaringan dan penyeragaman aliran juga perlu diadakan.

**Tabel 4.1.** Persentase removal kualitas *grey water* Rasuna Epicentrum terhadap baku mutu limbah cair domestik (Pergub DKI Jakarta No.122 Th. 2005)

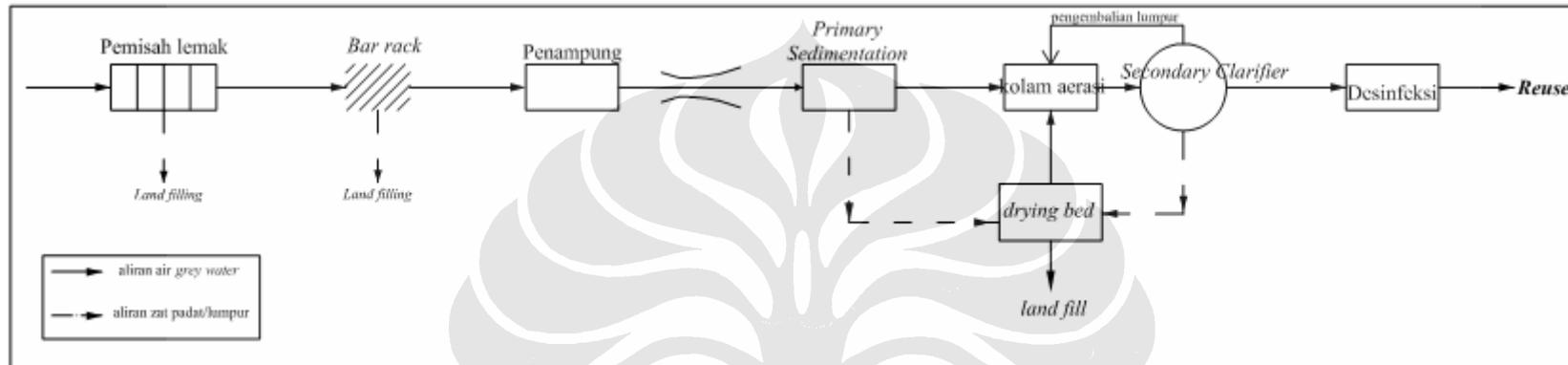
PARAMETER	Satuan	Pergub DKI Jakarta No.122 Th. 2005	Rasuna Epicentrum (berdasarkan asumsi dari tabel 2.2 dan 2.3)	% Removal
pH	-	6 – 9	7,5	0
KMnO <sub>4</sub>	mg/lt	85	-	-
TSS	mg/lt	50	451	88,91
Amoniak	mg/lt	10	0,8	-
Minyak & Lemak	mg/lt	20	100 <sup>(*)</sup>	86,67
Senyawa Biru Metilen	mg/lt	2	39	94,87
COD	mg/lt	80	549	85,43
BOD <sub>5</sub>	mg/lt	50	360	99,44
Organisme colli	Sel/100ml	0	7,7.10 <sup>7</sup>	100

(\*) Sumber : Buku Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering third Edition*, hal.109.

**Tabel 4.2.** Persentase efisiensi kandungan yang hilang dengan pemilihan unit pengolahan *primary* dan *secondary*

Influent							
Unit Pengolahan	Organisme Colli	BOD <sub>5</sub>	COD	TSS	pH	NH <sub>3</sub> N	Oil/Fat
Effluent							
Bak Pemisah Lemak	7,7.10 <sup>7</sup> 0 % 7,7.10 <sup>7</sup>	360 0 % 360	549 0 % 549	451 0 % 451	7,5 0 % 7,5	0,8 0 % 0,8	150 100 % -
Bar racks	7,7.10 <sup>7</sup> 0 % 7,7.10 <sup>7</sup>	360 0 % 360	549 0 % 549	451 0 % 451	7,5 0 % 7,5	0,8 0 % 0,8	- 0 % -
Primary Sedimentation	7,7.10 <sup>7</sup> 0 % 7,7.10 <sup>7</sup>	360 35 % 226,78	549 35 % 346,14	451 58 % 174,27	7,5 0 % 7,5	0,8 15 % 0,8	- 0 % -
Activated sludge	7,7.10 <sup>7</sup> 0 % 7,7.10 <sup>7</sup>	226,78 85 % 34,02	346,14 85 % 51,92	174,27 85 % 26,14	7,5 0 % 7,5	0,8 10 % 0,79	- 0 % -
Desinfection	7,7.10 <sup>7</sup> 100 % 0	34,02 0 % 34,02	51,92 0 % 51,92	26,14 0 % 26,14	7,5 0 % 7,5	0,79 0 % 0,79	- 0 % -
Baku Mutu Effluent	0	50	80	50	6 – 9	10	20
Keterangan	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Tahapan proses pengolahan tersebut dapat terlihat pada diagram alir pengolahan seperti di bawah ini :



**Gambar 4.2.** Diagram alir pengolahan limbah grey water

## BAB 5

### PERHITUNGAN RANCANGAN BANGUNAN INSTALASI PENGOLAHAN *GREY WATER*

#### 5.1. Kriteria Perencanaan

Sesuai dengan uraian terdahulu, perencanaan bangunan unit pengolahan air limbah *grey water* telah ditentukan bahwa :

- a. Pengolahan Pendahuluan (*Preliminary Treatment*) terdiri dari pemisah lemak, penyaringan dan bak penampung aliran.
- b. Pengolahan Primer (*Primary Treatment*) terdiri dari pengendapan primer (bak berbentuk persegi).
- c. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*) terdiri dari unit pengolahan biologis *activated sludge*
- d. Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*) terdiri dari unit pengolaha *drying beds* yang terdiri dari *beds*, yaitu merupakan tempat pengeringan lumpur yang terdiri dari lapisan pasir dan saluran bawah tanah.

## 5.2. Pengolahan Pendahuluan (*Preliminary Treatment*)

### 5.2.1. Bak Pemisah Lemak

Unit ini dibangun pada bangunan pertama pada instalasi pengolahan untuk memisahkan lemak dari *grey water* yang akan dialirkan ke unit pengolahan pendahuluan. Untuk kriteria perencanaan unit ini mengacu rancangan bak pemisah lemak sederhana pada Pergub Provinsi DKI Jakarta No.122 Th. 2005 yang memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

- Waktu tinggal : 30 – 60 menit, digunakan 30 menit = 1800 detik
- Minimal terdiri dari dua ruang
- Dipasang sebelum IPAL
- Untuk IPAL kapasitas  $6 m^3$  atau setara 25 orang atau lebih, harus dilengkapi dengan bak pemisah lemak.

#### Perhitungan :

- Perhitungan dimensi

$$Q_{\text{desain}} = Q_{\text{maks day}} = 33,68 \text{ lt/det} = 0,03368 \text{ m}^3/\text{detik} = 2909,95 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Bak pemisah lemak memerlukan tenaga pekerja untuk mengontrol endapan dan lapisan lemak. Dikarenakan nilai berat jenis minyak lebih rendah dari air limbahnya maka lapisan minyak ini akan selalu berada di atas lapisan air sehingga jika dilihat dari gambar unit bangunan pemisah lemak ini dipastikan lemak/minyak terapung tidak ikut terbawa dalam aliran air limbah ke unit pengolahan berikutnya.

$$\text{Kedalaman air} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = \text{Lebar Bak} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi jagaan} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Volume bak desain} = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ m}^3$$

Jumlah ruang yang dibutuhkan bak :

$$= \frac{0,03368 m^3/detik \times 1800 \text{ detik}}{(2 \times 2 \times 2) m^3} \times 1 \text{ ruang} = 7,6 \approx 8 \text{ ruang}$$

$$\text{Kecepatan aliran pengisian bak} = \frac{Q}{A} = \frac{0,03368 m^3/detik}{(2 \times 2) m^2} = 0,00842 m / detik$$

Waktu pengisian seluruh bak =

$$\frac{8 \times 8 m^3}{0,03368 m^3/detik} = 1900 \text{ detik} = 32 \text{ menit}$$

b. Menentukan karakteristik *effluent*

$$\begin{aligned} \text{Minyak} &= 100 \text{ mg / lt} \\ &= 100 \cdot 10^{-3} \text{ kg / m}^3 \times 0,03368 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 290,99 \text{ kg / hari} \end{aligned}$$

Berat Jenis minyak diasumsikan  $< 1 \text{ kg/cm}^3$  yaitu sekitar  $0,8 \text{ kg/cm}^3$

$$\text{Debit endapan minyak} = \frac{\text{konsentrasi}}{\text{BJ}} = \frac{290,99 \text{ kg/hr}}{0,8 \times 1000 \text{ kg/m}^3} = 0,364 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$Q_{\text{effluent}} = 2909,95 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,364 \text{ m}^3/\text{hari} = 2909,59 \text{ m}^3/\text{hari}$$

c. Kehilangan tekanan :

- Akibat friksi ( $H_{gs}$ )

$$H_{gs} = \frac{V^2 L}{K_{st} R^{4/3}}, \text{ dimana :}$$

$K_{st}$  = koefisien kekasaran pipa (110 untuk pipa PVC)

L = panjang pipa = 1,8 m

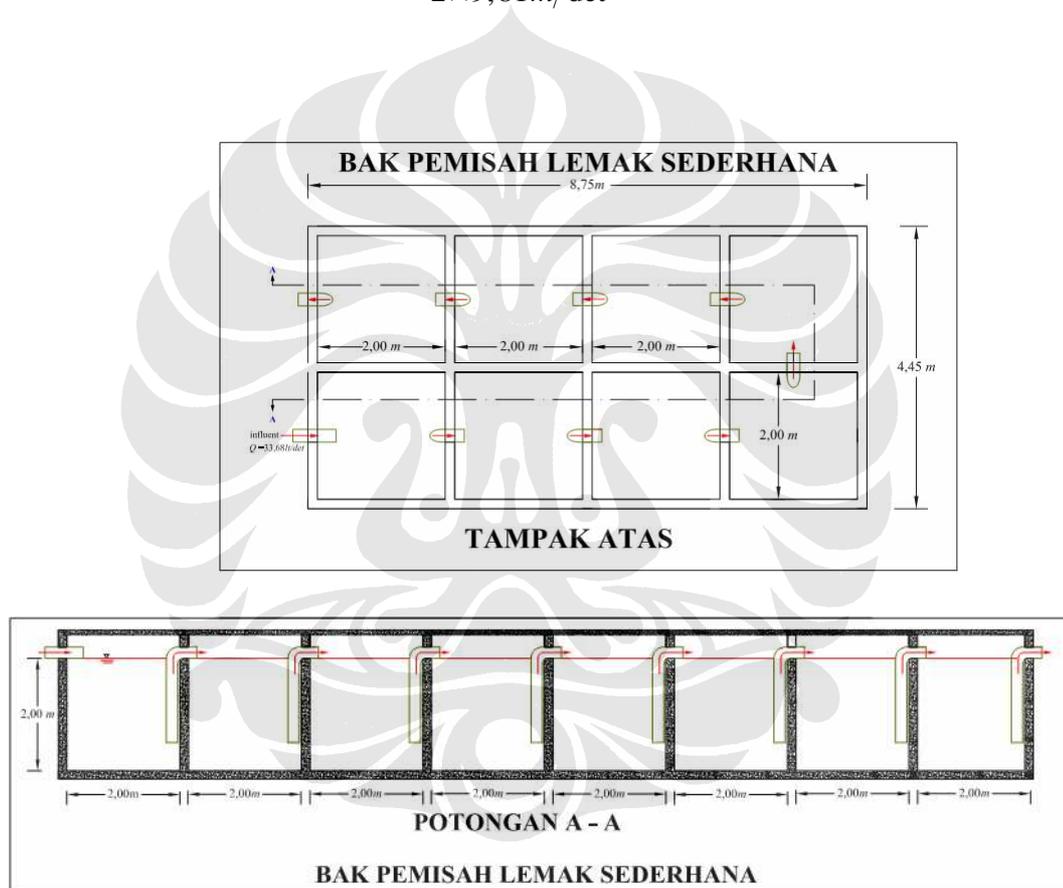
$$R = \text{jari-jari hidrolis} = \frac{D}{4} = \frac{0,254}{4} = 0,0635 \text{ m}$$

$$H_{gs} = 8 \times \frac{0,00842^2 \times 1,8}{110 \times 0,0635^{4/3}} = 0,0004m$$

- Akibat peralatan ( $H_L$ ), bend 90°.

$$H_L = \xi \times \frac{V^2}{2g}, \text{ dimana : } \xi = 1,129 \text{ dan } V = 0,00842m/\text{det}$$

$$H_L = 8 \times 1,129 \times \frac{(0,00842m/\text{det})^2}{2 \times 9,81m/\text{det}^2} = 3,26 \cdot 10^{-5}m$$



**Gambar 5.1.** Bak pemisah lemak dengan 8 ruang

### 5.2.2. Bar Rack.

Berdasarkan data, karakteristik *grey water* memiliki buangan padat yang tidak terlalu banyak dikarenakan telah tersaring pada saluran

buangan rumah tangga seperti rambut, sisa-sisa makanan dari limbah dapur, dan serat-serat kain. Namun saringan tersebut tetap diperlukan guna mencegah zat padat yang dapat menyumbat kinerja unit pengolahan. Saringan yang digunakan menggunakan baja tahan karat dengan diameter 1 cm. Saringan ini dapat dibersihkan secara manual.

Kriteria Perancangan :

- Kecepatan aliran yang masuk saringan, ( $V = 0,3 - 0,6 \text{ m/det}$ ) digunakan  $0,3 \text{ m/det}$
- Jarak bukaan antar batang,  $B = 25 - 75 \text{ mm}$  digunakan  $B = 25 \text{ mm}$
- Kisi dari baja tahan karat
- Diameter kisi,  $D = 10 \text{ mm}$
- Sudut kemiringan terhadap horizontal,  $\alpha = (45 - 60)^\circ$  digunakan  $\alpha = 45^\circ$
- Lebar saluran ( $b$ ) =  $0,58 \text{ m}$
- Kedalaman air pada saluran ( $d$ ) =  $0,29 \text{ m}$

Perhitungan :

$$Q_{\text{influent}} = 2909,59 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,03368 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Banyaknya celah/bukaan antar batang :

$$n_c = \frac{0,48\text{m}}{(0,025 + 0,010)\text{m}} = 13,71 \approx 14$$

$$\text{Jumlah batang} = n_c - 1 = 14 - 1 = 13 \text{ batang}$$

$$\text{Lebar bukaan efektif} = 14 \times 0,025\text{m} = 0,35\text{m}$$

$$\text{Panjang batang bar rack yang terendam} = \frac{d}{\sin 45^\circ} = \frac{0,29\text{m}}{0,707} = 0,41\text{m}$$

Kehilangan Tekanan :

$$h_L = \beta \left( \frac{W}{b} \right)^{4/3} h_v \sin \alpha, \text{ dimana :}$$

$h_L$  = kehilangan tekanan/ *head loss* (m)

$\beta$  = faktor bentuk kisi, untuk kisi berbentuk lingkaran  $\beta = 1,79$

$W$  = diameter kisi yang menghadap arah aliran (m)

$b$  = jarak antara kisi (m)

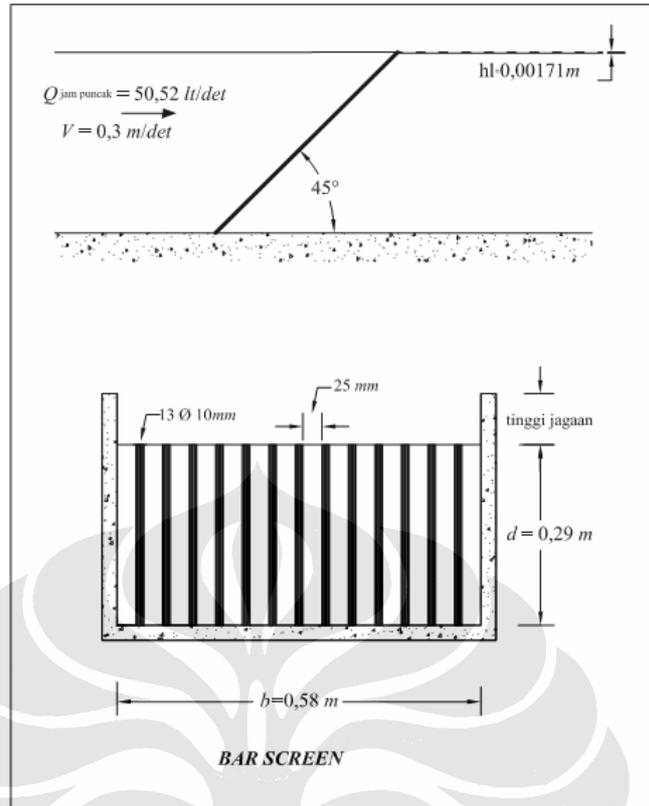
$$h_v = \frac{v^2}{2g} = \text{velocity head (m)}$$

$v$  = kecepatan aliran (m/det)

$g$  = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

$\alpha$  = sudut perletakan kisi-kisi terhadap horizontal (°)

$$\text{Maka } h_L = 1,79 \times \left[ \frac{0,01m}{0,025m} \right]^{4/3} \times \frac{(0,3m/\text{det})^2}{(2 \times 9,81m/\text{det}^2)} \times \sin 45^\circ = 0,00171m$$



**Gambar 5.2. Bar rack**

- 5.2.3. Bak Penampung, berfungsi sebagai penampung dan penyeragam aliran air limbah *grey water* dikarenakan jumlah debit yang berfluktuasi sehingga setelah ditampung dapat langsung dipompakan secara konstan dan terus menerus. Agar unit pengolahan berikut dapat bekerja secara kontinyu.

