

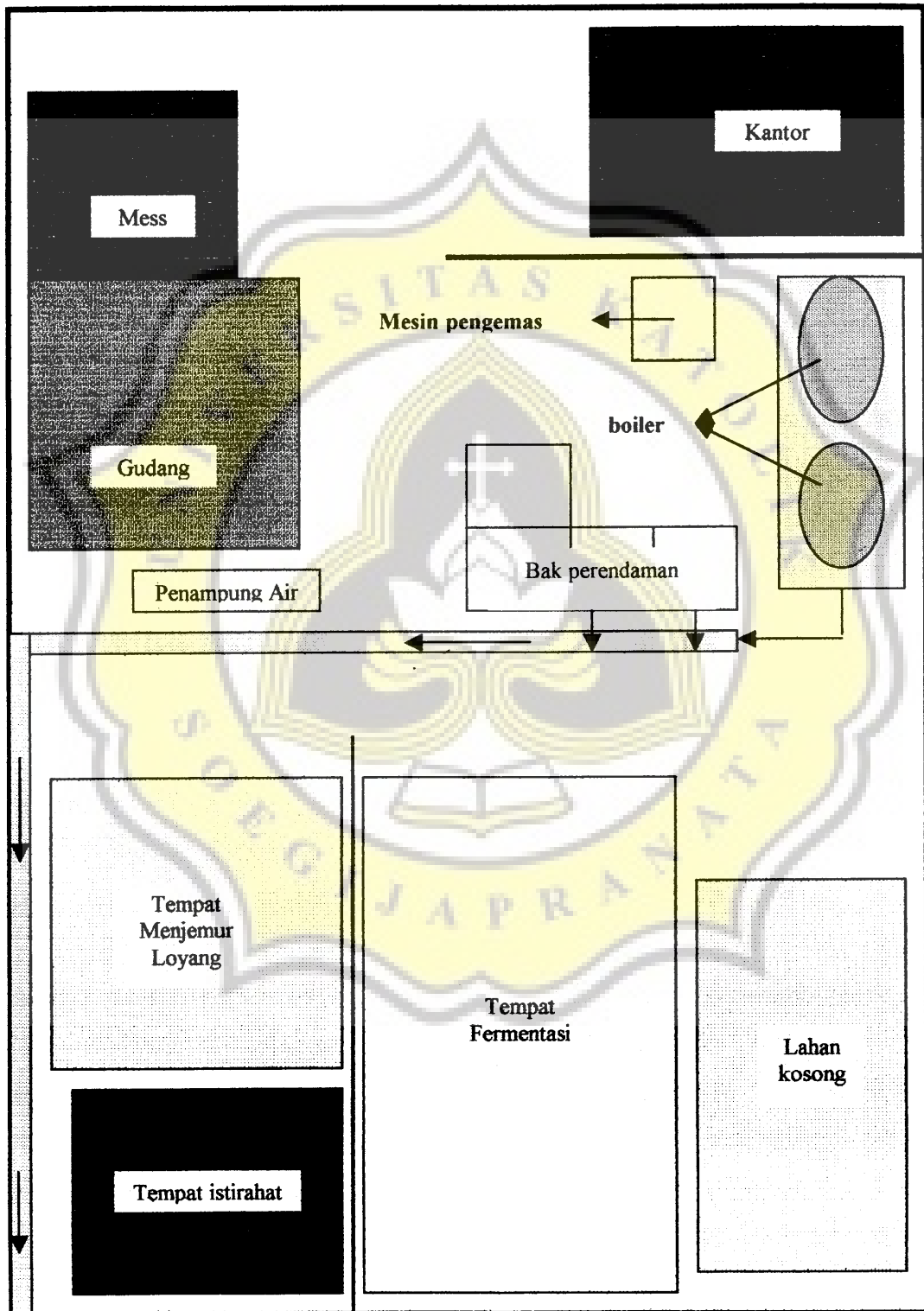
## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1. Denah Perusahaan
- LAMPIRAN 2. Perhitungan *Imhoff Tank*
- LAMPIRAN 3. Perhitungan Anaerobik Filter
- LAMPIRAN 4. Perhitungan *Aeration Tank*
- LAMPIRAN 5. Grafik - grafik
- LAMPIRAN 6. Perhitungan *Settling Tank*
- LAMPIRAN 7. Perhitungan Debit Limbah
- LAMPIRAN 8. Kurva Standar Nitrogen dan Phospat
- LAMPIRAN 9. Dimensi dan Desain Fisik Rancangan IPAL



LAMPIRAN 1.

DENAH PERUSAHAAN



## LAMPIRAN 2.

### PERHITUNGAN IMHOFF TANK

Ditetapkan rasio SS/COD sebesar 0,42 (Anonymous-a, 2002).

Karena dilakukan secara kontinyu, maka perlu dihitung *flow rate*-nya, dan didapatkan sebagai berikut :

$$\text{Flow rate} = 43,5 \text{ m}^3 / 24 \text{ jam} = 1,8125 \text{ m}^3/\text{jam}.$$

Setelah itu ditetapkan *Hydraulic Retention Time* (HRT) = 3 jam dan dengan demikian didapatkan Faktor Pengali 0,4 yang didapat dengan melihat Lampiran 5 Grafik 1.

Maka, COD *Removal Rate* dan BOD *Removal Rate* dapat dihitung :

- COD *Removal Rate*

$$\begin{aligned}\text{COD Removal rate} &= (\text{Ratio SS/COD} : 0,5) * \text{Faktor Pengali} \\ &= 0,42 : 0,5 * 0,4 \\ &= \mathbf{33,6 \%}\end{aligned}$$

(Anonymous-a, 2002; Sasse, 1998)

0,5 merupakan faktor pembagi (Anonymous-a, 2002, Sasse, 1998).

Dengan demikian, maka kadar COD *effluent* dari *Imhoff Tank* sebesar 2002 ppm, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$= (1 - 33,6\%) * 3015 = \mathbf{2001,96 \text{ ppm} \approx 2002 \text{ ppm}}$$

- BOD *Removal Rate*

$$\text{BOD Removal Rate} = 1,06 * 33,60 \% = \mathbf{35,616 \%}$$

1,06 diperoleh dari Lampiran 5. Grafik 2. Dengan demikian, kadar BOD *Effluent* dari *Imhoff Tank* didapatkan sebesar 1416,488 ppm  $\approx$  1416,5 ppm.

Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$= (1 - 35,616 \%) * 2200 = \mathbf{1416,488 \text{ ppm} \approx 1416,5 \text{ ppm}}$$