Perhitungan dimensi bak, sebagai berikut :

$$Q_{maks\ day} = 0,03368\ m^3/det \times 3600\ det = 121,248\ m^3/jam$$

$$\text{Waktu yang dibutuhkan untuk pengisian bak } (t_d) = \frac{1}{4}\ \text{jam}$$

$$\text{Volume bak } max = Q \times t_d = 121,248\ m^3/jam \times 0,25\ jam = 30,312\ m^3$$

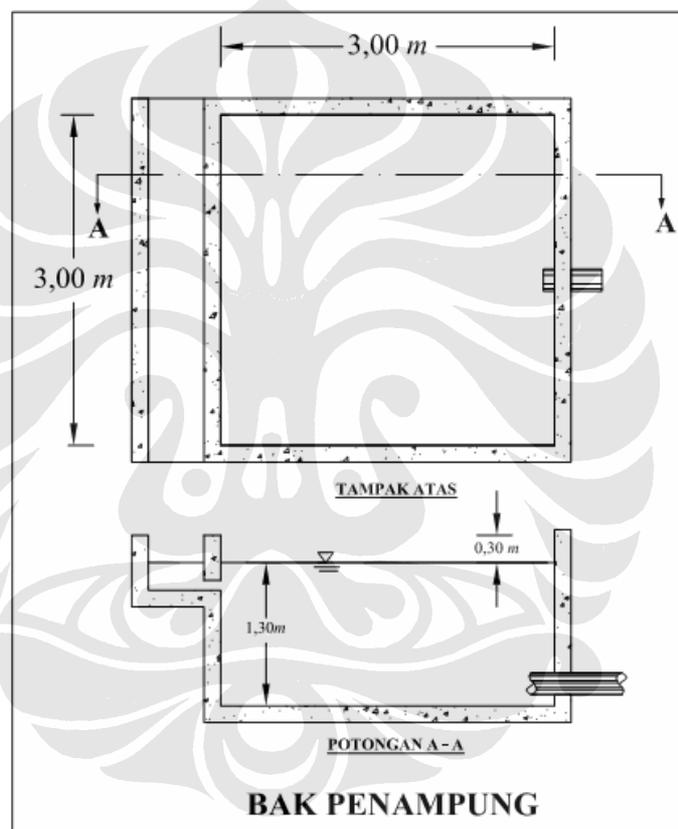
Jumlah bak penampung di buat 3 buah, maka volume tiap bak

$$= \frac{15,156 m^3}{3} = 5,052 m^3$$

Diambil panjang bak = lebar bak = 3 m

$$\text{Maka dalam bak} = \frac{V}{A_{\text{penampang}}} = \frac{5,052}{(2 \times 2) m^2} = 1,26 m \approx 1,30 m$$

Dengan tinggi jagaan = 0,3 m



**Gambar 5.3.** Bak penampung

5.2.4. Alat ukur air, untuk pilihan alat pengukuran aliran instalasi pengolahan grey water ini digunakan *parshall flume* sebagai pengukur debit aliran grey water yang akan masuk ke dalam bak penampung. *Parshall flume*

standar ini adalah yang menghubungkan bak penampung dan bak sedimentasi primer.

Digunakan dimensi *parshall flume* standar dengan spesifikasi sebagai berikut :

Jika ditinjau dari  $Q_{\text{jam puncak}} = 0,05052 \text{ m}^3/\text{det}$  dapat digunakan *parshall flume* kategori *small parshall flume*/parshall flume kecil.

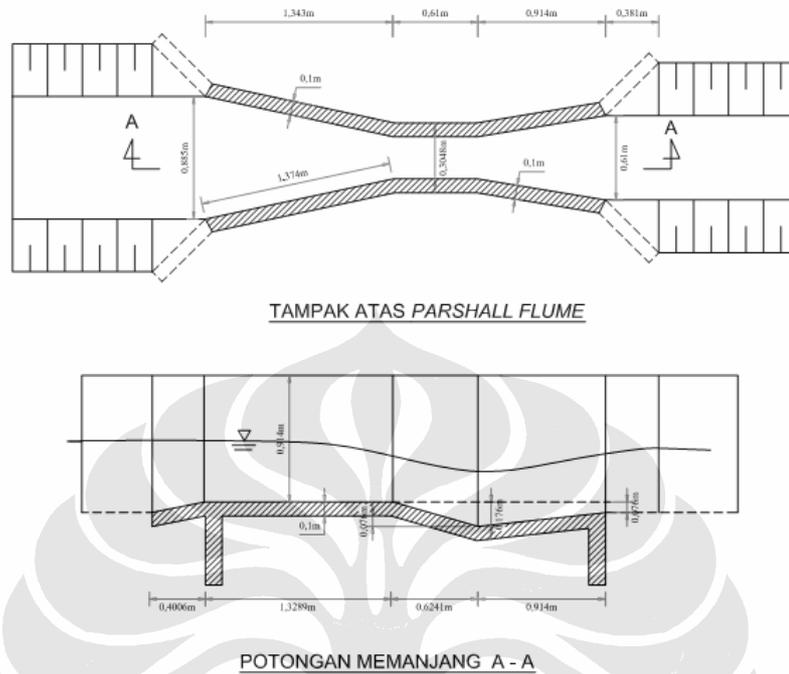
Lebar Tenggorok (b) = 304,8 mm

$Q_{\text{puncak}}$  yang tenggelam = 70%

Lebar saluran = 1,0 m dan dalam saluran = 0,5 m

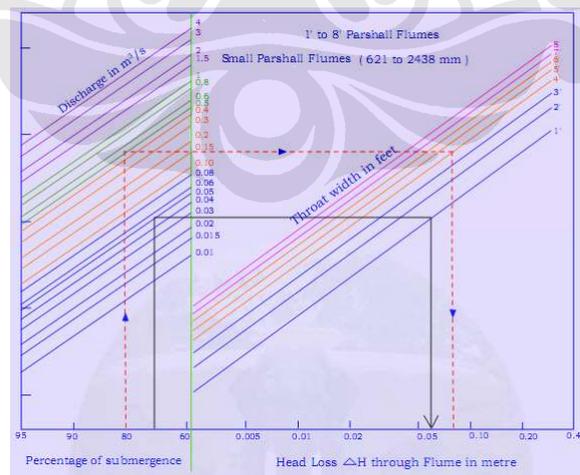
b = 304,8 mm	H = -
A = 1372 mm	K = 76 mm
a = 914 mm	M = 381 mm
B = 1343 mm	N = 229 mm
C = 610 mm	P = 1492 mm
D = 845 mm	R = 508 mm
E = 914 mm	X = 51 mm
L = 610 mm	Y = 76 mm
G = 914 mm	Z = -

Hilang tekanan setelah melalui parshall flume dapat diperoleh dari grafik, seperti di bawah ini:



**Gambar 5.4.** Parshall flume

Hilang tekanan setelah melalui parshall flume dapat diperoleh dari grafik, seperti di bawah ini:



**Gambar 5.5.** Hilang tekan melalui parshall flume

$\Delta H$  yang didapat dari gambar grafik adalah 0,0583m.

### 5.3. Pengolahan Primer (*Primary Sedimentation*)

Fungsi :

- a. Mengendapkan zat organik
- b. Membiarkan lumpur mengendap tanpa bantuan yaitu dengan gravitasi
- c. Menurunkan kadar TSS hingga 50 – 65 %
- d. Lumpur yang mengendap, pengambilannya dilakukan pada waktu tertentu.

#### 5.3.1. Kriteria Perancangan :

- a. *Overflow rate* ( $V_o$ ) = 30 – 50  $m^3/m^2/hr$ , digunakan rata-rata 40  $m^3/m^2/hr$
- b. Untuk bentuk bak persegi panjang, perbandingan panjang dengan lebar = 1,0 – 7,5
- c. Perbandingan panjang dengan kedalaman = 4,2 – 25
- d. Jumlah bak sedimentasi direncanakan dengan 3 unit bak.
- e. Kemiringan dasar bak sedimentasi 1 – 2 %.
- f. *Weir loading* = 124  $m^3/m.hari$  untuk  $Q \leq 44 \text{ lt/det}$   
= 186  $m^3/m.hari$  untuk  $Q > 44 \text{ lt/det}$

#### 5.3.2. Menghitung *Influen*

$$Q_{\text{maks day}} = 33,68 \text{ lt/det} = 0,03368 \text{ m}^3/\text{det} = 2909,95 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Debit tiap bak} = \frac{2909,95 \text{ m}^3/\text{hr}}{3} = 969,98 \text{ m}^3/\text{hr} = 11,23 \text{ lt/det}$$

$$\begin{aligned} BOD_5 &= 360 \text{ mg / lt} \\ &= 360 \cdot 10^{-3} \text{ kg / m}^3 \times 969,98 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 349,19 \text{ kg / hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TSS &= 451 \text{ mg / lt} \\
 &= 451 \cdot 10^{-3} \text{ kg / m}^3 \times 969,98 \text{ m}^3 / \text{hari} \\
 &= 437,46 \text{ kg / hari}
 \end{aligned}$$

### 5.3.3. Menghitung karakteristik Lumpur Bak Sedimentasi Primer

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= 35\% \times BOD_{\text{disisihkan}} \\
 &= 58\% \times TSS_{\text{disisihkan}}
 \end{aligned}$$

$$BOD_{\text{removal}} = 35\% \times 349,19 \text{ kg / hari} = 122,22 \text{ kg / hari}$$

$$TSS_{\text{removal}} = 58\% \times 437,46 \text{ kg / hari} = 253,73 \text{ kg / hari}$$

Konsentrasi solid = 4,5% (buku Syed R.Qasim)

BJ solid = 1,03

$$\text{Debit lumpur} = \frac{SS_{\text{removal}}}{\text{Konsentrasi solid} \times \text{BJ}} = \frac{253,73 \text{ kg / hr}}{4,5\% \times 1,03 \times 1000 \text{ kg / m}^3} = 5,47 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

### 5.3.4. Menghitung Debit, BOD<sub>5</sub>, COD dan TSS dalam *Effluent Primary Treatment*

$$Q_{\text{effluent}} = 969,98 \text{ m}^3 / \text{hr} - 5,47 \text{ m}^3 / \text{hr} = 964,51 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$\begin{aligned}
 BOD &= 349,19 \text{ kg / hr} - 122,22 \text{ kg / hr} = 226,97 \text{ kg / hr} \\
 &= \frac{226,97 \text{ kg / hr}}{964,51 \text{ m}^3 / \text{hr}} \times 1000 \text{ gr / kg} = 235,32 \text{ gr / m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TSS &= 437,46 \text{ kg / hr} - 253,73 \text{ kg / hr} = 183,73 \text{ kg / hr} \\
 &= \frac{183,73 \text{ kg / hr}}{964,51 \text{ m}^3 / \text{hr}} \times 1000 \text{ gr / kg} = 190,49 \text{ gr / m}^3
 \end{aligned}$$

### 5.3.5. Menghitung Dimensi Bak Sedimentasi

Perhitungan :

Perbandingan panjang dan lebar = 3 : 1

Pebandingan panjang dengan kedalaman = 7 : 1

- a. Menghitung luas permukaan

$$A = \frac{Q}{V_o} = \frac{11,23 \text{ lt/det} \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{lt} \times 86400 \text{ det/hr}}{40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}} = 24,26 \text{ m}^2$$

- b. Menghitung panjang dan lebar bak

$$P = 3L$$

$$A = 3L^2$$

$$24,26 = 3L^2$$

$$L = \sqrt{\frac{24,26}{3}} = 2,84 \approx 3,0 \text{ m} \text{ maka } P = 3 \times 3,0 \text{ m} = 9 \text{ m}$$

$$\text{dan kedalaman bak} = \frac{1}{7} \times P = \frac{9 \text{ m}}{7} = 1,28 \text{ m} \approx 1,3 \text{ m}$$

Dengan tinggi jagaan = 0,3 m

$$\text{Volume bak} = 9 \times 3 \text{ m} \times (1,3 + 0,3) \text{ m} = 59,2 \text{ m}^3$$

- c. Memeriksa *overflow rate*

*Overflow rate* pada  $Q_{\text{desain}} =$

$$\frac{0,01123 \text{ m}^3/\text{det} \times 86400 \text{ det/hr}}{9 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = 35,94 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$$

*Overflow rate* pada  $Q_{\text{jam puncak}} =$

$$\frac{0,01684 \text{ m}^3/\text{det} \times 86400 \text{ det/hr}}{9 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = 53,89 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$$

- d. Menghitung waktu detensi ( $t$ )

Waktu detensi saat  $Q_{\text{rata-rata}}$

$$\begin{aligned} t &= \frac{V}{Q} = \frac{59,2m^3}{11,23lt/det \times 10^{-3} m^3/lt \times 60 \text{det}/menit} \\ &= 87,86menit \times \frac{1}{60} \text{jam}/menit \\ &= 1,46 \text{jam} \end{aligned}$$

Waktu detensi saat  $Q_{\text{jam puncak}}$

$$\begin{aligned} t &= \frac{V}{Q} = \frac{59,2m^3}{16,84lt/det \times 10^{-3} m^3/lt \times 60 \text{det}/menit} \\ &= 58,59menit \times \frac{1}{60} \text{jam}/menit \\ &= 0,98 \text{jam} \end{aligned}$$

### 5.3.6. Struktur Influent Bak Pengendap Awal (*Primary Sedimentation*)

- a. Memilih susunan struktur influent

Struktur influent ini terdiri dari 8 orifice berukuran 34 cm x 34 cm

- b. Menghitung hilang tekan pada struktur influent

Debit tiap saluran =

$$\frac{Q_{\text{jam puncak}} \text{ tiap bak}}{3} = \frac{0,05052 m^3/det}{3} = 0,01684 m^3/det$$

Kedalaman air pada saluran masuk influent adalah 0,5m dan lebar 0,5m

Kecepatan saluran influent pada  $Q_{\text{puncak}}$

$$= \frac{0,01684 m^3/det}{0,5m \times 0,5m} = 0,0674 m/det$$

$$\text{Debit yang melalui tiap orifice} = \frac{0,05052 m^3/det}{8 \text{ orifice}} = 0,00632 m^3/det$$

Dari persamaan  $Q = C_d A \sqrt{2gh_L}$ , didapat :

$$h_L = \left[ \frac{0,00632 m^3/det}{0,6 \times (0,34m)^2 \times \sqrt{2 \times 9,81 m/det^2}} \right]^2 = 0,0004m$$

### 5.3.7. Struktur Effluent Bak Pengendap Awal (*Primary Sedimentation*)

- a. Memilih susunan struktur effluent

Struktur *effluent* ini terdiri dari pelimpah, *launder*, kotak *outlet* dan pipa *outlet*. Untuk pelimpahnya digunakan pelimpah berbentuk segitiga (*V-notch*).

- b. Menghitung panjang pelimpah

*Weir loading* =  $124 m^3/m.hari$  pada  $Q_{rata-rata}$

$$\text{Panjang pelimpah} = \frac{969,98 m^3/hr}{124 m^3/m.hr} = 7,82m \approx 8m$$

$$\begin{aligned} \text{Total panjang weir plate} &= 2(3 + 2,6)m + 2(2,6 + 2,2)m - 1,0m \\ &= 19,8m \end{aligned}$$

$$\text{Weir loading sebenarnya} = \frac{969,98 m^3/hr}{19,8m} = 48,99 m^3/m.hr$$

- c. Menghitung jumlah *V-notch*

Direncanakan *V-notch* standar dengan jarak pusat ke pusat 33 *cm* pada dua sisi *launder*.

$$\text{Total jumlah notch} = 3 \text{ notch}/m \times 19,8m = 60 \text{ notch}$$

- d. Menghitung tekanan yang melewati *V-notch* pada  $Q_{\text{desain}}$

Debit tiap yang melewati *V-notch* =

$$\frac{0,01123 \text{ m}^3/\text{det}}{60 \text{ notch}} = 1,87 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det} \text{ tiap notch}$$

$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} H^{\frac{5}{2}}$$

$$1,87 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det} = \frac{8}{15} \times 0,584 \times \sqrt{2 \cdot 9,81} \times \tan 45^\circ \times H^{2,5}$$

$$H = 0,028 \text{ m} \approx 2,8 \text{ cm}$$

- e. Menghitung tekanan yang melewati *V-notch* pada  $Q_{\text{jam puncak}}$

Debit tiap yang melewati *V-notch* =

$$\frac{0,01684 \text{ m}^3/\text{det}}{60 \text{ notch}} = 2,81 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det} \text{ tiap notch}$$

$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} H^{\frac{5}{2}}$$

$$2,81 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det} = \frac{8}{15} \times 0,584 \times \sqrt{2 \cdot 9,81} \times \tan 45^\circ \times H^{2,5}$$

$$H = 0,033 \text{ m} \approx 3,3 \text{ cm}$$

- f. Memeriksa kedalaman *notch*

Total kedalaman *notch* adalah 5,3 cm. Maksimum tekanan pada debit puncak 3,3 cm ditambah 2,0 cm untuk keamanan.

- g. Menghitung dimensi *launder effluent*

Asumsi :

Lebar *launder* (b) = 0,2 m

Lebar kotak *effluent* = 1 m

Diameter pipa outlet = 0,12 m

Kedalaman air pada kotak outlet = 0,2 m

Kedalaman air pada effluent launder pada titik keluar  $y_2 = 0,2 m - 0,1m = 0,1 m$

Setengah dari debit terbagi dalam tiap sisi *launder*.

$$\frac{0,01684 m^3/det}{2} = 8,42 \cdot 10^{-3} m^3/det$$

Rata-rata panjang setengah *launder* =

$$\frac{2,4m}{2} + 2,8m + \frac{(2,4 - 1,0)m}{2} = 4,7m$$

Panjang total tiap sisi pelimpah/*weir* =  $9,9m$

Debit per unit panjang pelimpah =

$$\frac{8,42 \cdot 10^{-3} m^3/det}{9,9m} = 8,5 \cdot 10^{-4} m^3/det \cdot m$$

Jumlah sisi yang menerima aliran = 2

$$y_1 = \sqrt{(0,1m)^2 + \frac{2(8,5 \cdot 10^{-4} m^3/det \cdot m \times 4,7m \times 2)}{9,81 m/det^2 (0,6m)^2 \times 0,1m}} = 0,235m$$

Diberikan 42 % untuk hilang tekan akibat gesekan, turbulensi, dan bengkokan dan penambahan  $0,18 m$  untuk jatuh bebas.

Kedalaman air pada ujung bak =

$$0,235m \times (0,2 + (0,42 \times 0,2))m = 0,07m$$

Kedalaman total effluent launder =  $0,07m + 0,18m = 0,25m$

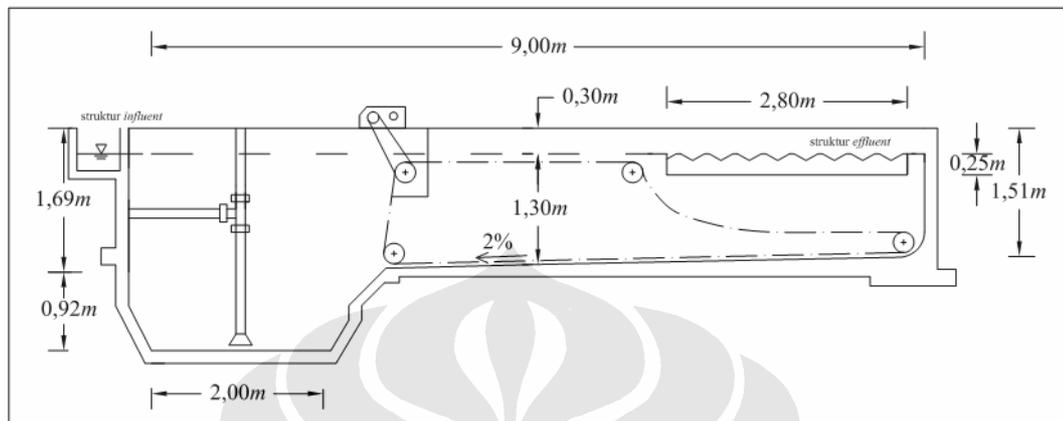
### 5.3.8. Perhitungan ruang lumpur

Kemiringan dasar bak sedimentasi 2%

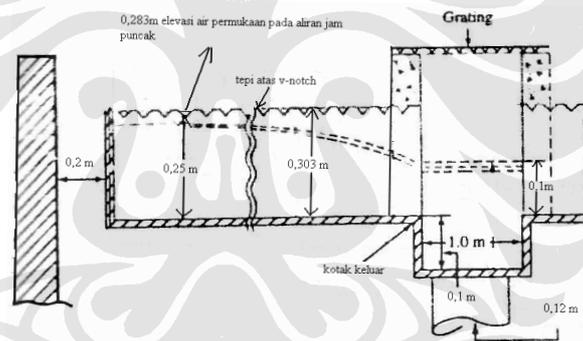
Volume lumpur dalam 1 hari =  $5,47 m^3/hr \times 1hari = 5,47m^3$

$$p = 2m, L = 3m$$

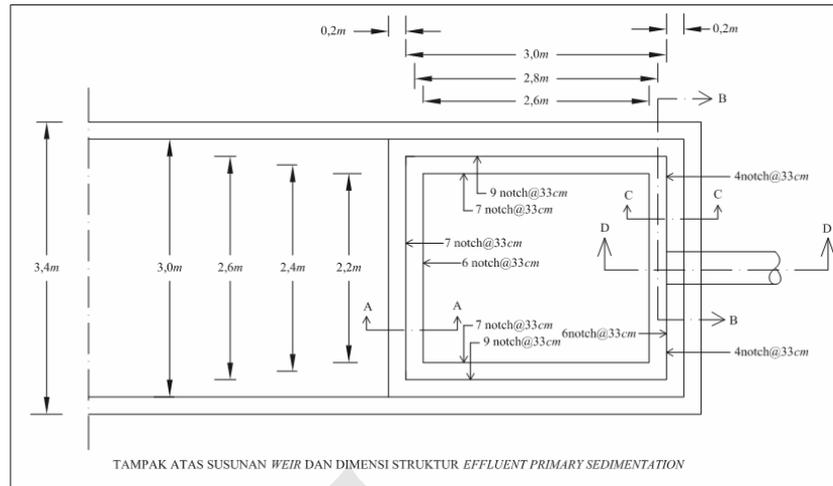
$$t = \frac{V}{A} = \frac{V}{(p \times L)} = \frac{5,47m^3}{(2 \times 3)m} = 0,92m$$



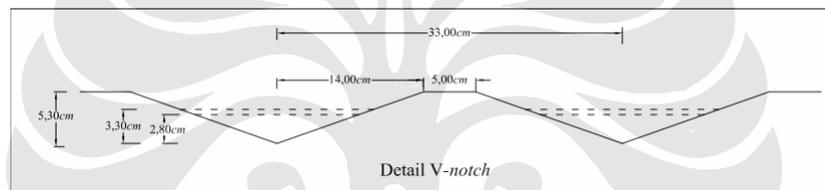
**Gambar 5.6.** Potongan memanjang bak sedimentasi



**Gambar 5.7.** Potongan C-C Detail *Effluent Launder*



**Gambar 5.8.** Tampak atas susunan weir struktur *effluent primary sedimentation*



**Gambar 5.9.** Detail V-notches

#### 5.4. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Pengolahan ini dimana *grey water* diolah secara biologis dengan bantuan mikroorganisme yaitu dengan instalasi *activated sludge*. Unit bangunan *activated sludge* yang dibangun adalah type konvensional yaitu terdiri dari 3 unit bangunan kolam aerasi dan 3 unit bangunan *secondary clarifier*.

##### 5.4.1. Kolam Aerasi

###### 1. Kriteria Perancangan :

- Effluent yang diharapkan :

$$\text{TSS} = 26,14 \text{ mg/lt} \quad \text{BOD}_5 = 34,02 \text{ mg/lt} \quad \text{COD} = 51,92 \text{ mg/lt}$$

Universitas Indonesia

- Koefisien kinetis biologis dan parameter operasional

$$\theta_c = 10d ; Y = 0,5mg / mg ; MLVSS = 3000mg / lt ; k_d = 0,06 / d$$

Konsentrasi lumpur balik = 10000 mg/lt (TSS)

$$MLVSS : MLSS = 0,8$$

$$\text{Konsentrasi } MLSS = \frac{3000mg / lt}{0,8} = 3750mg / lt = 3,75kg / m^3$$

- Periode aerasi (t) = 4 – 8 jam
- Umur lumpur = 5 – 15 hari

2. Memperkirakan debit, BOD, COD dan TSS *influent* dalam tiap kolam aerasi.

Pada pengolahan lumpur *drying beds* masih menghasilkan air buangan yang mengandung BOD dan SS yang cukup tinggi, sehingga diperlukan pengolahannya dikembalikan ke kolam aerasi untuk diolah kembali.

Konsentrasi dari pengolahan tiap bak pengendap awal, sebagai berikut :

$$Q_{\text{desain}} \text{ dari tiap bak pengendap awal} = 964,51 m^3 / hr$$

$$BOD = 235,32 gr / m^3 = 226,97 kg / hr$$

$$TSS = 190,49 gr / m^3 = 183,73 kg / hr$$

Konsentrasi dari pengolahan unit pengolahan lumpur *drying beds*, sebagai berikut :

$$Q = \frac{29,26 m^3 / hr}{3} = 9,75 m^3 / hr$$

$$BOD = \frac{43,89 kg / hr}{3} = 14,63 kg / hr$$

$$TSS = \frac{46,58 \text{ kg/hr}}{3} = 15,53 \text{ kg/hr}$$

Maka konsentrasi influent tiap kolam aerasi, sebagai berikut :

$$Q_{\text{influent}} = 964,51 \text{ m}^3/\text{hr} + 9,75 \text{ m}^3/\text{hr} = 974,26 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$BOD = 226,97 \text{ kg/hr} + 14,63 \text{ kg/hr} = 241,6 \text{ kg/hr}$$

$$= \frac{241,6 \text{ kg/hr}}{974,26 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 1000 \text{ gr/kg} = 247,98 \text{ gr/m}^3 = 247,98 \text{ mg/l}$$

$$TSS = 183,73 \text{ kg/hr} + 15,53 \text{ kg/hr} = 199,26 \text{ kg/hr}$$

$$= \frac{199,26 \text{ kg/hr}}{974,26 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 1000 \text{ gr/kg} = 204,52 \text{ gr/m}^3 = 204,52 \text{ mg/l}$$

### 3. Memperkirakan BOD yang larut dalam *effluent*

BOD yang diharapkan keluar dari *effluent* = 34,02 mg/l

TSS yang diharapkan keluar dari *effluent* = 26,14 mg/l

*Biological solids* = 65% × biodegradable

1 gr solid biodegradable = 1,42 BOD<sub>L</sub>

BOD<sub>5</sub> = 0,68 BOD<sub>L</sub>

BOD yang diserap solid dalam *effluent*

$$= 26,14 \text{ mg/l} \times 0,65 \times 1,42 \times 0,68 = 16,41 \text{ mg/l}$$

Bagian yang dapat larut dari BOD *effluent* = 34,02 mg/l – 16,41 mg/l

$$= 17,61 \text{ mg/l}$$

### 4. Memperkirakan Efisiensi Pengolahan

$$E = \frac{S_o - S}{S_o}$$

Efisiensi pengolahan biologi berdasarkan BOD *effluent* yang dapat larut

$$= \frac{247,98 \text{ mg/l} - 17,61 \text{ mg/l}}{247,98 \text{ mg/l}} \times 100\% = 92,9\%$$

Efisiensi seluruh pengolahan

$$= \frac{247,98 \text{ mg/l} - 34,02 \text{ mg/l}}{247,98 \text{ mg/l}} \times 100\% = 86,28\%$$

5. Menghitung volume reaktor

$$V = \frac{Q\theta_c Y (S_o - S)}{X(1 + k_d \theta_c)} = \frac{974,26974,26 \text{ m}^3/\text{hr} \times 10 \text{ hr} \times 0,5 \times (247,98 - 17,61) \text{ mg/l}}{3000 \text{ mg/l} (1 + 0,06/\text{hr} \times 10 \text{ hr})}$$

$$= 233,79 \text{ m}^3$$

6. Dimensi Kolam Aerasi

Kedalaman air = 2,4 m

Panjang = 14 m

Lebar = 7m

Tinggi jagaan = 0,3 m

Volume kolam aktual = 14m × 7m × 2,4m = 235,2m<sup>3</sup>

7. Memperkirakan kuantitas buangan lumpur aktif

$$Y_{obs} = \frac{Y}{(1 + k_d \theta_c)} = \frac{0,5}{(1 + 0,06/d \cdot 10d)} = 0,3125$$

Penambahan MLVSS

$$= Y_{obs} Q (S_o - S)$$

$$= 0,3125 \times 974,26 \text{ m}^3/\text{hr} \times (247,98 - 17,61) \text{ gr/m}^3 \times (1000 \text{ gr/kg})^{-1}$$

$$= 70,14 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Penambahan MLSS} = \frac{MLVSS}{0,8} = \frac{70,14}{0,8} = 87,67 \text{ kg/hr}$$

Total solids buangan dari

bak pengumpul MLSS = Influent kolam aerasi – Volume buangan lumpur aktif setelah kolam aerasi

$$= 87,67 \text{ kg/hr} - \frac{974,26 \text{ m}^3/\text{hr} \times 26,14 \text{ gr/m}^3}{1000 \text{ gr/kg}}$$

$$= 62,20 \text{ kg/hr}$$

Kecepatan buangan lumpur dari bak pengumpul MLSS

$$= \frac{62,20 \text{ kg/hr}}{3,75 \text{ kg/m}^3} = 16,59 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{BOD terlarut} = 17,61 \text{ gr/m}^3 \times 16,59 \text{ m}^3/\text{hr} \times (1000 \text{ gr/kg})^{-1} = 0,29 \text{ kg/hr}$$

BOD buangan lumpur aktif

$$= 0,65 \times 1,42 \times 0,68 \times 62,20 \text{ kg/hr} = 39,04 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Total BOD buangan lumpur aktif} = 39,04 \text{ kg/hr} + 0,29 \text{ kg/h} = 39,33 \text{ kg/hr}$$

#### 8. Memperkirakan besar pengembalian lumpur.

Besarnya pengembalian lumpur dihitung berdasarkan konsentrasi *MLSS* dalam kolam aerasi dan *SS* dalam pengembalian lumpur.