## LANJUTAN LAMPIRAN 2.

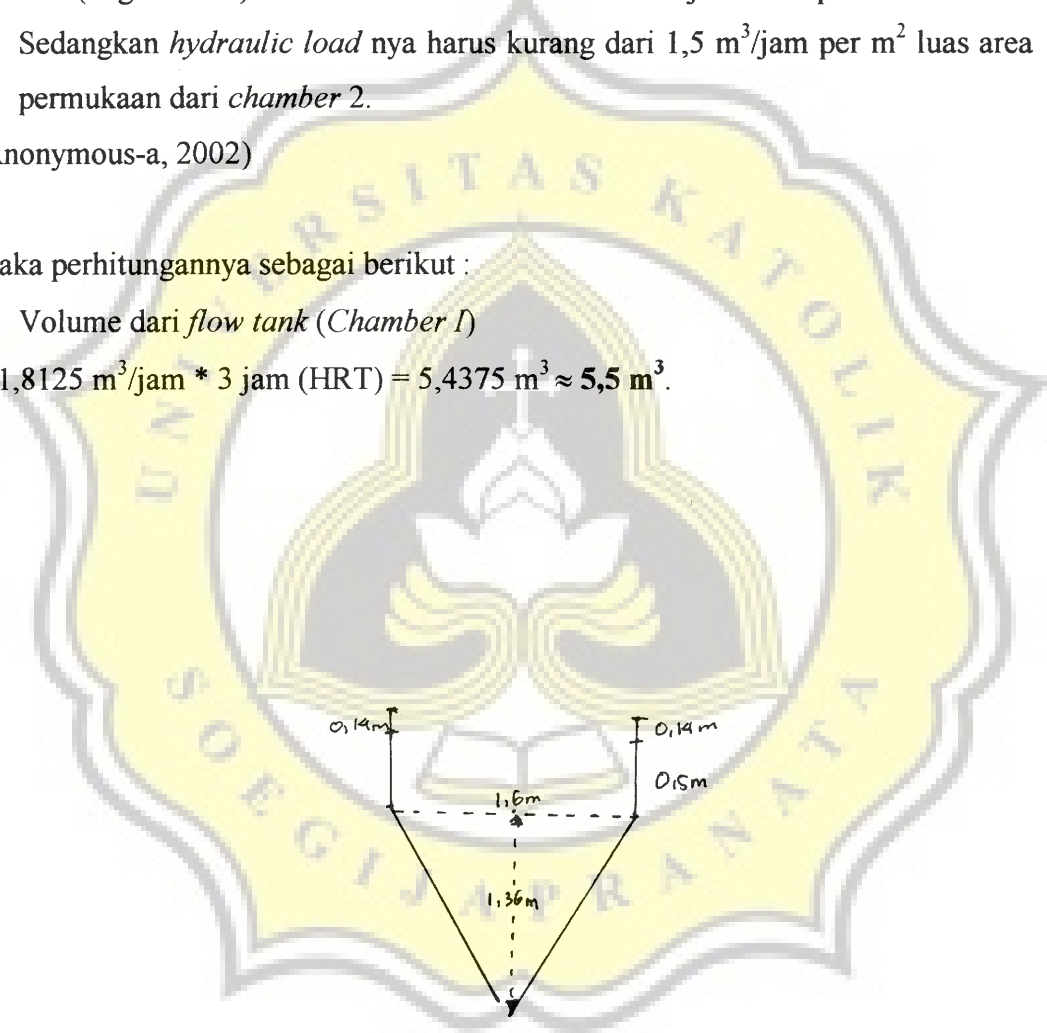
Di dalam menentukan volume dan desain Imhoff Tank, yang perlu diperhatikan di antaranya:

- *Chamber-chamber* atau kompartemen-kompartemen yang terletak di bagian atas (bagian tirus) harus didesain untuk minimum 2 jam HRT pada *Peak Flow*.
- Sedangkan *hydraulic load* nya harus kurang dari  $1,5 \text{ m}^3/\text{jam}$  per  $\text{m}^2$  luas area permukaan dari *chamber* 2.

(Anonymous-a, 2002)

Maka perhitungannya sebagai berikut :

- Volume dari *flow tank* (*Chamber 1*)  
 $= 1,8125 \text{ m}^3/\text{jam} * 3 \text{ jam (HRT)} = 5,4375 \text{ m}^3 \approx 5,5 \text{ m}^3$ .



Desain *Funnell* Tirus

Dengan melihat Desain *Funnell*/Tirus, maka Tirus dirancang dengan ukuran lebar 1,6 m, *free board* 0,14 m, sudut kemiringan  $60^\circ$ .

## LANJUTAN LAMPIRAN 2

Dengan rancangan ini dapat didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$a = (1,6 / 2) * \operatorname{tg} 60^\circ = 0,8 * 1,7 = 1,36 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = (1,6 * 0,5) + (1,6 * 1,36 / 2) = \mathbf{1,888 \text{ m}^2}.$$

Karena kebutuhan volume *flow tank* =  $5,5 \text{ m}^3$ , maka

Panjang =  $5,5 \text{ m}^3 / 1,888 \text{ m}^2 = 2,913 \text{ m}$ . dilebarkan untuk memudahkan operasi dan pembuatan menjadi  $\approx 3 \text{ m}$ .

Jika ditetapkan bahwa tanpa efek pemampatan karena penyimpanan, maka volume *sludge* yang terjadi dari 1 gram BOD adalah 0,005 liter. Dari Lampiran 5. Grafik 3, untuk *desludging* 24 bulan atau 2 tahun, maka persen volume *sludge* diperoleh faktor kira-kira 65%.

Dengan demikian, volume *sludge* (dalam liter) dibanding BOD *removal* setiap gramnya adalah

$$= 0,005 * 65\%$$

$$= 0,00325 \text{ ltr / gr BOD rem.}$$

Sedangkan jumlah *sludge* selama proses pengurasan (*desludging interval*) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Jumlah *sludge* =

= waktu *desludging* (bulan) x jumlah hari dalam 1 bulan (hari) x jumlah limbah yang dibuang dalam 1 hari ( $\text{m}^3/\text{hari}$ ) x rasio *sludge* dibanding BOD *removal* setiap gramnya x BOD influent dengan BOD effluent ( $\text{mg/liter}$ ) / 1000

= 24 bulan \* 30 hari \*  $43,5 \text{ m}^3/\text{hari}$  \* 0,00325 liter/gram \*  $(2200 \text{ mg/liter} - 1416,5 \text{ mg/liter}) / 1000$ .

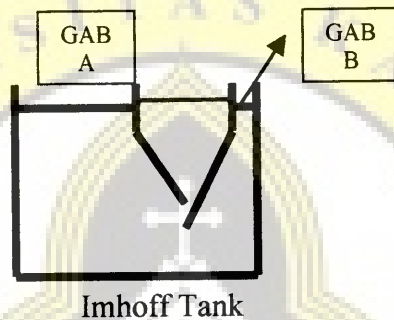
=  $79,75 \text{ m}^3 \approx \mathbf{80 \text{ m}^3}$ .

## LANJUTAN LAMPIRAN 2

### Menetapkan *Chamber II*

Yang menjadi catatan dalam menetapkan *Chamber II*, adalah harus lebih lebar dari *chamber I*, untuk mempermudah proses penyedotan *sludge*.

Jarak (gab) agar memungkinkan pekerjaan *desludging* masih dapat dilakukan dengan mudah dan praktis adalah 55 cm. Namun, jika lebih lebar akan lebih memudahkan.



Lebar jarak (gab) dibuat agak lebar agar mengurangi kedalaman dari Imhoff Tank akibat dari jumlah *sludge* yang besar. Gab A dirancang dengan lebar 2,5 m. Dan gab B dirancang 0,8 m. Dengan demikian, total lebar bagian dalam sebesar 5,5 m. Dengan demikian, lebar *Chamber II* lebih besar dibandingkan dengan lebar *Chamber I*.

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan Total lebar Chamber II} &= \\ &= 2,7 + 1,6 + 1 + 2 \cdot 0,1 \text{ (tebal dinding flow tank)} \\ &= 5,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Timbunan *sludge* yang dihasilkan diharapkan tidak menutupi bagian mulut dari *chamber I* yang mengerucut ke bawah., maka perlu memperkirakan tinggi dari timbunan *sludge*.