Asumsi bahwa *SS* dalam *influent* sangat kecil dan  $Q_r$  adalah debit pengembalian lumpur ( $\text{m}^3/\text{det}$ ), digunakan kesetimbangan massa :

$$MLSS(Q + Q_r) = SS_{\text{lumpur}} \times Q_r$$

$$3750(Q + Q_r) \text{ m}^3/\text{det} = 10000 \text{ mg/l} \times Q_r$$

$$Q_r = \frac{0,0113 \times 3750}{6250} = 0,00677 \text{ m}^3/\text{det} = 584,556 \text{ m}^3/\text{hr}$$

## 9. Memeriksa periode aerasi terhadap kriteria perancangan

$$\begin{aligned} \text{Periode aerasi (jam)} &= \frac{\text{volume kolam}}{\text{debit}} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= \frac{235,2 \text{ m}^3}{974,26 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 5,8 \text{ jam/hari} \quad (4-8 \text{ jam}) \dots \text{OK} \end{aligned}$$

## 10. Memeriksa perbandingan F/M

$$U = \frac{Q(S_o - S)}{VX} = \frac{974,26 \text{ m}^3/\text{hari} \times (247,98 - 17,61) \text{ gr/m}^3}{235,2 \text{ m}^3 \times 3000 \text{ gr/m}^3} = 0,32/\text{hari}$$

## 11. Memeriksa Beban organik beban organik

$$\text{Beban organik} = \frac{S_o Q}{V} = \frac{247,98 \text{ gr/m}^3 \times 974,26 \text{ m}^3/\text{hr}}{235,2 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ gr/kg}} = 1,03 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hr}$$

12. Kebutuhan  $O_2$ a. Kebutuhan  $O_2$ Kebutuhan  $O_2$  teoritis

$$\begin{aligned} O_2 \text{ kg/hr} &= \frac{Q(S_o - S)}{BOD_5/BOD_L} - 1,42 P_x \\ &= \frac{974,26 \text{ m}^3/\text{hr} (247,98 - 17,61) \text{ gr/m}^3}{0,68 \times 1000 \text{ gr/kg}} - (1,42 \times 70,14 \text{ kg/hr}) \\ &= 230,46 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan  $O_2$  standar pada kondisi lapangan (SOR)

$$SOR \text{ kg/hr} = \frac{N}{\left[ (C'_{sw} \beta F_a - C) / C_{sw} \right] (1,24)^{T-20} \alpha}, \text{ dimana :}$$

$N$  = kebutuhan oksigen teoritis (kg/hr)

$C_{sw}$  =  $O_2$  yang dapat larut dalam air kran pada keadaan standar  
 =  $9,17 \text{ mg/lt}$

$C'_{sw}$  =  $O_2$  yang dapat larut dalam air kran pada temperatur lapangan ( $\text{mg/lt}$ )

$\beta$  = faktor tegangan permukaan salinitas, biasanya 0,9 untuk air limbah (DO jenuh/DO jenuh air kran)

$\alpha$  = faktor koreksi transfer  $O_2$  biasanya 0,8 – 0,9

$F_a$  = faktor koreksi  $O_2$  yang dapat larut untuk ketinggian tertentu

$$= \left( 1 - \frac{\text{ketinggian dalam meter}}{9450} \right)$$

$T$  = suhu rata-rata air buangan dalam kolam aerasi pada kondisi lapangan

$$= \frac{AfT_a + QT_i}{Af + Q} \quad (\text{dalam } ^\circ\text{C}), \text{ dimana :}$$

$A$  = luas permukaan ( $m^2$ )

$T_a$  = suhu rata-rata udara sekitar ( $^\circ\text{C}$ )

$T_i$  = suhu rata-rata influen ( $^\circ\text{C}$ )

$f$  = faktor proporsional ( $0,5\text{m/hr}$ )

$Q$  = debit ( $m^3/\text{hr}$ )

Diasumsikan bahwa suhu rata-rata operasi pada bak aerasi =  $30^\circ\text{C}$

$C'_{sw}$  pada suhu  $30^\circ\text{C}$  didapat  $7,63 \text{ mg/lt}$

$$C = 1,5 \text{ mg/l}$$

$$C_{sw} = 9,15 \text{ mg/l}$$

$$\alpha = 0,9$$

$$\beta = 0,9$$

$$\text{Ketinggian} = 10 \text{ m}$$

$$F_a = \left(1 - \frac{10}{9450}\right) = 0,999$$

$$\begin{aligned} \text{SOR} &= \frac{230,46 \text{ kg/hr}}{\left[ \frac{(7,63 \text{ mg/l} \times 0,9 \times 0,999 - 1,5 \text{ mg/l})}{9,15} \right] \times 1,024^{30-20} \times 0,9} \\ &= 344,82 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

### 13. Menghitung Kebutuhan Aerator

Kecepatan transfer dari aerator = 1,2 – 2,4 kg  $O_2$ / kWh

Digunakan kecepatan transfer udara = 2 kg  $O_2$ / kWh

Daya aerator yang dibutuhkan =

$$\frac{344,82 \text{ kg } O_2/\text{hr}}{2 \text{ kg } O_2/\text{KWH} \times 24 \text{ jam}} = 7,184 \text{ KWH} = 9,63 \text{ HP}$$

Digunakan 20 aerator dengan daya masing-masing 0,5 HP.

### 14. Struktur Influent Kolam Aerasi

#### a. Pemilihan susunan struktur influent

Struktur inlet terdiri dari saluran persegi empat dibangun sepanjang lebar bak aerasi. Saluran tersebut terdiri dari 9 orrifices bujur sangkar terbagi rata panjang dari pusatnya dan berfungsi mendistribusi influent (air buangan dan pengembalian lumpur) sepanjang lebar kolam aerasinya.

b. Perhitungan *head loss*

$$\begin{aligned}
 Q_{maks} &= \frac{Q_{\text{jam puncak}} + Q_{\text{pengembalian lumpur}}}{3} \\
 &= \frac{(0,05052 \text{ m}^3/\text{det} + 0,00677 \text{ m}^3/\text{det})}{3} \\
 &= 0,0191 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Lebar saluran influent = 0,5 m

Bagian saluran yang influent yang tenggelam = 1 m

Kecepatan dalam saluran =

$$\frac{\text{aliran setiap sisi kolam}}{\text{luas penampang saluran}} = \frac{0,0191 \text{ m}^3/\text{det}}{0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}} = 0,0382 \text{ m}^2$$

Aliran melalui setiap *orrifices*

$$= \frac{0,0191 \text{ m}^3/\text{det}}{3 \text{ orrifice}} = 0,0064 \text{ m}^3 / \text{det} / \text{orrifice}$$

Penurunan muka air dalam saluran influent dan kolam aerasi, sebagai berikut :

$$\Delta_z = \left[ \frac{Q}{C_d A \sqrt{2g}} \right]^2$$

Jika masing-masing *orrifices* berukuran 20cm×20cm dan  $C_d = 0,61$ , maka :

$$\Delta_z = \left[ \frac{0,0064 \text{ m}^3 / \text{det}}{0,61 \times 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m}/\text{det}^2}} \right]^2 = 0,0035 \text{ m}$$

## 15. Struktur Effluent Kolam Aerasi

### a. Memilih susunan struktur *effluent*

Struktur effluent terdiri dari kotak *effluent* pelimpas (*weir*), dalam tiap kotak tersebut mempunyai weir 0,5 m yang dapat disesuaikan dalam panjangnya. Disediakan *stop gate* pada tiap kotak pelimpasnya untuk kelenturan pada penutup

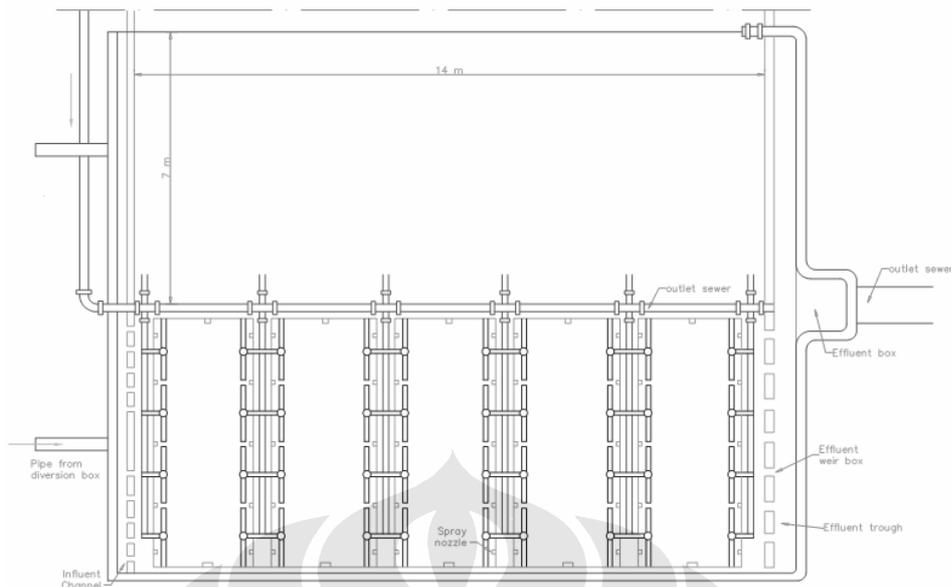
Menghitung *head over* pada rata-rata debit jam puncak

$$\text{Aliran tiap bak limpasan} = \frac{0,05052 \text{ m}^3/\text{det}}{3} = 0,01684 \text{ m}^3/\text{det}$$

Gunakan panjang limpasan  $L = 0,5 \text{ m}$  dan  $C = 0,624$ , head over limpasan pada debit desain rata-rata dihitung dengan cara *trial & error*, gunakan  $L' = 0,5 \text{ m}$

$$H = \left[ \frac{3}{2} \times \frac{Q}{CL\sqrt{2g}} \right]^{2/3} = \left[ \frac{3}{2} \times \frac{0,01684}{0,624 \times 0,5 \times \sqrt{2 \times 9,81}} \right]^{2/3} = 0,069 \text{ m}$$

$$L' = L - 0,2H = 0,5 - (0,2 \times 0,069) = 0,486 \text{ m} \approx 0,49 \text{ m}$$



**Gambar 5.10.** Kolam aerasi

#### 5.4.2. Bangunan Pengendap Akhir (*Final Clarifier*)

Bak pengendap ini didesain dengan 3 unit bak.

##### 1. Dimensi Bangunan Pengendap Akhir

Debit yang masuk bangunan pengendap akhir = debit desain + debit pengembalian lumpur – MLSS buangan.

$$\begin{aligned}
 Q &= Q_{\text{effluent bak pengendap awal}} + Q_r - \text{MLSS buangan} \\
 &= 974,26 \text{ m}^3/\text{hr} + 584,556 \text{ m}^3/\text{hr} - 25,47 \text{ m}^3/\text{hr} \\
 &= 1533,346 \text{ m}^3/\text{hr} \times \frac{1}{86400 \text{ det}/\text{hr}} = 0,018 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Menghitung luas permukaan bak clarifier.

$$A = \frac{QX}{SF} \quad ; \text{ dimana :}$$

$A$  = luas clarifier ( $\text{m}^2$ )

$Q$  = aliran masuk *clarifier* termasuk pengembalian lumpur ( $\text{m}^3/\text{hr}$ )

$X$  = *MLSS* ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

Universitas Indonesia

$SF$  = harga batas *solid* (Grafik 13.14 buku Syed R.Qasim hal.360)

Untuk konsentrasi pengembalian lumpur 10000  $mg/lt$ , diperoleh dari grafik  $SF = 2,0kg/m^2 \cdot jam = 2 kg/m^2 \cdot jam \times 24 jam/hari = 48kg/m^2 \cdot hari$

Dan untuk konsentrasi  $MLVSS = 3000 gr/m^3$  dari tabel 13.12 Syed R.Qasim hal.361, diperoleh :

Kecepatan awal pengendapan = 1,3  $m/jam$

*Solid flux rate* = 3,9  $kg/m^2 \cdot jam$

Debit yang masuk ( $Q$ ) =  $0,018m^3/jam \times 3600 det/jam = 64,8m^3/jam$

$$A = \frac{64,8m^3/jam \times 3750 gr/m^3}{2kg/m^2/jam \times 1000 gr/kg} = 121,5 m^2$$

Diameter *clarifier* ( $D$ ) =

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 121,5}{\pi}} = 12,44 \approx 12,5m$$

Luas sebenarnya ( $A_{aktual}$ ) =  $\frac{1}{4} \times \pi \times 12,5^2 = 122,72m^2$

Memeriksa *overflow rate* ( $V_o$ ) =

$$V_o = \frac{Q}{A} = \frac{64,8m^3/jam \times 24 jam/hr}{122,72m^2} = 12,67 m^3/m^2 \cdot hr$$

## 2. Menghitung Beban *Solid*

Batasan beban *solid* =

$$\frac{QX}{A} = \frac{64,8m^3/jam \times 3750 gr/m^3 \times 24 jam/hr}{122,72m^2 \times 1000 gr/kg} = 47,52 kg/m^2/hr$$

### 3. Kedalaman *Clarifier*

Kedalaman air pada bak *clarifier* = kedalaman daerah air limbah jernih + kedalaman daerah pengendapan + kedalaman ruang penyimpanan lumpur.

- a. Menentukan kedalaman air limbah jernih dan daerah pengendapan.

Umumnya kedalaman air limbah jernih dan daerah pengendapan ini sekitar 1,5 – 2 m, disediakan 1,5 m.

- b. Menghitung kedalaman daerah pengendapan.

Kedalaman ini diasumsikan di bawah kondisi normal, massa lumpur pada *clarifier* dijaga agar 30% dari massa solids dalam kolam aerasi. Dengan rata-rata konsentrasi lumpur pada *clarifier* adalah 7000 mg/lt.

Massa total solids pada tiap bak aerasi =

$$\frac{3750 \text{ gr/m}^3 \times 14\text{m} \times 7\text{m} \times 2,4\text{m}}{1000 \text{ gr/kg}} = 882\text{kg}$$

Massa total pada tiap *clarifier* =  $0,3 \times 882\text{kg} = 264,6\text{kg}$

Kedalaman daerah pengendapan =  $\frac{\text{total solid pada clarifier}}{\text{konsentrasi} \times \text{luas}}$

$$= \frac{264,6\text{kg} \times 1000 \text{ gr/kg}}{7000 \text{ gr/m}^3 \times 122,72\text{m}^2} = 0,31\text{m}$$

- c. Menghitung kedalaman ruang penyimpanan lumpur

Ruang ini untuk menyimpan lumpur sementara pada *clarifier*, apabila bangunan pengolahan lumpur tidak mampu menangani lumpur tersebut. Kapasitas penyimpanan lumpur disediakan untuk 2 hari dalam kondisi debit jam puncak dan beban BOD<sub>5</sub>. Di asumsikan bahwa faktor debit pada jam puncak = 2,5 dan faktor beban BOD = 1,5.

Universitas Indonesia

TVS yang dihasilkan dalam kondisi berkelanjutan :

$$\begin{aligned}
 &= Y_{obs} Q (S_o - S) \\
 &= 0,3125 \times 974,26 m^3/hr \times \frac{(247,98 - 17,61) gr/m^3 \times 1,5 \times 2,5}{(1000 gr/kg)} \\
 &= 263,02 kg/hr
 \end{aligned}$$

Total solids yang disimpan = lama penyimpanan  $\times$  SS

$$= 2 \text{ hari} \times \frac{263,02 kg/hr}{0,8} = 328,77 kg$$

Total solids dalam *clarifier* = 328,77kg + 264,6kg = 593,37kg

Kedalaman penyimpanan lumpur =

$$\frac{\text{total massa solids clarifier}}{\text{konsentrasi} \times \text{luas permukaan}} = \frac{593,37 kg \times 1000 gr/kg}{7000 gr/m^3 \times 122,72 m^2} = 0,69 m$$

d. Kedalaman total *clarifier*

$$\text{Kedalaman air pada } clarifier = 1,5 m + 0,31 m + 0,69 m = 2,5 m$$

#### 4. Struktur Influent *Clarifier*

Air buangan dialirkan ke tengah *clarifier* melalui pipa yang dipasang di tengah-tengah.