## LANJUTAN LAMPIRAN 2

### Perkiraan ketinggian timbunan *sludge*.

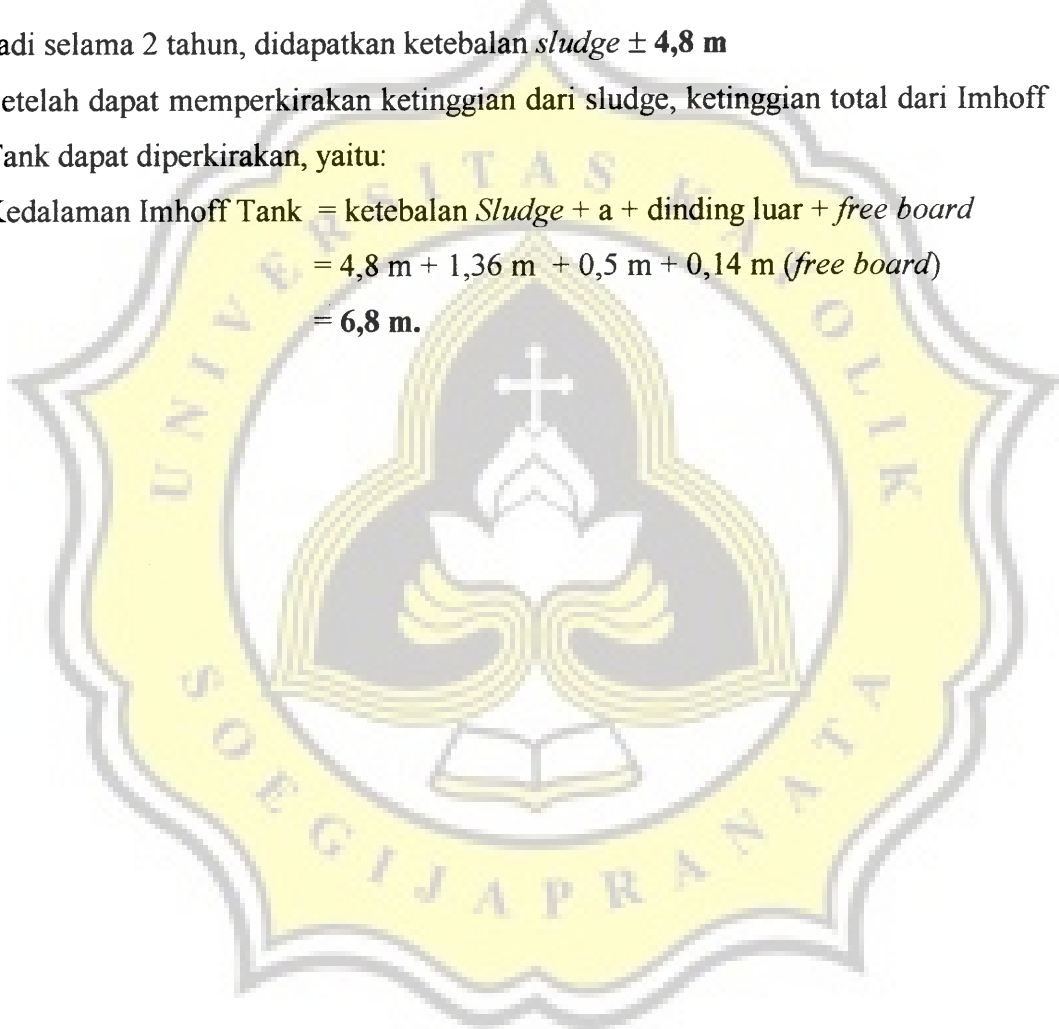
$$\begin{aligned}\text{Tinggi timbunan } sludge &= \text{volume } sludge / \text{luas} \\ &= 80 \text{ m}^3 / (5,5 * 3) \\ &= 4,84 \text{ m} \approx 4,8 \text{ m}\end{aligned}$$

Jadi selama 2 tahun, didapatkan ketebalan *sludge* ± 4,8 m

Setelah dapat memperkirakan ketinggian dari *sludge*, ketinggian total dari Imhoff

Tank dapat diperkirakan, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Kedalaman Imhoff Tank} &= \text{ketebalan } Sludge + a + \text{dinding luar} + \text{free board} \\ &= 4,8 \text{ m} + 1,36 \text{ m} + 0,5 \text{ m} + 0,14 \text{ m (free board)} \\ &= 6,8 \text{ m.}\end{aligned}$$



### LAMPIRAN 3.

#### PERHITUNGAN ANAEROBIK FILTER

Dari ukuran botol cuka pada Gambar 3, maka didapat luas permukaan sebagai berikut :

\* Luasan Tabung (Bangun A) :

$$\begin{aligned} A &= \text{luas selimut} + \text{luas alas} \\ &= \pi.d.t + \pi.d \\ &= 3,14 * 5 \text{ cm} * 9,5 \text{ cm} + 3,14 * 5 \text{ cm} \\ &= 164,85 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Karena terdiri dari dua permukaan, maka dikalikan dua menjadi **329,7 m<sup>2</sup>**.

\* Luasan Kerucut (Bangun B) :

$$\begin{aligned} B &= \pi.r.s \\ &= 3.14 * 2,5 \text{ cm} * 3 \text{ cm} \\ &= 23,55 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena terdiri dari dua permukaan, maka dikalikan dua menjadi **47,1 m<sup>2</sup>**.

\* Luasan Tabung (Bangun C)

$$\begin{aligned} C &= \pi.d.t \\ &= 3,14 * 1,5 \text{ cm} * 1,5 \text{ cm} \\ &= 7,065 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Karena terdiri dari dua permukaan, maka dikalikan dua menjadi **14,13 m<sup>2</sup>**

Dengan demikian luasan total dari botol cuka adalah **390,93 cm<sup>2</sup>**.



### LANJUTAN LAMPIRAN 3

Dari ukuran botol tersebut, didapat pula volume botol cuka sebagai berikut :

#### Volume botol cuka

= volume Bangun A + Volume Bangun B + Volume Bangun C

\* Volume Bangun A

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t \\ &= \frac{1}{4} * 3,14 * 5^2 \text{ cm}^2 * 9,5 \text{ cm} \\ &= 186,4375 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

\* Volume Bangun B

$$\begin{aligned} B &= \text{volume kerucut besar} - \text{volume kerucut kecil} \\ &= \frac{1}{3} \pi \cdot r_1^2 \cdot t_1 - \frac{1}{3} \pi \cdot r_2^2 \cdot t_2 \\ &= \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot ((2,5 \text{ cm} * 2,5 \text{ cm} * 2,5 \text{ cm}) - (0,9375 \text{ cm} * 0,9375 \text{ cm} * 1,5 \\ &\quad \text{cm})) \\ &= \frac{1}{3} * 3,14 (15,625 - 1,318) \\ &= 14,97 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

\* Volume Bangun C

$$\begin{aligned} C &= \text{volume tabung kecil} \\ &= \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t \\ &= \frac{1}{4} * 3,14 * 1,5^2 \text{ cm}^2 * 1,5 \text{ cm} \\ &= 2,649375 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Maka, volume total botol cuka adalah :

$$\begin{aligned} &= 186,4375 \text{ cm}^3 + 14,97 \text{ cm}^3 + 2,649375 \text{ cm}^3 \\ &= \mathbf{204, 0568 \text{ cm}^3}. \end{aligned}$$

Dari percobaan yang dilakukan dalam sebuah ember bervolume 6,5 liter, botol-botol cuka disusun sampai memenuhi ember. Lalu diisi air dan terisi sampai tanda batas. Air yang dapat masuk sebanyak 2,5 liter dan jumlah botol 19 buah. Dengan

demikian, *void ratio* nya sebesar 38,46% dibulatkan **38,5%**. Volume sisanya merupakan volume media sebanyak 4 liter = 4000 cm<sup>3</sup>.

Jumlah botol cuka adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{volume media} / \text{volume botol} \\ &= 4000 \text{ cm}^3 / 204,0568 \text{ cm}^3 \\ &= \mathbf{19,6 \text{ botol.}} \end{aligned}$$

Maka, *surface area* dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= \text{jumlah botol} * \text{luas botol} \\ &= 19,6 * 390,93 \text{ cm}^2 \text{ per } 6,5 \text{ liter} \\ &= 7662,228 \text{ cm}^2 \text{ per } 6,5 \text{ liter} \\ &= 1178804,308 \text{ cm}^2/\text{m}^3 \\ &= 117,88 \text{ m}^2/\text{m}^3 \approx \mathbf{118 \text{ m}^2/\text{m}^3} \end{aligned}$$

(Anonymous-a, 2000 & Sasse, 1998).

Selanjutnya *COD Removal* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{COD Removal} &= F \text{ temperatur} * F \text{ strength} * F \text{ HRT} * F_{sa} * (1 + (\Sigma \text{ chamber} * \\ &4\%)) \\ &= 1 * 1,04 * 0,64 * 1,01 * 1,12 \\ &= \mathbf{75,3\%} \end{aligned}$$

Dengan demikian, kadar COD setelah melewati Anaerobik Filter adalah sebesar 494,49 ppm  $\approx$  **495 ppm**. Pengurangan total kadar COD sampai dengan Anaerobik Filter adalah sebesar 2520 ppm (3015 – 495 ppm) atau sebesar **83,58 %**.