#### 5. Struktur Effluent *Clarifier*

a. Memilih susunan pelimpah (weir) dan dimensi

$$\text{Panjang pelimpah effluent} = \pi D = \pi \times 12,5 m = 39,27 m$$

Disediakan kedalaman notch-V 8 cm dengan jarak 40 cm dari pusat ke pusat.

$$\text{Jumlah notch} = \frac{39,27 m}{40 cm/notch \times (100 cm/m)^{-1}} = 98,2 \approx 98 \text{ notch}$$

b. Menghitung *head over notch-V*

Debit dari *clarifier* = debit dari kolam aerasi – *MLSS* buangan

Universitas Indonesia

$$= 974,26 \text{ m}^3/\text{hr} - 25,47 \text{ m}^3/\text{hr} = 948,79 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$= 0,01098 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Debit /notch} = \frac{0,01098 \text{ m}^3/\text{det}}{99 \text{ notch}} = 0,00011 \text{ m}^3/\text{det}$$

Head over notch-V, (h) :

$$h = \left[ \frac{15 \left( \frac{Q}{C_d \sqrt{2g} \times \text{tg} \phi} \right) \right]^{2/5} = \left[ \frac{15 \left( \frac{0,00011 \text{ m}^3/\text{det}}{0,584 \sqrt{2.9,81} \times \text{tg} 45^\circ} \right) \right]^{2/5} = 0,023 \text{ m}$$

c. Menghitung *weir loading*

*Weir loading* =

$$\frac{\text{debit clarifier}}{\text{panjang pelimpah}} = \frac{0,01098 \text{ m}^3/\text{det} \times 86400 \text{ det/hr}}{39,27 \text{ m}} = 24,16 \text{ m}^3/\text{m.hr}$$

6. Memperkirakan Karakteristik Effluent dari tiap *Clarifier*

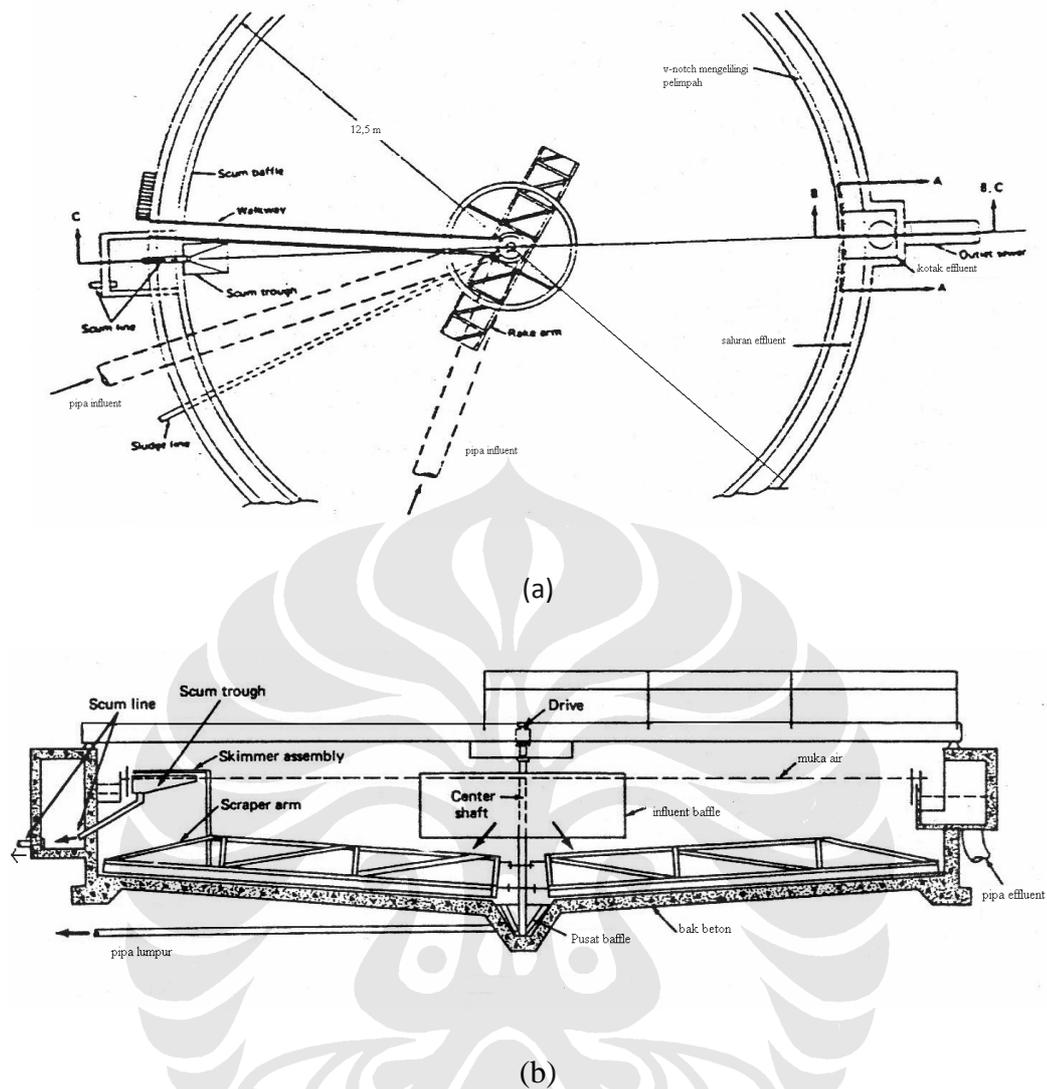
Efisiensi : 85% BOD<sub>disisihkan</sub>

85% TSS<sub>disisihkan</sub>

$$Q = \frac{948,79 \text{ m}^3/\text{hr}}{86400 \text{ det/hr}} \times 1000 \text{ lt/m}^3 = 10,98 \text{ lt/det}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= (1 - 0,85) 247,98 \text{ mg/lt} = 37,197 \text{ mg/lt} \\ &= 37,197 \text{ mg/lt} \times 948,79 \text{ m}^3/\text{hr} \times (1000 \text{ gr/kg})^{-1} \\ &= 35,29 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SS} &= (1 - 0,85) 204,52 \text{ mg/lt} = 30,68 \text{ mg/lt} \\ &= 30,68 \text{ mg/lt} \times 948,79 \text{ m}^3/\text{hr} \times (1000 \text{ gr/kg})^{-1} \\ &= 29,11 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$



**Gambar 5.11.** Tampak atas (a) dan Potongan C-C (b) *final clarifier*

## 5.5. Desinfeksi

Desinfeksi merupakan unit terakhir dari proses pengolahan air limbah *grey water* yang bertujuan untuk mengurangi bakteri yang terdapat dalam *grey water*. Desinfeksi ini dengan menggunakan klor dalam bentuk senyawa kalsium hipoklorit ( $CaOCl_2$ ) yang lebih dikenal kaporit. Pada pemakaian kaporit digunakan dalam bentuk larutan 70% dari total jumlah kaporit. (Sukarmadidjaja, 1990)

Jumlah kebutuhan klor yang digunakan dalam proses desinfeksi ini dihitung berdasarkan jumlah *E. Colli* sebelum dan sesudah pembubuhan klor, yang dinyatakan dalam persamaan :

Kriteria Perancangan :

- a. pH optimum 6 – 7
- b. aliran merata
- c. Dosis desinfeksi yang diberikan tiap bak setelah proses *activated sludge* 2-8 mg/lt
- d. Waktu kontak 15 – 45 menit, digunakan 30 menit
- e. Kadar klor dalam kaporit 70%
- f. Berat jenis kaporit ( $\rho$ ) = 0,8 – 0,88 kg/lt

Perhitungan :

1. Kebutuhan klor tiap bak desinfeksi

$$\text{Debit dari clarifier, } Q = 948,79 \text{ m}^3/\text{hr} = 0,01098 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Dosis yang diberikan} = 8 \text{ mg/lt} = 0,008 \text{ kg/m}^3$$

Kebutuhan klor =

$$\text{Debit} \times \text{dosis klor} = 948,79 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,008 \text{ kg/m}^3 = 7,59 \text{ kg/hr}$$

2. Kebutuhan kaporit dalam larutan =

$$\frac{\text{berat klor}}{\text{kadar klor}} = \frac{7,59 \text{ kg/hr}}{0,7} = 10,84 \text{ kg/hr}$$

3. Dimensi tiap bak kontak pada saat  $Q_{\text{jam puncak}}$

a. Memilih susunan ruang dan dimensi

Disediakan 2 ruang kontak tipikal, tiap ruang memiliki tiga putaran keliling susunan baffle dengan dimensi dan pengaturannya, seperti berikut ini :

$$V_{\text{bak}} = Q \times t = 0,01098 m^3 / \text{det} \times 1800 \text{ det} = \frac{19,764 m^3}{2} = 9,88 m^3$$

Asumsi bahwa :

Panjang putaran keliling ruang kontak =  $30m$

Lebar =  $1,5 m$

Kedalaman =  $0,5 m$

Tinggi jagaan =  $0,3 m$

Total volume 2 ruang kontak =  $30m \times 1,5m \times 0,5m = 22,5m^3$

Asumsikan panjang bak,  $m = L$

$$30 m = (L - 1,5m) + 1,5m + (L - 1,5m) + 1,5 + (L - 0,75m)$$

$$L = \frac{30,75}{2} = 15,375m$$

b. Menghitung ruang kontak pada  $Q_{\text{jam puncak}}$

Waktu kontak pada  $Q_{\text{jam puncak}}$  dengan 2 ruang

$$t = \frac{22,5m^3}{0,05052 m^3 / \text{det} \times 60 \text{ det} / \text{menit}} = 7,42 \text{ menit}$$

#### 4. Struktur Influent

##### a. Memilih susunan struktur influent

Struktur influent terdiri dari saluran persegi yang terbagi sama rata pada tiap sisinya. Mesin pintu air disediakan untuk membuka tutup pada kasus salah satu ruang akan dikuras. Lebar bukaan yang terendam air 1 m dan 0,5 m tinggi akan mengalir pada ruang kontak.

##### b. Menghitung hilang tekan struktur influent saat $Q_{jam\ puncak}$ dan salah satu ruang sedang tidak beroperasi.

Perbedaan elevasi antara permukaan air pada saluran influent dan permukaan air pada ruang kontak, yaitu sebagai berikut :

$$\Delta_z = \left[ \frac{Q_{jam\ puncak}}{C_d \times \sqrt{2g} \times A^2} \right]^2, \text{ dimana } C_d = 0,6$$

$$\Delta_z = \left[ \frac{0,05052 m^3/det}{0,6 \times \sqrt{2 \cdot 9,81 m/det^2} (1 \times 0,5) m^2} \right]^2 = 0,00145 m$$

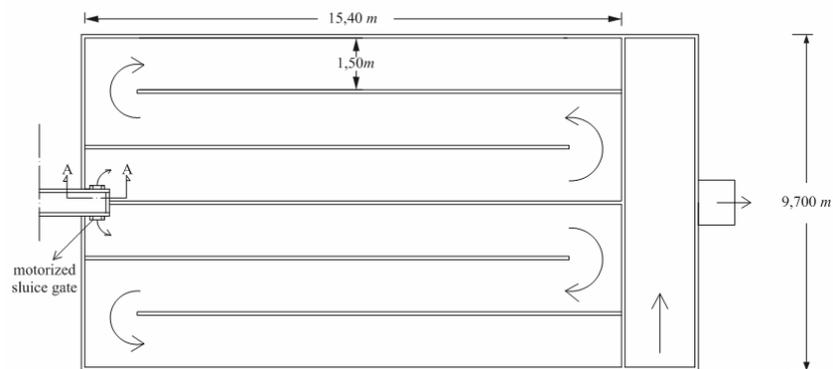
#### 5. Struktur Effluent

##### a. Memilih susunan struktur effluent

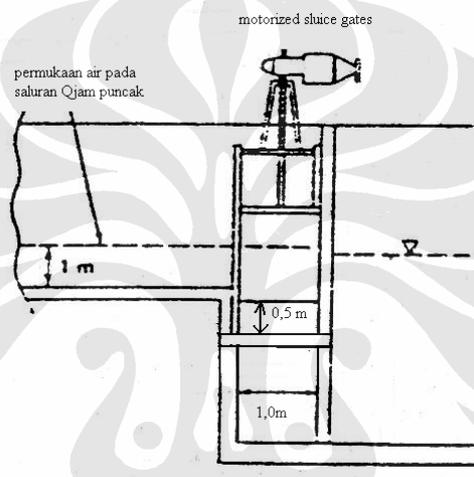
Struktur effluent terdiri dari pelimpah proporsional, orifice pembilas solids, saluran efluent dan saluran keluar.

##### b. Membuat sebuah ruang persegi panjang dengan ukuran 1,5 m x 0,2 m di atas pelimpah proporsional untuk kondisi darurat yaitu saat salah satu ruang tidak beroperasi.

Diasumsikan kedalaman air pada  $Q_{jam\ puncak}$  dan saat salah satu ruang tidak beroperasi, yaitu 0,7m



(a)



(b)

**Gambar 5.12.** Ruang kontak klorin (a) tampak atas, (b) potongan A-A

## 5.6. Pengolahan Lumpur

Metode unit pengolahan lumpur yang digunakan adalah metode *drying beds*, yang berfungsi mengurangi kadar air yang terdapat dalam lumpur dengan cara pengeringan. Jumlah lumpur yang diolah ini berasal dari unit bak pengendap awal dan *secondary clarifier*.

**Tabel 5.1.** Total jumlah penerimaan lumpur yang akan diolah

<b>Unit Pengolahan</b>	<b><math>Q</math> lumpur (<math>m^3/hr</math>)</b>	<b><math>BOD</math> lumpur (<math>kg/hr</math>)</b>	<b><math>SS</math> lumpur (<math>kg/hr</math>)</b>
Bak pengendap awal	16,41	366,66	761,19
Bak clarifier	45,45	107,79	170,43
Total	61,86	474,45	931,62

Sumber : Hasil Perhitungan

### 1. Kriteria Perancangan :

- Ketebalan lapisan penyaring = 15 – 20 cm
- Ketebalan lumpur = 20 – 30 cm
- Lama pengeringan lumpur = 10 – 15 hari
- Kadar air lumpur = 60 – 70 %
- Kecepatan pembebanan :
  - untuk petak terbuka = 100 – 300 kg lumpur kering/ $m^2$  th.
  - untuk petak tertutup = 150 – 400 kg lumpur kering/ $m^2$  th
- Ukuran petak, panjang petak = 5 – 30m dan lebar 5 – 8m

### 2. Perhitungan Dimensi Bak

Metode yang digunakan dengan sistem petak terbuka

Struktur *influent*, terdiri dari :

- 15 cm pasir halus
- 7,5 cm pasir kasar
- 7,5 cm kerikil halus

- 7,5 cm kerikil sedang
- 7,5 – 15 cm kerikil kasar

Ketebalan lumpur 30 cm

Luas lahan yang dibutuhkan :

$$= \frac{\sum_{\text{lumpur}}}{\text{ketebalan lumpur}} \times \text{lama pengeringan} = \frac{61,86 \text{ m}^3/\text{hr}}{0,3 \text{ m}} \times 10 \text{ hari} = 2062 \text{ m}^2$$

$$\text{Ukuran petak} = p \times l = 10 \times 10 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah petak} = \frac{2062 \text{ m}^2}{(10 \times 10) \text{ m}^2} \times 1 \text{ petak} = 20,62 \approx 21 \text{ petak}$$

### 3. Menghitung kualitas *effluent*

Berat jenis lumpur kering = 1,06

Kandungan *solids* dalam lumpur kering = 25 %

Pengeringan menjadi lumpur kering adalah 95 %

$$\text{SS dalam lumpur kering} = 95\% \times 931,62 \text{ kg/hr} = 885,04 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Volume lumpur kering} = \frac{885,04 \text{ kg/hr}}{25\% \times 1,06 \times 1000 \text{ kg/m}^3} = 3,34 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Kandungan air yang menguap = 50 %

Debit setelah melewati struktur *influent*

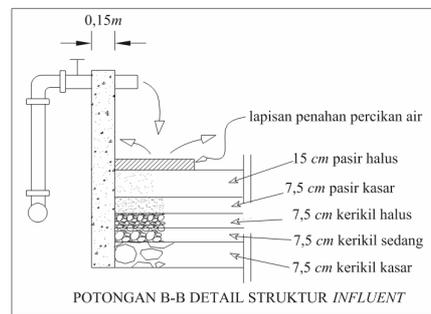
$$= (61,86 \text{ m}^3/\text{hr} - 3,34 \text{ m}^3/\text{hr}) \times 50\% = 29,26 \text{ m}^3/\text{hr}$$

SS setelah melewati struktur *influent* =

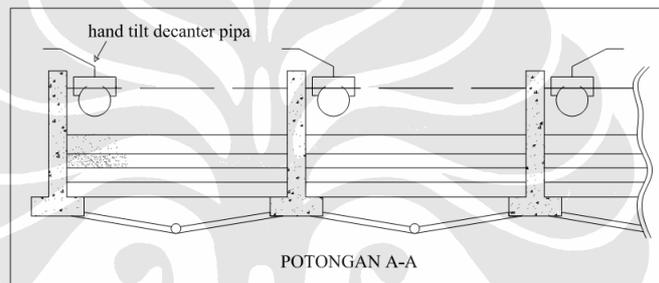
$$(1 - 0,95) \times 931,62 \text{ kg/hr} = 46,58 \text{ kg/hr}$$

*BOD* setelah melewati struktur *influent* diasumsikan sebesar 1500 mg/l

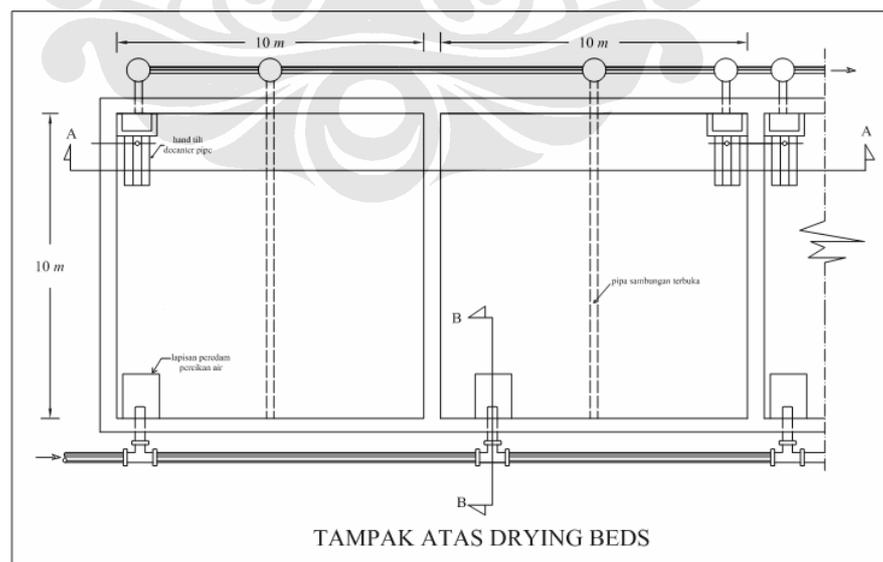
$$= 1500 \text{ gr/m}^3 \times 29,26 \text{ m}^3/\text{hr} \times (1000 \text{ gr/kg})^{-1} = 43,89 \text{ kg/hr}$$



**Gambar 5.13.** Potongan B-B Struktur *Influent Drying Beds*



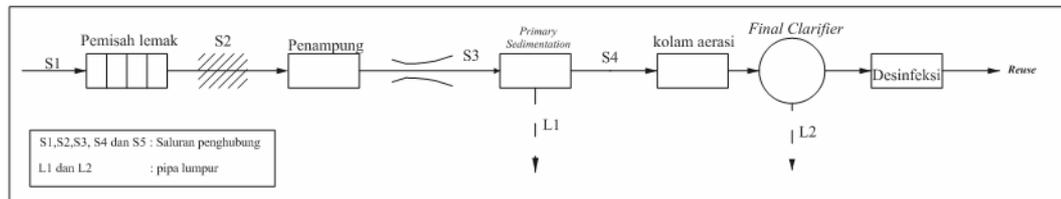
**Gambar 5.14.** Potongan A-A *Drying Beds*



**Gambar 5.15.** Tampak Atas *Drying Beds*

## 5.7. Saluran Penghubung

### 5.7.1. Dimensi Saluran



**Gambar 5.16.** Tata Letak Saluran dan Pipa Lumpur

Saluran di desain dari beton dengan penampang persegi maka perhitungan dimensi saluran diperoleh dengan menggunakan persamaan kontinuitas dan persamaan Manning, yaitu :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad Q = A \times V \quad R = \frac{A}{\text{keliling basah}} = \frac{bd}{b+2d} = \frac{d}{2} \quad b = 2d$$

$$Q = \frac{0,312}{n} \times D^{8/3} S^{1/2} \quad (\text{untuk pipa lingkaran}), \text{ dimana :}$$

$V$  = kecepatan saluran (m/det)

$D$  = diameter (m)

$n$  = koefisien kekasaran saluran

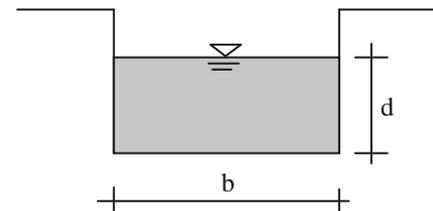
$d$  = tinggi saluran yang terendam air (m)

$b$  = lebar saluran (m)

$R$  = jari-jari hidrolis (m)

$Q$  = debit aliran ( $m^3$ /det)

$S$  = kemiringan saluran (m/m)



Kriteria desain Saluran S-2:

- Dari aliran bak pemisah lemak ke bak penampung

- $Q_{\text{jam puncak}} = 50,52 \text{ lt/det}$
- Kecepatan aliran =  $0,125 - 3 \text{ m/det}$  agar tidak terjadi pengendapan/penggerusan
- Direncanakan jarak antar unit  $15 \text{ m}$
- Koefisien Manning untuk beton,  $n = 0,013$

Perencanaan dimensi saluran :

$Q_{\text{jam puncak}} = 0,05052 \text{ m}^3/\text{det}$ , direncanakan saluran dengan kecepatan  $V = 0,3 \text{ m/det}$ .

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,05052 \text{ m}^3/\text{det}}{0,3 \text{ m/det}} = 0,1684 \text{ m}^2$$

$$A = b \times d = 2d^2$$

$$0,1684 \text{ m}^2 = 2d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0,1684}{2}} = 0,29 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$$

$$b = 2d = 2 \times 0,29 \text{ m} = 0,58 \text{ m} \sim 0,6 \text{ m}$$

Mencari kemiringan saluran ( $s$ ) :

$$V = \left[ \frac{1}{0,013} \left( \frac{d}{2} \right)^{2/3} S^{1/2} \right]$$

$$0,3 \text{ m/det} = \left[ \frac{1}{0,013} \left( \frac{0,29}{2} \right)^{2/3} S^{1/2} \right]$$

$$S = 0,0002 \text{ m/m}$$

$$\text{Tinggi jagaan saluran} = \sqrt{0,5 \times d} = \sqrt{0,5 \times 0,29} = 0,38 \text{ m}$$

Kriteria desain Saluran S-4 :

- Dari aliran bak pengendap awal ke kolam aerasi

- $Q_{\text{jam puncak}} = 0,05052 \text{ m}^3/\text{det}$
- $V_{\text{max}} = 1 \text{ m/det}$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,05052 \text{ m}^3/\text{det}}{1 \text{ m/det}} = 0,05052 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \longrightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times 0,05052}{\pi}} = 0,254 \text{ m}$$

Mencari kemiringan saluran ( $S$ ), dimana  $n = 0,025$  (untuk *steel corrugated pipe*) :

$$V = \left[ \frac{1}{0,025} \left( \frac{d}{2} \right)^{2/3} S^{1/2} \right]$$

$$1 \text{ m/det} = \left[ \frac{1}{0,025} \left( \frac{0,12}{2} \right)^{2/3} S^{1/2} \right]$$

$$S = 0,0266 \text{ m/m}$$

### 5.7.2. Dimensi Pipa Lumpur

Pipa lumpur yang dimaksud adalah pipa yang menyangkut lumpur dari :

- a. Bak pengendap awal ke petak pengeringan lumpur (*drying beds*) =  $L1$
- b. Final clarifier ke petak pengeringan lumpur =  $L2$

Perhitungan :

$$\text{Pipa } L1 = Q_{\text{lumpur}} = 16,41 \text{ m}^3/\text{hr}$$

- Pemompaaan dilakukan setiap 16 jam

$$\text{- Volume lumpur yang dipompa} = 16,41 \text{ m}^3/\text{hr} \times \frac{16 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hr}} = 24,615 \text{ m}^3$$

- Pipa menggunakan diameter 3 *inch* = 0,0762 m

$$\text{- Luas penampang pipa} = 0,25 \times \pi \times 0,0762^2 = 0,00456 \text{ m}^2$$

- Kecepatan aliran 0,6 m/det

- Kemiringan pipa (S) :

$$V = \left[ \frac{1}{0,013} \left( \frac{d}{2} \right)^{2/3} S^{1/2} \right]$$

$$0,6 \text{ m/det} = \left[ \frac{1}{0,013} \left( \frac{0,0762}{2} \right)^{2/3} S^{1/2} \right]$$

$$S = 0,0047 \text{ m/m}$$

-  $Q_{\text{pompaan}} = 0,6 \text{ m/det} \times 0,00456 \text{ m}^2 = 0,00274 \text{ m}^3/\text{det}$

- Lama pemompaan =  $\frac{24,615 \text{ m}^3}{0,00274 \text{ m}^3/\text{det}} = 8983,58 \text{ det} \text{ ik} = 2,5 \text{ jam}$

Pipa L2 =  $Q_{\text{lumpur}} = 45,45 \text{ m}^3/\text{hr}$

- Pemompaan dilakukan setiap 16 jam

- Volume lumpur yang dipompa =  $45,45 \text{ m}^3/\text{hr} \times \frac{16 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hr}} = 30,3 \text{ m}^3$

- Pipa menggunakan diameter 3 inch = 0,0762 m

- Luas penampang pipa =  $0,25 \times \pi \times 0,0762^2 = 0,00456 \text{ m}^2$

- Kecepatan aliran 0,6 m/det

-  $Q_{\text{pompaan}} = 0,6 \text{ m/det} \times 0,00456 \text{ m}^2 = 0,00274 \text{ m}^3/\text{det}$

- Lama pemompaan =  $\frac{30,3 \text{ m}^3}{0,00274 \text{ m}^3/\text{det}} = 11058,4 \text{ det} \text{ ik} = 3,07 \text{ jam}$

Untuk perhitungan selanjutnya dilakukan dengan tabel perhitungan :

**Tabel 5.2.** Perhitungan Dimensi Saluran Penghubung dan Pipa lumpur

Kode saluran	$Q_{maks}$ ( $m^3/det$ )	$V_{maks}$ ( $m/det$ )	Dimensi ( $m$ )			Kemiringan	Panjang ( $m$ )
			Persegi		Lingkaran		
			Lebar	Dalam	Diameter		
S1	0,05052	1	-	-	0,254	0,0266	10
S2	0,05052	0,3	0,58	0,28	-	0,0002	5
S3	0,05052	0,3	1	0,50	-	0,0002	8
S4	0,05052	1	-	-	0,254	0,0266	5
S5	0,05052	0,3	0,58	0,28	-	0,0002	6
L1	16,41	0,6	-	-	0,0762	0,0047	25
L2	45,45	0,6	-	-	0,0762	0,0047	6

Sumber : Hasil perhitungan

## 5.8. Kehilangan Tekanan

### 5.8.1. Hilang Tekanan Pada Saluran Penghubung

Kehilangan tekanan pada saluran penghubung dihitung dengan rumus :  
 $H_f = S \times L$  dimana  $S$  adalah kemiringan dasar saluran dan  $L$  adalah panjang saluran. Misalnya : perhitungan tekanan pada saluran S-1.

$$S = 0,0266$$

$$\text{Panjang saluran } (L) = 10 \text{ m}$$

$$\text{Maka : } H_f = 0,0266 \times 10 = 0,266 \text{ m}$$

Untuk perhitungan berikutnya dirangkumkan berupa tabel perhitungan.

**Tabel 5.3.** Perhitungan hilang tekanan pada saluran penghubung

Kode Saluran	Slope (S)	Panjang (L)	$H_f = S \times L$ (m)
S1	0,0266	10	0,266
S2	0,0002	5	0,001
S3	0,0002	8	0,0016
S4	0,0266	5	0,133
S5	0,0002	6	0,0012

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 5.8.2. Hilang Tekanan Pada Pipa Lumpur

Kehilangan tekanan pada pipa lumpur dihitung dengan rumus Darchy-Weisbach, dengan asumsi menganggap lumpur sebagai air, kemudian mengalirkannya dengan faktor pengali kehilangan tekanan pada lumpur. Faktor pengali didapat dengan pembacaan grafik dari pembacaan grafik dengan asumsi bahwa konsentrasi *solids* 4,5%.

$$h_f = f \times \frac{LV^2}{D.2g}, \text{ dimana :}$$

$h$  = hilang tekan karena friksi

$f$  = koefisien friksi

$L$  = panjang pipa

$D$  = diameter pipa (m)

$$g = 9,81 \text{ m/det}^2$$

Diameter pipa L1 dan L2 = 0,0762 m

$V = 0,6 \text{ m/det}$

Berdasarkan diagram Moody, didapat  $f = 0,0248$  dan berdasarkan grafik faktor pengali lumpur adalah  $k = 3,2$ .

Panjang pipa dihitung ditambah dengan panjang untuk valves dan fittings

Panjang pipa lumpur L1 = 25 m dan L2 = 6 m

Gate valve 3" - 4 = 1,8288 m

Gate valve 3" - 2 = 0,9144 m

Check valve 3" - 1 = 6,095 m

Standard tee 3" - 1 = 4,8767 m

Medium sweep elbow 3" - 1 = 2,1336 m

Perhitungan :

Total panjang pipa L1 = 25 + 1,8288 + 6,095 + 4,8767 + 2,1336 = 39,0197 m

Total panjang pipa L2 = 6 + 0,9144 + 6,095 + 4,8767 + 2,1336 = 20,0197 m

Pipa lumpur L1 =

$$h_f = f \times \frac{L.V^2}{D.2g} = 0,0248 \times \frac{39,0197 \times 0,6^2}{0,0762 \times 2 \times 9,81} = 0,233 \text{ m}$$

$$h_L = 3,2 \times 0,233 \text{ m} = 0,7456 \text{ m}$$

Pipa lumpur L2 =

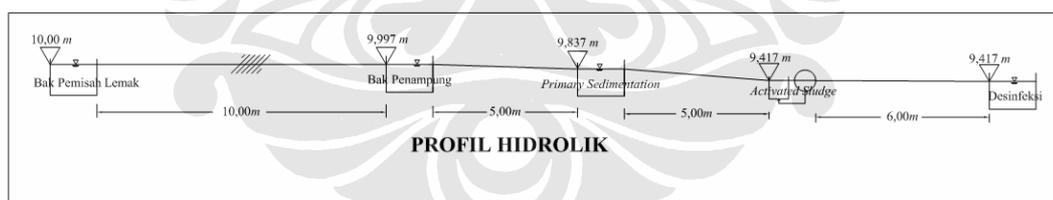
$$h = f \times \frac{L.V^2}{D.2g} = 0,0248 \times \frac{20,0197 \times 0,6^2}{0,0762 \times 2 \times 9,81} = 0,120 \text{ m}$$

$$h_L = 3,2 \times 0,120 \text{ m} = 0,384 \text{ m}$$

## 5.9. Profil Hidrolis

Profil hidrolis untuk dapat mengetahui elevasi muka air pada masing-masing unit pengolahan limbah cair tersebut. Profil hidrolis dihitung terhadap elevasi air yang mengalir secara gravitasi, sedangkan elevasi air pada unit pengolahan yang menggunakan pompa dapat ditentukan berdasarkan besarnya daya pompa. Sebagai acuan, elevasi air di depan bak pemisah lemak dianggap setinggi elevasi muka tanah yaitu  $+10,00\text{ m}$ . Perhitungan elevasi pada unit-unit pengolahan selanjutnya dilakukan dengan mengurangkan nilai tekanan selama dalam pengaliran.

1. Elevasi air di depan bak pemisah lemak =  $+ 10,00\text{ m}$
2. Bak penampung =  $+ 10,00\text{m} - 0,00044\text{m} - 0,00171\text{m} - 0,001\text{m} = 9,997\text{m}$
3. Bak pengendap awal =  $9,997\text{m} - 0,0016 - 0,0583\text{ m} - 0,1002\text{m} = 9,837\text{m}$
4. *Activated sludge* =  $9,837\text{m} - 0,133\text{m} - 0,287\text{ m} = 9,417\text{m}$
5. Desinfeksi =  $9,417\text{m} - 0,0012\text{m} = 9,416\text{m}$



**Gambar 5.17.** Profil hidrolis instalasi pengolahan *grey water*

## 5.10. Pompa

### 5.10.1. Pompa Air Limbah/*Grey Water*

Pompa ini berfungsi membawa aliran *grey water* secara konstan dari bak penampung ke bak pengendap awal.