Faktor *BOD Removal* dapat diperoleh dengan melihat Lampiran 5 Grafik 2. Dengan *COD Removal* sebesar 83,58% didapatkan faktor *BOD Removal* sebesar 1,04. Maka, kadar BOD keseluruhan setelah keluar dari Anaerobik Filter sebesar **86,92 %** atau sebesar **287,76 ppm**.

### LANJUTAN LAMPIRAN 3

Volume Anaerobik Filter dihitung dengan rumus :

$$= \text{HRT Anaerobik Filter} \times \text{Volume limbah per hari} / 24.$$

$$= 20 \text{ jam} \times 43,5 \text{ m}^3 / 24 \text{ jam}$$

$$= 36,25 \text{ m}^3$$

$$\approx 40 \text{ m}^3$$

Dengan volume  $40 \text{ m}^3$ , maka dimensi dari Anaerobik Filter dengan panjang masing – masing *chamber*  $2 \text{ m}$ , sehingga panjang total  $8 \text{ m}$ . Kedalaman dirancang  $2,5 \text{ m}$ , namun untuk lebar belum dapat ditentukan, sebab ketebalan media jelas lebih kecil dibandingkan dengan kedalaman dari *chamber*. Hal ini disebabkan oleh penahan media yang letaknya sekitar  $60 \text{ cm}$  dari dasar *chamber*, selain itu ketebalan dari penahan juga mengurangi ketebalan media. Biasanya ketebalan bahan penahan  $5 \text{ cm}$ . Dengan demikian sisa ketebalan media adalah  $1,45 \text{ m}$ .

Dengan ketebalan  $1,45 \text{ m}$ , panjang  $2 \text{ m}$ , serta volume masing – masing *chamber*  $10 \text{ m}^3$ , maka lebar (L) dapat dihitung sebagai berikut :

$$10 \text{ m}^3 = (2,5 \times 0,25 \times L) + (2 \times 2,5 \times L) - (2,5 \times 1,45 \times L) \times 0,615$$
$$= 3,395 L$$

$$L = 2,95 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

Kecepatan aliran pada media perlu diperhitungkan dengan cara membagi *peak flow* dengan penampang media yang telah dikali dengan *void ratio*. Hasil yang didapat adalah  $0,628 \text{ m} / \text{jam}$ .

Perhitungannya sebagai berikut :

$$V = \text{peak flow} / (\text{penampang media} \times \text{void ratio})$$
$$= 1,8125 / (2,5 \times 3 \times 0,385)$$
$$= 0,628 \text{ m} / \text{jam}$$

## LAMPIRAN 4

### PERHITUNGAN AERATION BASIN

Dengan debit ( $Q$ ) =  $43,5 \text{ m}^3 / \text{hari}$ , BOD infl =  $287,76 \text{ mg/l}$  yang didapat dari anaerobik filter, diharapkan *aeration basin* ini dapat mengurangi kadar BOD hingga  $100 \text{ ppm}$ . TSS yang masuk ( $X$ ) dalam *aeration basin* dianggap sama dengan *influent* awal yaitu =  $385 \text{ mg/l}$ . Setelah itu ditetapkan konstanta *decay*  $K_d = 0,06$  per hari dan *yield*  $Y = 0,6 \text{ mg TSS / BOD}$ .  $\Phi_c$  ditetapkan 5 hari, karena merupakan waktu minimal (Kiely, 1998)

Maka, volume dari *aeration basin* dapat diperkirakan dengan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{\Phi_c * Q * Y (BOD \text{ infl} - BOD \text{ effl})}{TSS \text{ infl} * (1 + K_d * \Phi_c)}$$

(Kiely, 1998).

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{5 * 0,6 * 43,5 * (287,76 - 100)}{385 * (1 + (0,06 * 5))} \\ &= 48,9 \text{ m}^3 \approx 50 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Dengan perancangan dimensi panjang 5 m, lebar 4 m, serta kedalaman 2,5 m.

Setelah volume didapat, maka periode aerasi perlu ditetapkan, sebagai berikut:

\*) Periode aerasi = volume / debit =  $1,15 \text{ hari} \approx 27,6 \text{ jam}$ .

Selain itu rasio kecukupan makanan dengan mikroorganisme dapat dihitung memenuhi syarat atau tidak, yaitu sebagai berikut:

\*)  $F/M = 287,76 / (385 * 1,15) = 0,649$

#### LANJUTAN LAMPIRAN 4

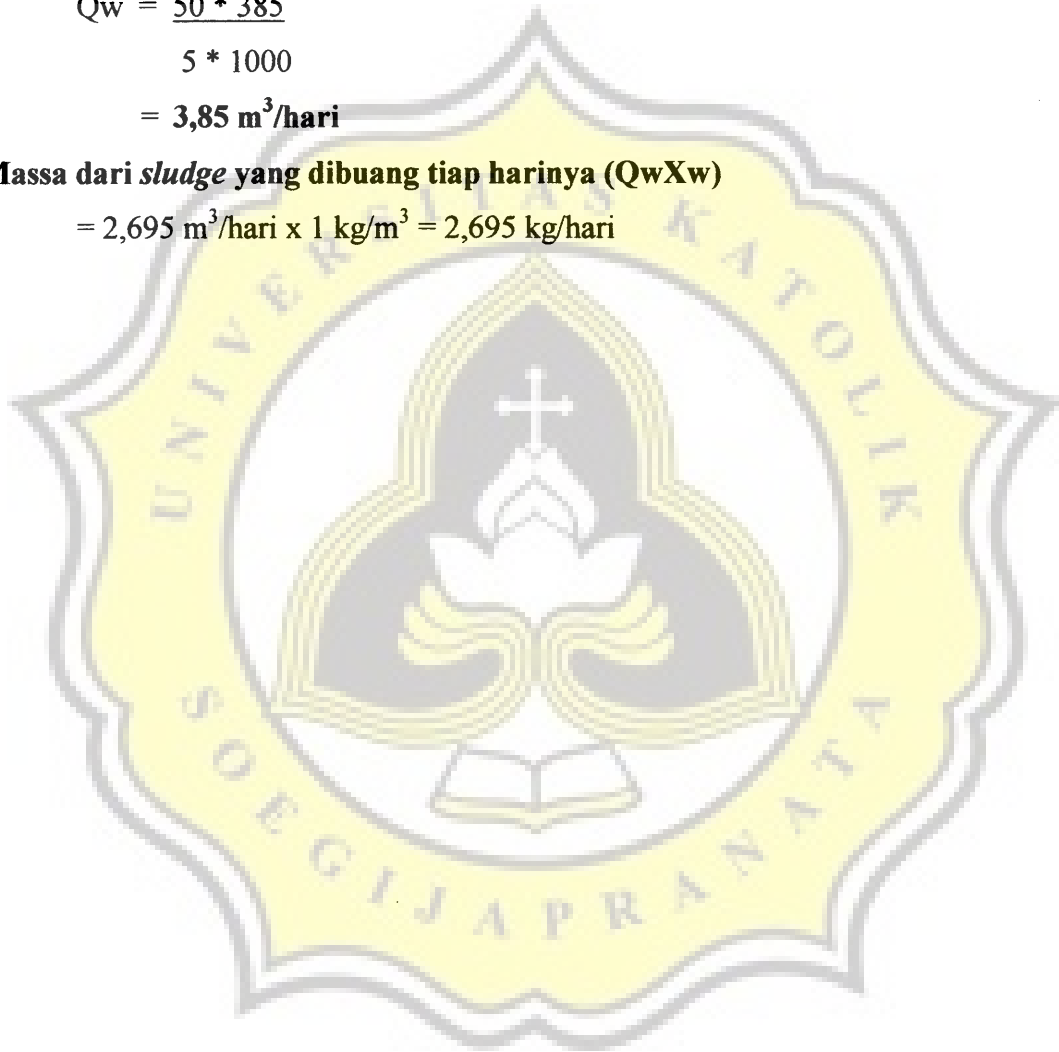
**\*) Volume *Sludge* yang dibuang tiap harinya ( $Q_w$ )**

$$Q_c = \frac{V X}{Q_w * X_w}$$

$$Q_w = \frac{50 * 385}{5 * 1000}$$
$$= 3,85 \text{ m}^3/\text{hari}$$

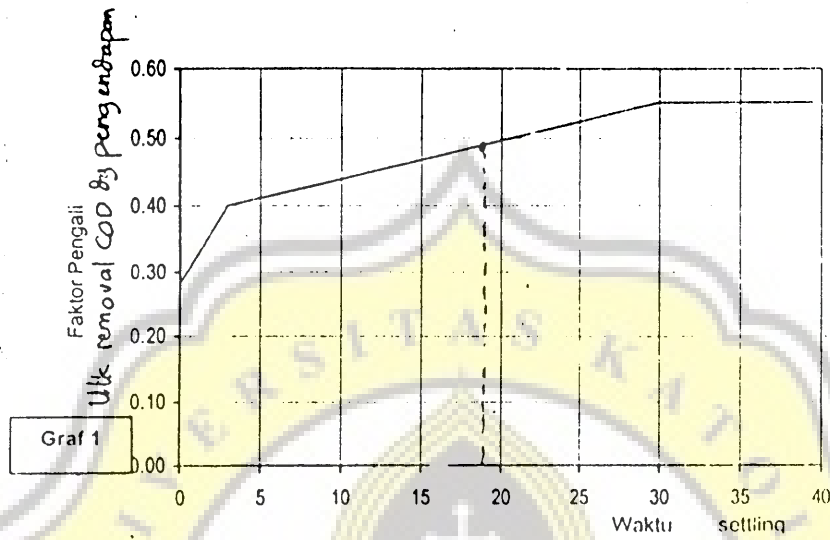
**Massa dari *sludge* yang dibuang tiap harinya ( $Q_w X_w$ )**

$$= 2,695 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1 \text{ kg/m}^3 = 2,695 \text{ kg/hari}$$