Perhitungan :

$$Q = 0,03368 \text{ m}^3/\text{det} = 2909,95 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Diameter pipa pembawa yang digunakan adalah 3 inch = 0,0762 m

Perhitungan pompa :

$$\text{Tinggi tekanan/head} = 1,3\text{m} + 0,001\text{m} = 1,3001\text{m} \sim 1,5 \text{ m}$$

Tenaga yang dibutuhkan  $N = \frac{PQHg}{\eta_p \cdot \eta_m}$  (watt), dimana :

$N$  = daya pompa (watt)

$P$  = massa jenis fluida ( $\text{kg massa}/\text{m}^3$ ), asumsi untuk air limbah  $1020 \text{ kg}/\text{m}^3$

$Q$  = debit pemompaan ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$g$  = percepatan gravitasi =  $9,81 \text{ m}/\text{det}^2$

$\eta_p$  = efisiensi pompa = 80%

$\eta_m$  = efisiensi motor penggerak pompa = 75%

$$N = \frac{1020 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 0,03368 \text{ m}^3/\text{det} \times 1,5 \times 9,81 \text{ m}/\text{det}^2}{0,8 \times 0,75} = 842,43 \text{ watt}$$

Maka tenaga pompa yang digunakan = 1,5HP

### 5.10.2. Pompa Lumpur

Pompa lumpur digunakan untuk mengangkut lumpur dari bak pengendap awal (pompa lumpur I) dan dari pengendap akhir/*clarifier* (pompa lumpur II) ke petak pengeringan lumpur.

a. Pompa lumpur I ( 3 unit )

$$Q_{\text{lumpur}} = 16,41 \text{ m}^3/\text{hr} : 3 = 5,47 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Tinggi tekanan/head} = 1,5\text{m} + 0,7456\text{m} = 2,25 \text{ m}$$

Universitas Indonesia

Tenaga yang dibutuhkan  $N = \frac{PQHg}{\eta_p \cdot \eta_m}$  (watt), dimana :

$P$  = massa jenis fluida ( $kg \text{ massa}/m^3$ ), asumsi untuk air limbah 1400  $kg/m^3$

$Q$  = debit pemompaan ( $m^3/\text{det}$ )

$g$  = percepatan gravitasi =  $9,81 \text{ m}/\text{det}^2$

$\eta_p$  = efisiensi pompa = 80%

$\eta_m$  = efisiensi motor penggerak pompa = 75%

$$N = \frac{1400 \text{ kg}/m^3 \times 0,00574 \text{ m}^3/\text{det} \times 2,25 \times 9,81 \text{ m}/\text{det}^2}{0,8 \times 0,75} = 295,63 \text{ watt}$$

Daya pompa lumpur I yang digunakan 0,5 HP.

b. Pompa lumpur II (3unit)

$$Q_{\text{lumpur}} = 45,45 \text{ m}^3/\text{hr} : 3 = 15,15 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Tinggi tekanan/head} = 1,5\text{m} + 0,384\text{m} = 1,884 \text{ m}$$

Tenaga yang dibutuhkan  $N = \frac{PQHg}{\eta_p \cdot \eta_m}$  (watt), dimana :

$P$  = massa jenis fluida ( $kg \text{ massa}/m^3$ ), asumsi untuk air limbah 1400  $kg/m^3$

$Q$  = debit pemompaan ( $m^3/\text{det}$ )

$g$  = percepatan gravitasi =  $9,81 \text{ m}/\text{det}^2$

$\eta_p$  = efisiensi pompa = 80%

$\eta_m$  = efisiensi motor penggerak pompa = 75%

$$N = \frac{1400 \text{ kg/m}^3 \times 0,01515 \text{ m}^3/\text{det} \times 1,884 \times 9,81 \text{ m/det}^2}{0,8 \times 0,75} = 653,34 \text{ watt}$$

Daya pompa lumpur I yang digunakan 1 *HP*.

### 5.11. Tata Letak IPGWR

Lokasi lahan untuk instalasi IPGWR ini berada di sebelah utara di dekat pemukiman Kelurahan Karet, Kuningan. Total luas lahan yang dibutuhkan IPGWR, adalah terdiri dari :

- a. Luas bangunan unit-unit instalasi IPGWR, terdiri dari : bak pemisah lemak, bak penampung, bak pengendap awal, kolam aerasi, *final clarifier*, bak desinfeksi, dan pengolahan lumpur (*drying beds*).
- b. Luas yang diperlukan untuk saluran penghubung.
- c. Luas untuk kenyamanan area IPGWR atau aksesibilitas terutama untuk keluar masuk kendaraan.

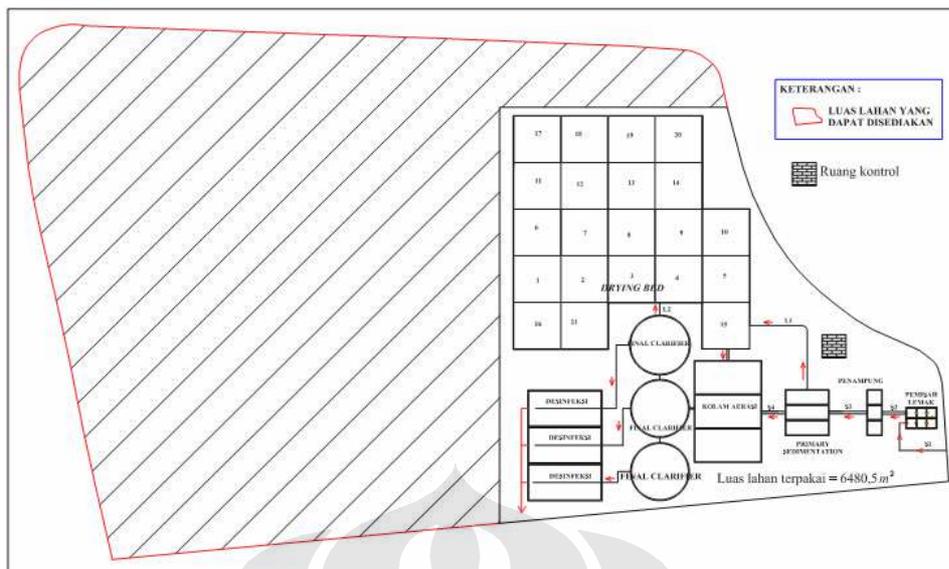
Mengenai rincian perhitungan kebutuhan lahan unit-unit instalasi pengolahan *grey water* (IPGWR) dapat dilihat dalam tabel 5.4., di bawah ini :

**Tabel 5.4.** Luas lahan yang dibutuhkan unit-unit instalasi pengolahan *grey water* rencana (IPGWR)

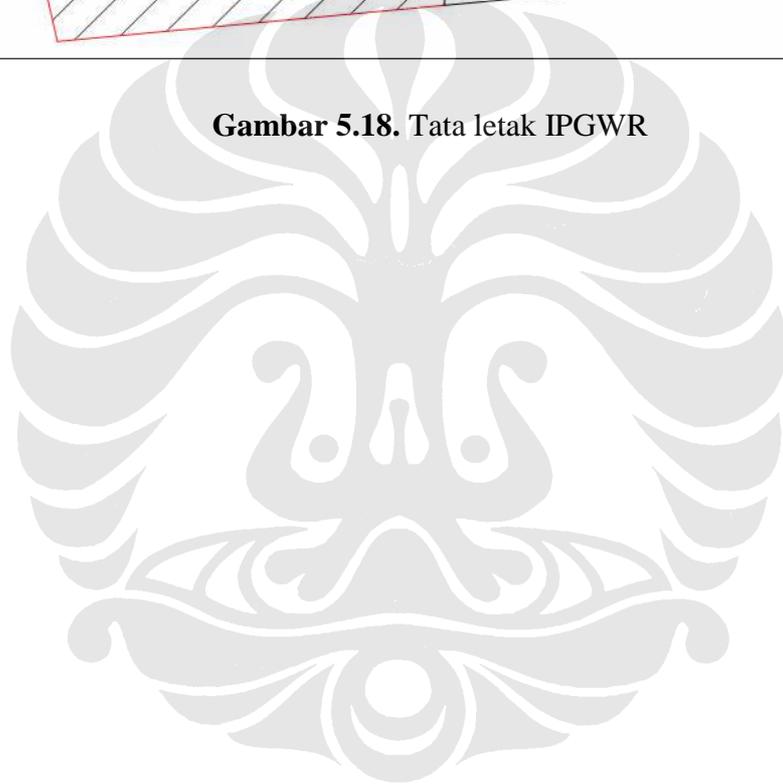
Unit Pengolahan	Dimensi (m)				Total luas lahan ( $m^2$ )
	P	L	Dia-meter	Tebal dinding	
IPGWR					
Bak pemisah lemak (8 ruang)	2,00	2,00	-	0,15	29,37
Bak penampung (3 bak)	3,00	3,00	-	0,15	32,67
Bak pengendap awal (3bak)	9,00	3,00	-	0,20	94,94
Kolam aerasi (3 unit)	14,00	7,00	-	0,15	313,17
<i>Final clarifier</i> (3 unit)	-	-	12,50	0,15	125,62
Bak desinfeksi/ruang kontak (3unit)	15,40	9,00	-	0,20	445,56
<i>Drying beds</i> (21 petak)	10,00	10,00	-	0,20	2.184,00
Ruang kontrol instalasi	5,00	5,00	-	0,15	25,00
<b>TOTAL</b>					<b>3.250,33</b>

Sumber : hasil perhitungan

Pada tabel 5.4. menunjukkan bahwa total luas lahan yang diperlukan untuk unit pengolahan IPGWR adalah  $3.250,5 m^2$ . Dan untuk total luas saluran penghubung antar unit pengolahan *grey water* serta memperhitungkan aksesibilitasnya agar menggunakan lahan seefisien mungkin yaitu memerlukan lahan seluas  $3.230 m^2$ , seperti yang terlihat dalam gambar 5.17. Sehingga dari keseluruhan total luas lahan yang diperlukan adalah seluas  $6.480,5 m^2$ .



**Gambar 5.18.** Tata letak IPGWR



## BAB 6

### ANALISA BIAYA INVESTASI

#### 6.1. Umum

Analisa biaya investasi membahas perbandingan biaya investasi antara yang dikeluarkan untuk instalasi pengolahan *grey water* yang telah direncanakan (IPGWR) pada bab sebelumnya terhadap biaya investasi yang dikeluarkan pihak pengelola Rasuna Epicentrum kepada PD. PAL JAYA.

#### 6.2. Biaya Instalasi Pengolahan *Grey Water* Rencana (IPGWR)

Perkiraan anggaran biaya pembangunan instalasi pengolahan *grey water* ini, terdiri dari :

- a. Biaya Investasi (*initial cost*), terdiri dari biaya pembangunan + biaya tak terduga.
- b. Biaya tahunan (*annual cost*), terdiri dari biaya *maintenance*/pemeliharaan dan operasional.

Dasar perhitungan anggaran biaya ini menggunakan "Patokan Harga Satuan Bahan dan Upah Pekerjaan Bidang/Jasa Pemborongan Provinsi DKI Jakarta Periode Juli 2008" yang dikeluarkan oleh Biro Administrasi Sarana Perkotaan Provinsi DKI Jakarta serta berbagai narasumber lainnya.

##### 6.2.1. Biaya Investasi (Biaya awal/*Initial Cost*)

Biaya pembangunan pengolahan *grey water* ini meliputi :

- a. Biaya penyediaan lahan sebesar = luas kebutuhan lahan  $\times$  harga tanah/  
 $m^2$

$$\begin{aligned} \text{Biaya penyediaan lahan} &= ( 6480,5m^2 \times Rp 17,5 \text{ juta}/m^2 ) \\ &= Rp 113.408.750.000 \end{aligned}$$

- b. Biaya pembangunan fisik ini menggunakan harga satuan pekerjaan (HSP) berdasarkan jenis pekerjaan yang meliputi seluruh pekerjaan yang dibutuhkan.

Biaya total pembangunan fisik instalasi pengolahan *grey water* yang diolah, sebesar = Rp 4.292.999.190,48.

- c. Biaya tak terduga, meliputi biaya-biaya yang diperhitungkan untuk mengatasi perubahan akibat kesulitan pelaksanaan di lapangan, fluktuasi harga material yang mungkin terjadi selama masa pelaksanaan proyek. Besarnya biaya tak terduga ini diperkirakan 10% dari biaya total yang direncanakan.

Biaya tak terduga sebesar :

$$0,1 \times Rp 4.292.999.190,48. = Rp 429.299.919$$

Maka total biaya investasi IPGWR (+ lahan) ini sebesar :

$$\begin{aligned} &= Rp 113.408.750.000 + Rp 4.292.999.190,48 + Rp 429.299.919,05 \\ &= Rp 118.131.049.109,53 \end{aligned}$$

### 6.2.2 Biaya Tahunan (*Annual Cost*)

Biaya tahunan instalasi pengolahan terdiri dari biaya operasional dan biaya pemeliharaan.

#### 1. Biaya Operasional

Biaya operasional meliputi biaya-biaya mendukung unit-unit pengolahan selama masa operasinya, misal : biaya untuk menggaji karyawan dan biaya sewa listrik untuk pompa, motor listrik dan penerangan.

## a. Biaya gaji karyawan

Jumlah orang yang bekerja dalam instalasi pengolahan ini adalah sebanyak 5 orang karyawan dengan tiap-tiap orang pegawai mendapat gaji sebesar Rp. 1.300.000,-

Maka untuk besarnya gaji karyawan selama 1 tahun adalah :  
 $5 \text{ orang} \times \text{Rp.}1300000/\text{orang} \times 12 \text{ bulan/tahun} = \text{Rp } 78.000.000,-$

## b. Biaya Sewa Listrik

Tarif listrik untuk kawasan bisnis per killo watt jam (*kWH*) adalah = Rp. 475

## i. Lampu penerangan

Untuk penerangan keseluruhan unit instalasi pengolahan menggunakan 30 buah lampu dengan daya 50 watt. Lama pemakaian lampu dalam satu hari diasumsikan 17 jam.

Biaya penerangan /tahun = Tarif  $\times$  Energi listrik yang terpakai dalam 1 tahun.

$$\begin{aligned} \text{Energi listrik yang terpakai dalam 1 tahun} &= \\ \frac{30 \text{ lampu} \times 50 \text{ watt/lampu} \times 17 \text{ jam/hari} \times 365 \text{ hari/tahun}}{1000 \text{ watt/kWH}} &= 9855 \text{ kWH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya penerangan / tahun :} \\ = 9855 \text{ kWH} \times \text{Rp.}475/\text{kWH} &= \text{Rp } 4.681.125 \end{aligned}$$

## ii. Pompa Air Limbah

$$\begin{aligned} \text{Energi listrik yang terpakai dalam 1 tahun} &= \\ \frac{1 \times 1118,55 \text{ watt/lampu} \times 24 \text{ jam/hari} \times 365 \text{ hari/tahun}}{1000 \text{ watt/kWH}} &= 9798,5 \text{ kWH} \end{aligned}$$

Biaya pemakaian listrik pompa dalam satu tahun :

$$9798,5 \text{ kWH} \times \text{Rp.}475/\text{kWH} = \text{Rp } 4.654.287,5$$

iii. Pompa lumpur pada bak pengendap awal

Lama pemakaian pompa dalam satu hari adalah 2,5 jam.

Energi listrik yang terpakai dalam 1 tahun =

$$= \frac{3 \text{ pompa} \times 372,85 \text{ watt/pompa} \times 2,5 \text{ jam/hari} \times 365 \text{ hari/tahun}}{1000 \text{ watt/kWH}}$$

$$= 1.020,68 \text{ kWH}$$

Biaya pemakaian listrik pompa I dalam satu tahun :

$$= 1.020,68 \text{ kWH} \times \text{Rp.}475/\text{kWH} = \text{Rp } 484.823$$

iv. Pompa lumpur pada bak pengendap akhir/*clarifier*

Lama pemakaian pompa dalam satu hari adalah 3,0 jam.