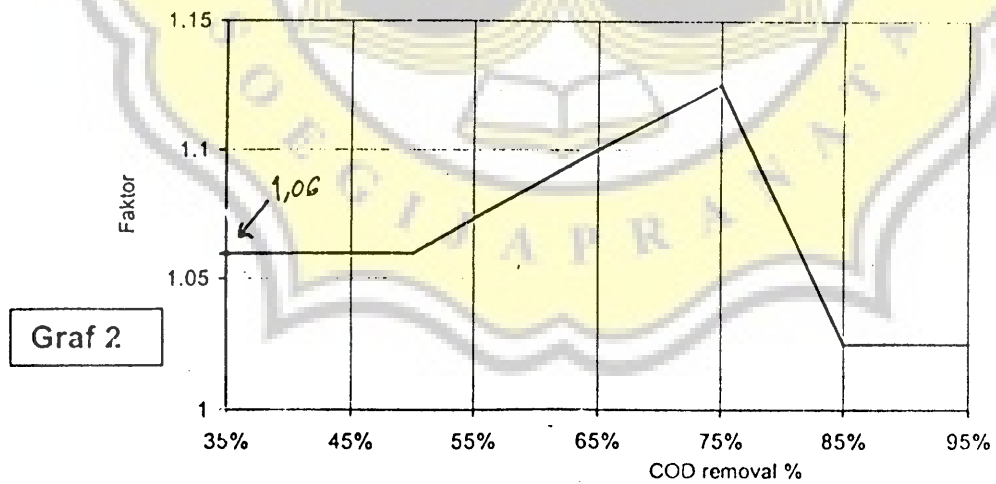


## LAMPIRAN 5

### GRAFIK – GRAFIK

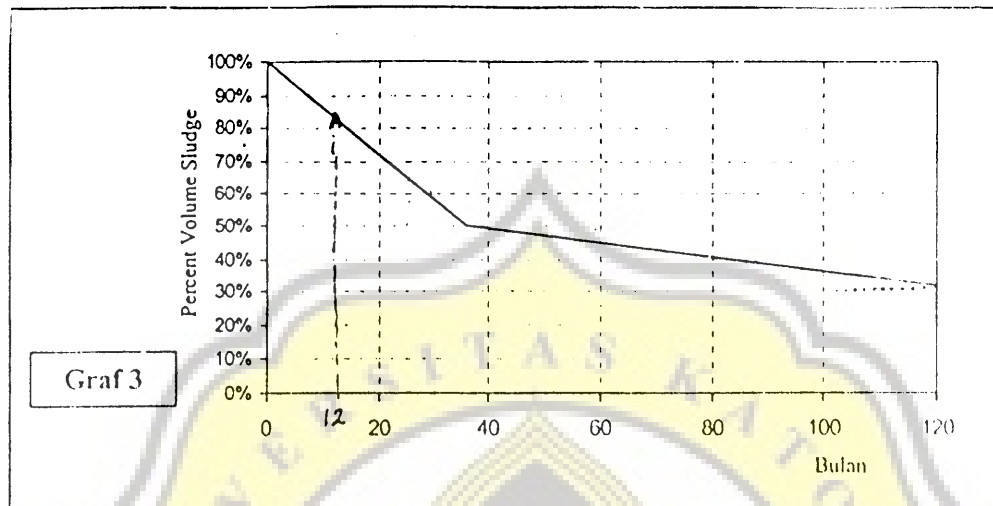


Grafik 1. Faktor Pengali Penurunan COD Berdasarkan Waktu *Settling*

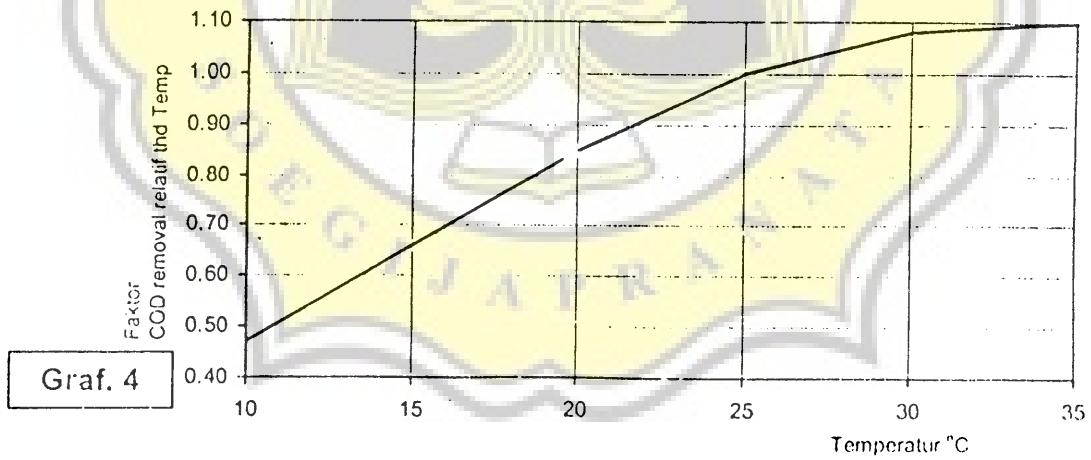


Grafik 2. Faktor Pengali BOD *Removal* Berdasarkan COD *Removal*

## LANJUTAN LAMPIRAN 5

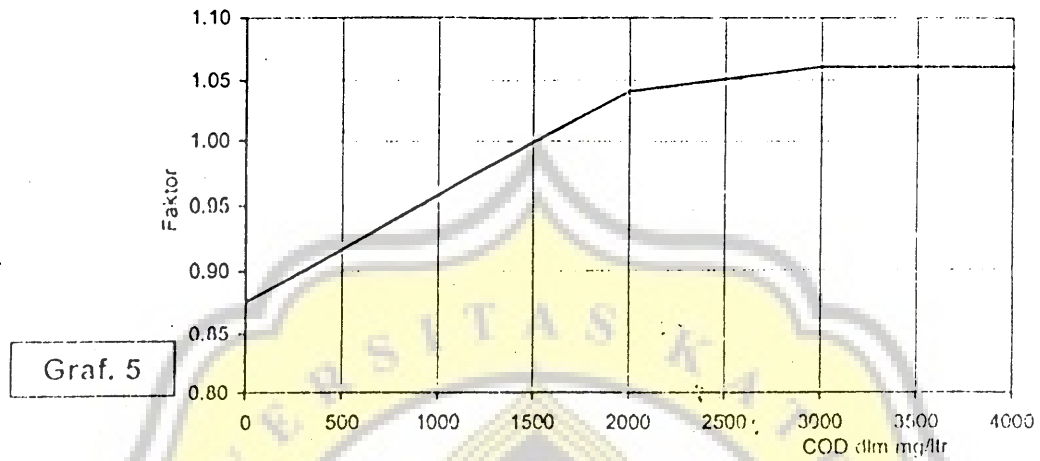


Grafik 3. *Percent Volume Sludge* Berdasarkan Waktu

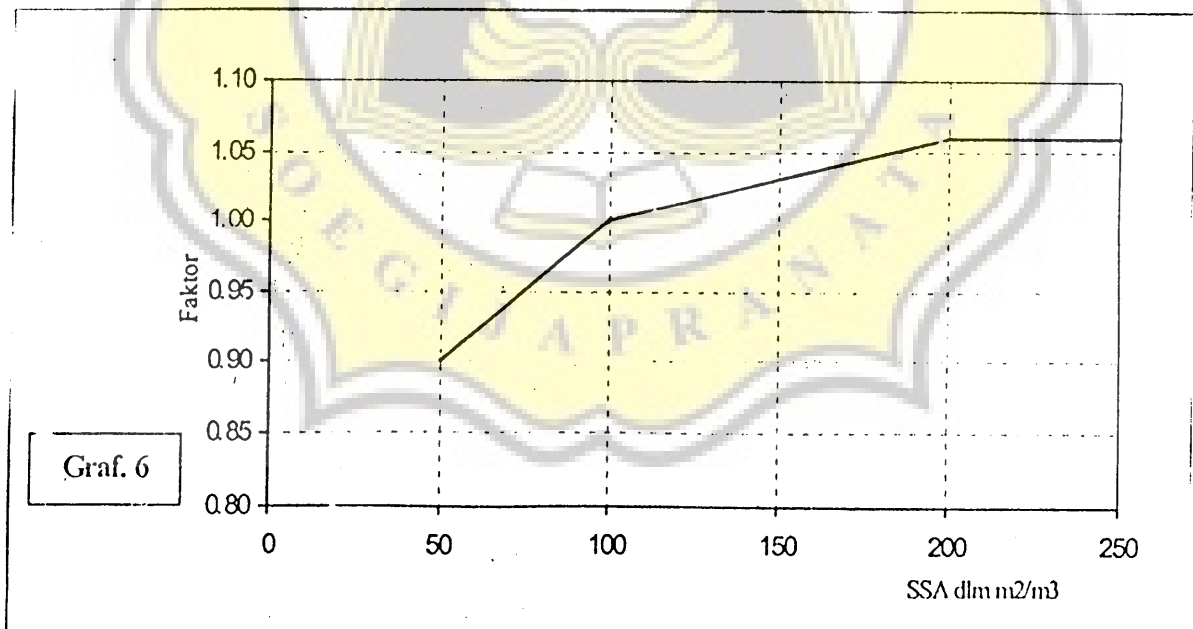


Grafik 4. *Faktor COD Removal* Relatif Terhadap Temperatur

## LANJUTAN LAMPIRAN 5



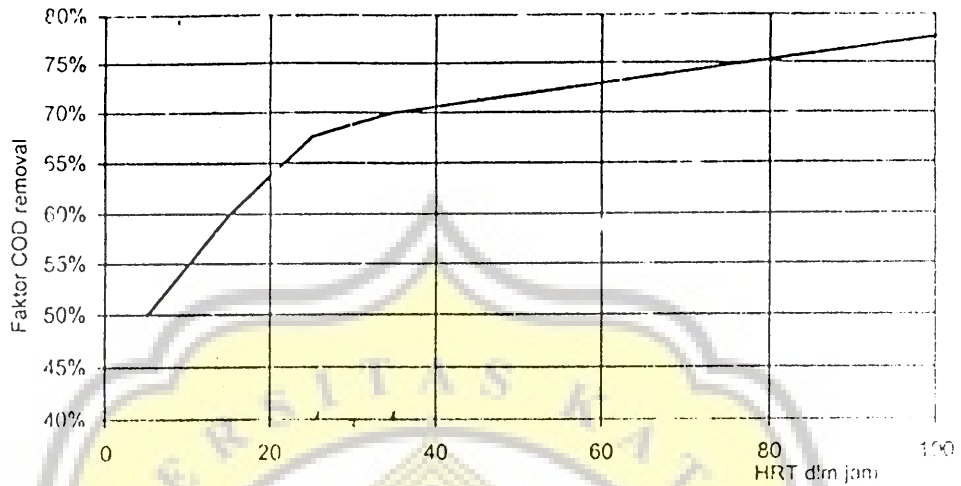
Grafik 5. Kaitan *Wastewater Strength* (COD) dengan Faktor Pengali