Energi listrik yang terpakai dalam 1 tahun =

$$= \frac{3 \text{ pompa} \times 745,7 \text{ watt/pompa} \times 3 \text{ jam/hari} \times 365 \text{ hari/tahun}}{1000 \text{ watt/kWH}}$$

$$= 2.449,63 \text{ kWH}$$

Biaya pemakaian listrik pompa II dalam satu tahun :

$$= 2449,63 \text{ kWH} \times \text{Rp.}475/\text{kWH} = \text{Rp } 1.163.574$$

v. Aerator

Pada kolam aerasi membutuhkan 20 aerator untuk mentransfer kebutuhan  $O_2$  dengan daya masing-masing 0,5 HP dan lama pemakaiannya dalam sehari adalah 5 jam/hari.

Energi listrik yang terpakai dalam 1 tahun =

$$= \frac{20 \text{ aerator} \times 372,85 \text{ watt/aerator} \times 5 \text{ jam/hari} \times 365 \text{ hari/tahun}}{1000 \text{ watt/kWH}}$$

$$= 31.609,025 \text{ kWH}$$

Biaya pemakaian listrik aerator dalam satu tahun :

$$= 13.609,025kWH \times Rp.475/kWH = Rp 6.464.287$$

Total biaya operasional / tahun =

$$\begin{aligned} &= Rp 78.000.000 + Rp 4.681.125 + Rp 4.654.287,5 + Rp 484.823 \\ &\quad + Rp 1.163.574 + Rp 6.464.287 \\ &= Rp 95.448.096,5 \end{aligned}$$

## 2. Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan meliputi biaya perbaikan/pembelian suku cadang untuk memperbaiki peralatan-peralatan yang rusak serta termasuk biaya pemeliharaan pipa/ saluran dan penerangan. Besarnya biaya pemeliharaan ini diperkirakan 30% dari biaya operasi.

Biaya pemeliharaan per tahun :

$$= 0,3 \times Rp 95.448.096,5 = Rp 28.634.428,95$$

Total biaya tahunan (*annual cost*) IPGWR sebesar :

$$\begin{aligned} &= Rp 95.448.096,5 + Rp 28.634.428,95 \\ &= Rp 124.082.525,45 \end{aligned}$$

### 6.3. Analisa Biaya Instalasi Pengolahan Grey Water PD. PAL JAYA Versus IPGWR

Perbandingan analisa biaya investasi antara PD. PAL JAYA terhadap biaya IPGWR, diperlukan faktor penyesuaian antara bobot *grey water* dengan *black water* untuk pemisahan biaya investasi pada pengolahan PD. PAL JAYA. Faktor penyesuaian pemisahan yaitu berdasarkan persentase tingkat bobot konsentrasi kandungan dari pemisahan aliran sebesar 80 % *grey water* dan 20 % *black water* seperti yang disajikan dalam tabel 6.1. dan tabel 6.2. Dalam tabel 6.2. tersebut menggambarkan atas besarnya biaya-biaya pengolahan *grey water* pada PD PAL JAYA yang sudah disetarakan berdasarkan rata-rata bobot persentase removal.

Universitas Indonesia

**Tabel 6.1.** Pemisahan bobot biaya pengolahan *grey water* dan *black water* berdasarkan biaya dari PD. PAL Setiabudi

Parameter removal	Satuan	Kandungan komponen removal		Baku mutu effl.	Removal		Jumlah removal kandungan berdasarkan volume air limbah		Bobot persentase removal	
		Grey	Black(*)		Grey	Black	Grey (80%)	Black (20%)	Grey	Black
BOD	Mg/lit	360	6.000	50	310	5.950	248	1.190	17	83
COD	Mg/lit	549	30.000	80	469	29.920	375,2	5.984	6	94
TSS	Mg/lit	451	15.000	50	401	14.950	320,8	2.990	10	90
<b>RATA-RATA</b>									<b>11</b>	<b>89</b>

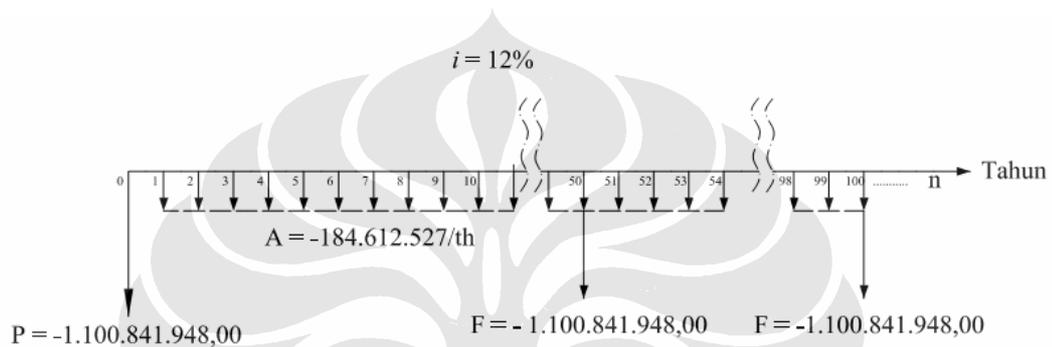
(\*) Sumber : Buku Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering third Edition*, hal.109.

**Tabel 6.2.** Rencana *cash flow* pengolahan *grey water* PD. PAL Setiabudi dan IPGWR

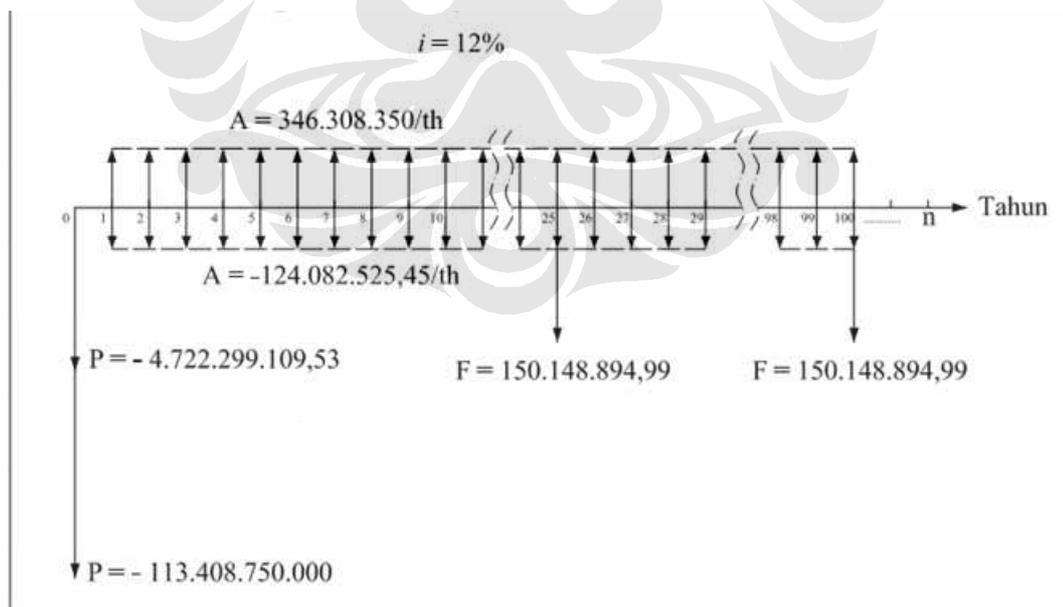
No.	UNIT PENGOLAHAN	NILAI CASH FLOW (Rp.)
<b>A.</b>	<b>Pengolahan Grey Water PD PAL Setiabudi</b>	
1.	Biaya awal (1 kali) :	
	- Pemasangan & penyambungan pipa	957.250.320
	- Penggantian pipa baru dan pemasangan kembali setelah umur pemakaian 50 tahun	957.250.320
	- Supervisi	143.591.628
2.	Biaya tahunan :	
	- Jasa pelayanan bulanan (biaya/tahun)	184.612.527
<b>B.</b>	<b>Pengolahan Grey Water Rencana (IPGWR)</b>	
1.	Biaya awal (1 kali) :	
	- Penyediaan lahan	113.408.750.000,00
	- Biaya konstruksi + biaya tak terduga	4.722.299.109,53
	Biaya penggantian komponen dilakukan tiap 20 th	150.148.894,99
2.	Biaya tahunan :	
	- Biaya Pemeliharaan/Operasi (biaya/tahun)	124.082.525,45
3.	Benefit tahunan :	
	- Benefit (efisiensi dari pemakaian air daur ulang = $948,79 \text{ m}^3/\text{hr}$ ) asumsi nilai manfaat air daur ulang = Rp1000/ $\text{m}^3$	346.308.350

Sumber : hasil perhitungan

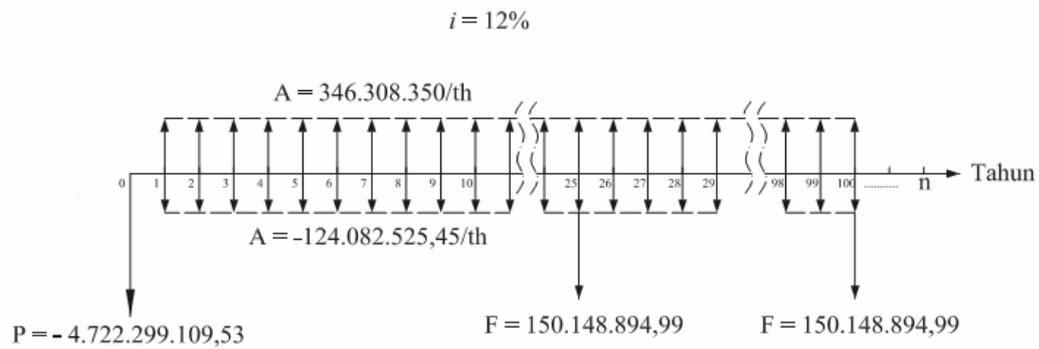
*Cash flow* rencana IPGWR juga memperhitungkan nilai benefit yang didapat setelah dari hasil proses pengolahan IPGWR berdasarkan asumsi, misalnya : hasil yang telah didapat dari memproses air limbah *grey water* dari pemanfaatan kembali air tersebut senilai Rp 1.000/m<sup>3</sup>. Mengenai analisa perhitungan biaya investasi IPGWR menggunakan perbandingan nilai investasi terhadap nilai sekarang (*present worth analysis*) antara pengolahan *grey water* PD. PAL JAYA dinyatakan dalam bentuk tabel perhitungan yang terlampir.



**Gambar 6.1.** Diagram *cash flow* pengolahan *grey water* PD. PAL JAYA

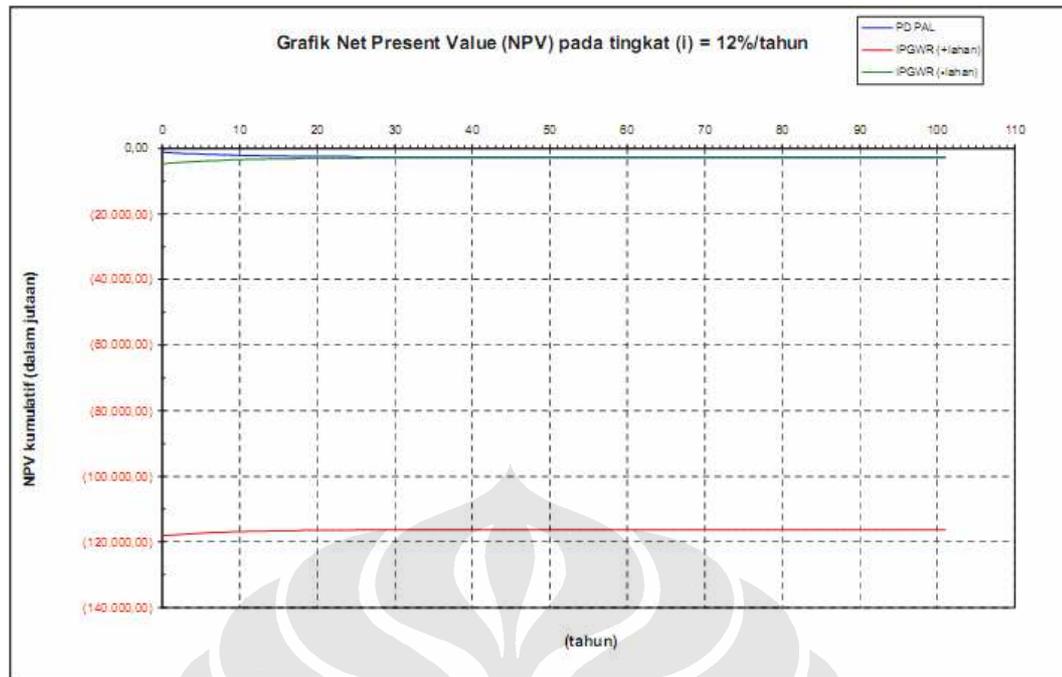


**Gambar 6.2.** Diagram *cash flow* IPGWR (+lahan)

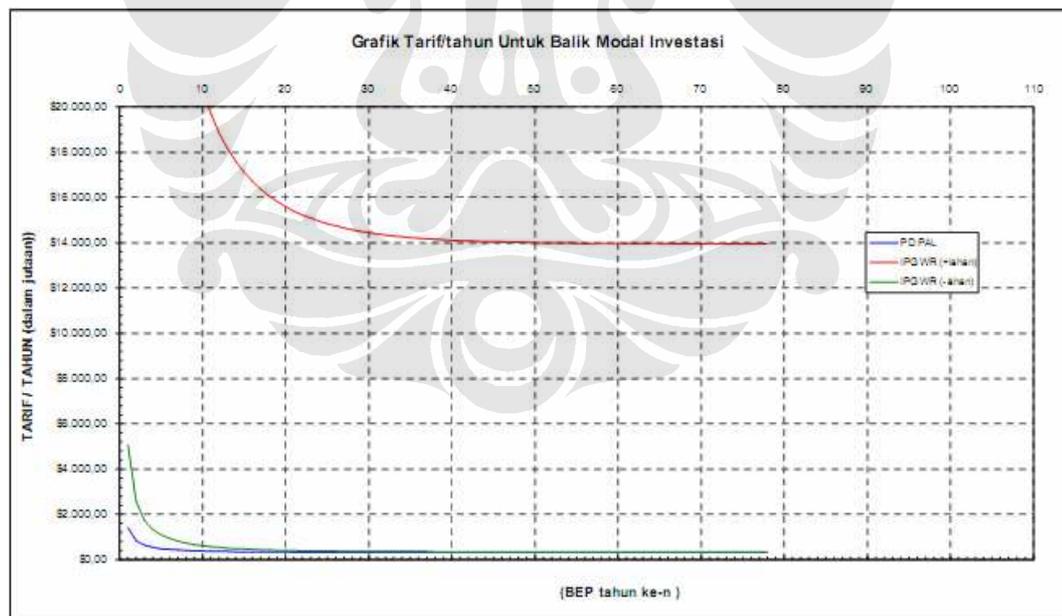


**Gambar 6.3.** Diagram *cash flow* IPGWR (-lahan)

Hubungan antara biaya investasi pengolahan PD PAL JAYA dengan IPGWR terlihat dalam grafik 6.1. terlihat dalam 3 keadaan, yaitu biaya investasi pengola PD. PAL JAYA, biaya investasi IPGWR (+lahan) dan biaya investasi IPGWR (-lahan). Dengan tinjauan periode waktu 100 tahun dan suku bunga rata-rata sebesar 12%, memperlihatkan bahwa biaya investasi IPGWR (-lahan) memerlukan periode waktu lebih dari 100 tahun untuk sebanding dengan biaya investasi pengolahan PD. PAL JAYA. Terlebih lagi jika biaya investasi pengolahan PD. PAL JAYA dengan IPGWR dengan memperhitungkan biaya penyediaan lahan akan sangat lama. Agar besarnya nilai investasi dapat kembali pada tahun ke-n dapat terlihat hubungannya dalam grafik 6.2. Salah satu cara adalah dengan memberikan tarif sesuai dengan tahun tinjauannya.



**Gambar 6.4.** Grafik hubungan antara biaya investasi pengolahan *grey water* pada IPGWR (-lahan), IPGWR (+lahan) dengan biaya investasi PD. PAL JAYA.



**Gambar 6.5.** Grafik hubungan antara besarnya tarif/tahun pada tahun ke-n