Grafik 6. Hubungan *COD Removal* dengan *Surface Area*

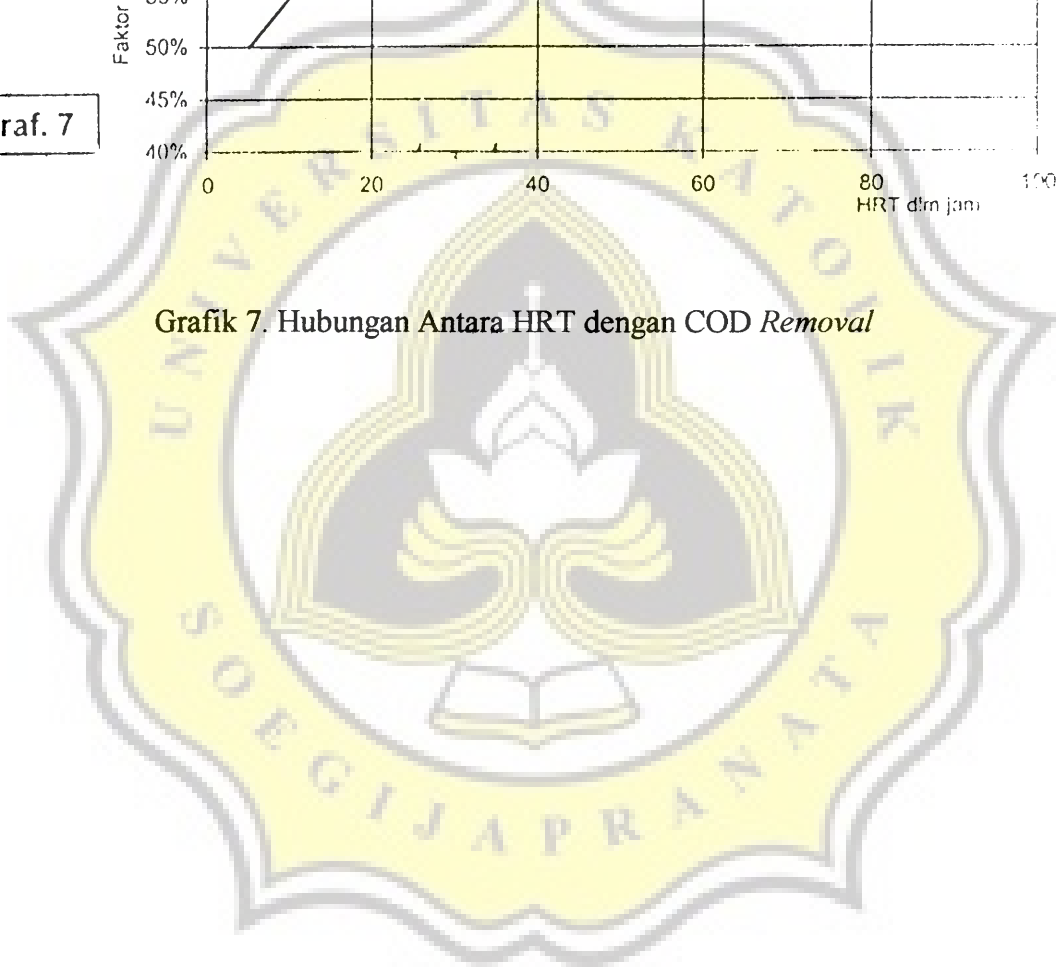


**LANJUTAN LAMPIRAN 5**



Graf. 7

Grafik 7. Hubungan Antara HRT dengan COD Removal



## LAMPIRAN 6

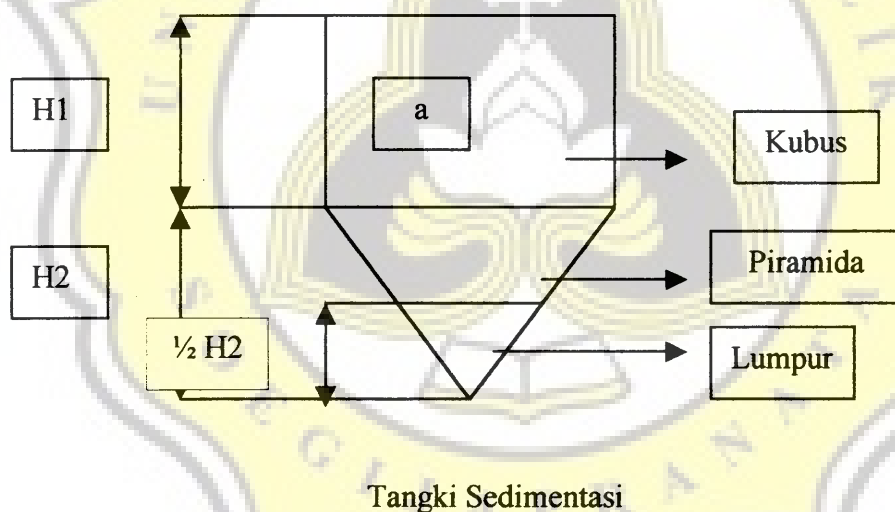
### PERHITUNGAN *SETTLING TANK*

$$\begin{aligned} \text{Surface area} &= \text{volume limbah per hari} / \text{surface loading} \\ &= 43,5 \text{ m}^3 / \text{hari} : 10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari} = 4,35 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

*Surface area* ini merupakan permukaan dari air.

Adapun panjang dari sisi bujur sangkar ini adalah  $\sqrt{4,35 \text{ m}^2} = 2,08 \text{ m} \approx 2,1 \text{ m}$ .

$$\begin{aligned} \text{Adapun volume tangki adalah} \\ &= \text{volume limbah perjam} \times \text{HRT} \\ &= 43,5 \text{ m}^3 / \text{jam} : 24 \text{ jam} \times 3 \\ &= 5,4375 \text{ m}^3 \approx 5,5 \text{ m}^3. \end{aligned}$$



#### Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Volume Kubus} &= \text{luas alas} \times \text{tinggi (H1)} \\ &= A \times H1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Piramida} &= \text{luas alas} \times 1/3 \text{ tinggi (H2)} \\ &= A \times 1/3 \text{ H2)} \end{aligned}$$

## LANJUTAN LAMPIRAN 6

$$\begin{aligned}\text{Volume Lumpur} &= \text{luas alas (1/2 A) x 1/3 tinggi (1/2 H2)} \\ &= \frac{1}{4} A * \frac{1}{6} H2 = \frac{1}{24} H2\end{aligned}$$

Karena sudut kemiringan dibuat  $45^\circ$ , maka  $H2 = a/2 = 1,05 \text{ m}$

$$\begin{aligned}\text{Dengan demikian, volume efektif} &= AH1 + \frac{7}{24} AH2 \\ 5,5 \text{ m}^3 &= 4,35 H1 + \frac{7}{24} * 4,35 * H2 \\ (5,5 - 1,27) / 43,5 &= H1 \\ H1 &= 0,097 \text{ m} \approx 1 \text{ m}.\end{aligned}$$

**Luas lahan keseluruhan dari seluruh sistem :**

= Panjang total \* lebar

panjang total = panjang *Equalization basin* + panjang Imhoff Tank + panjang Anaerobik Filter + panjang *Aeration basin* + panjang *Settling Tank* + panjang SDB

$$= 4 \text{ m} + 3 \text{ m} + 8 \text{ m} + 5 \text{ m} + 2,1 \text{ m} + 3,5 \text{ m}$$

$$= 25,6 \text{ m}$$

ditambah 1,4 m sebagai panjang total dari gab-gab antar unit operasi.

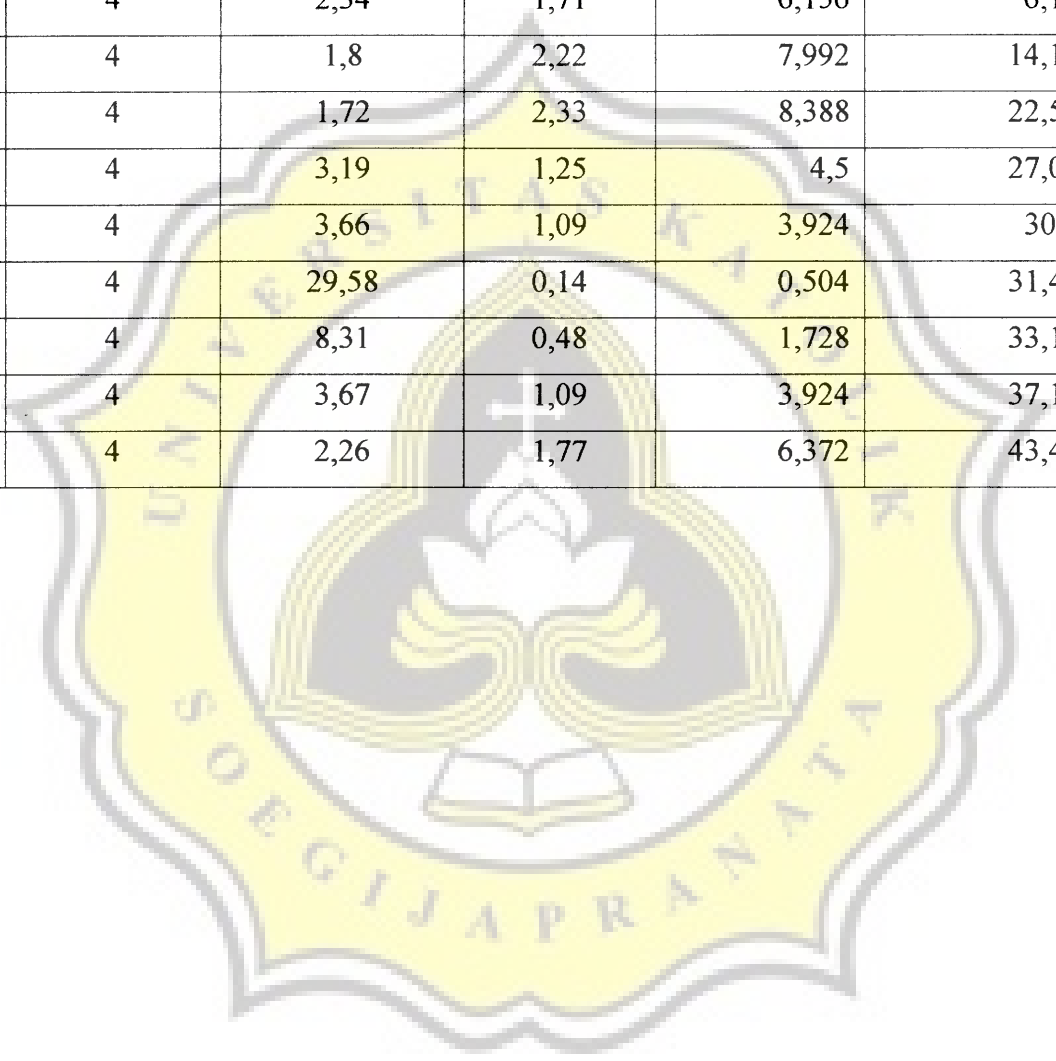
$$= 27 \text{ m (panjang total)} * 5,5 \text{ m (lebar Imhoff Tank)}$$

$$= 148,5 \text{ m}^2$$

**Dibulatkan menjadi  $150 \text{ m}^2$**

**LAMPIRAN 7****PERHITUNGAN DEBIT LIMBAH**

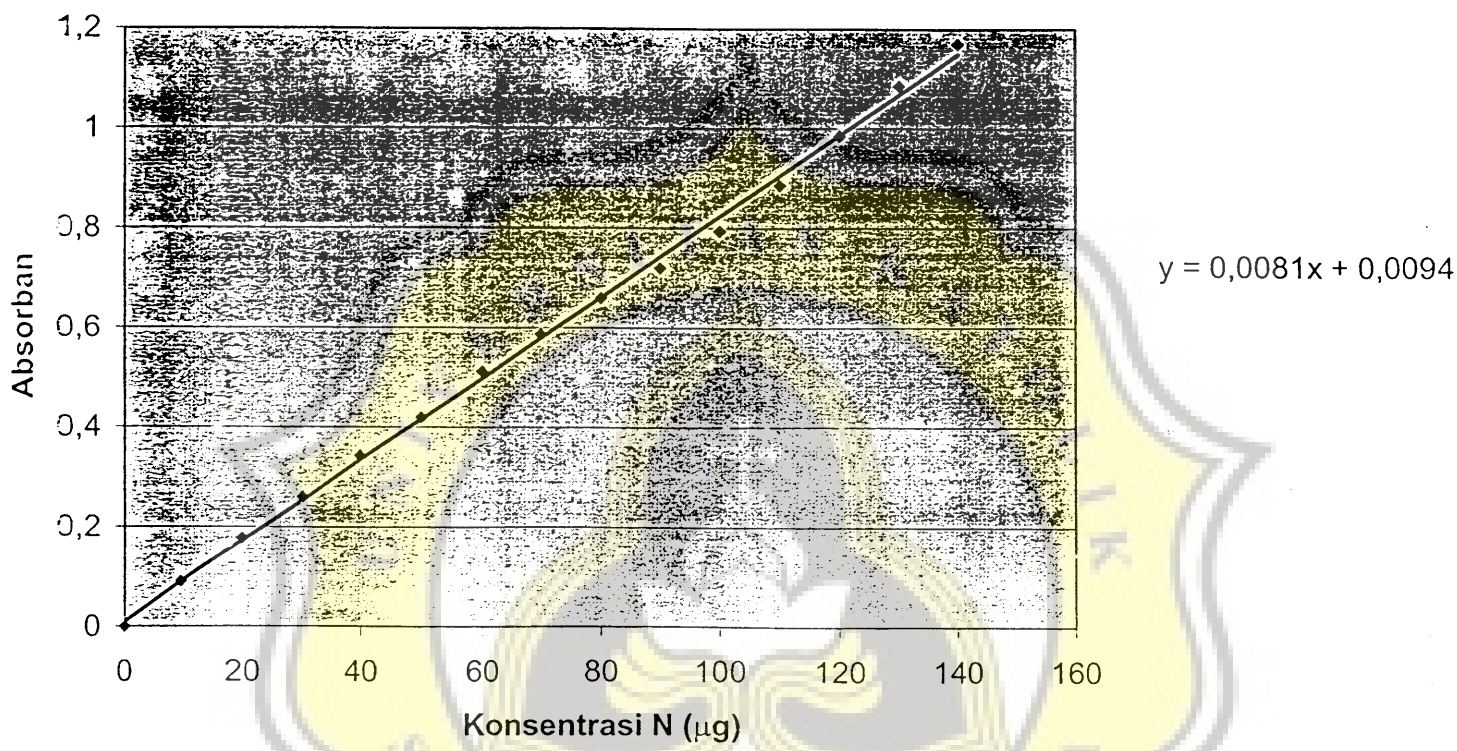
<b>JAM</b>	<b>Volume Ember (liter)</b>	<b>Waktu sampai penuh (detik)</b>	<b>Debit (liter/detik)</b>	<b>Volume limbah (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Limbah kumulatif (m<sup>3</sup>)</b>
07.45	4	2,34	1,71	6,156	6,156
08.45	4	1,8	2,22	7,992	14,148
09.45	4	1,72	2,33	8,388	22,536
10.45	4	3,19	1,25	4,5	27,036
11.45	4	3,66	1,09	3,924	30,96
12.45	4	29,58	0,14	0,504	31,464
13.45	4	8,31	0,48	1,728	33,192
14.45	4	3,67	1,09	3,924	37,116
15.45	4	2,26	1,77	6,372	43,488



LAMPIRAN 8

KURVA STANDAR NITROGEN DAN PHOSPAT

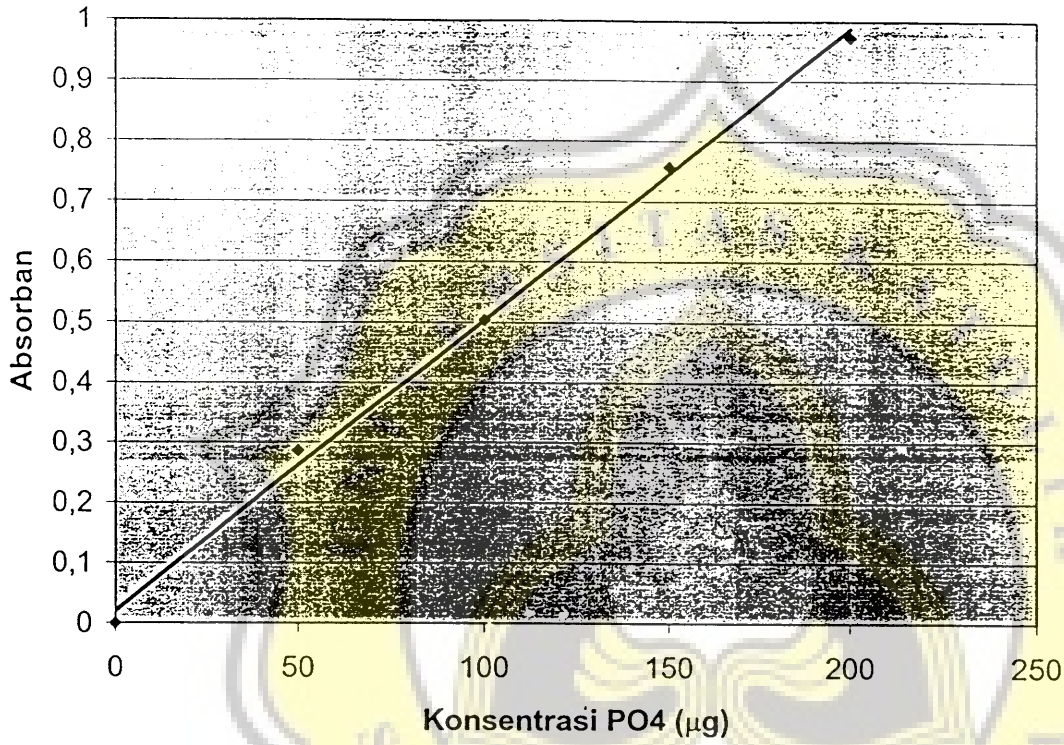
Kurva Standard N



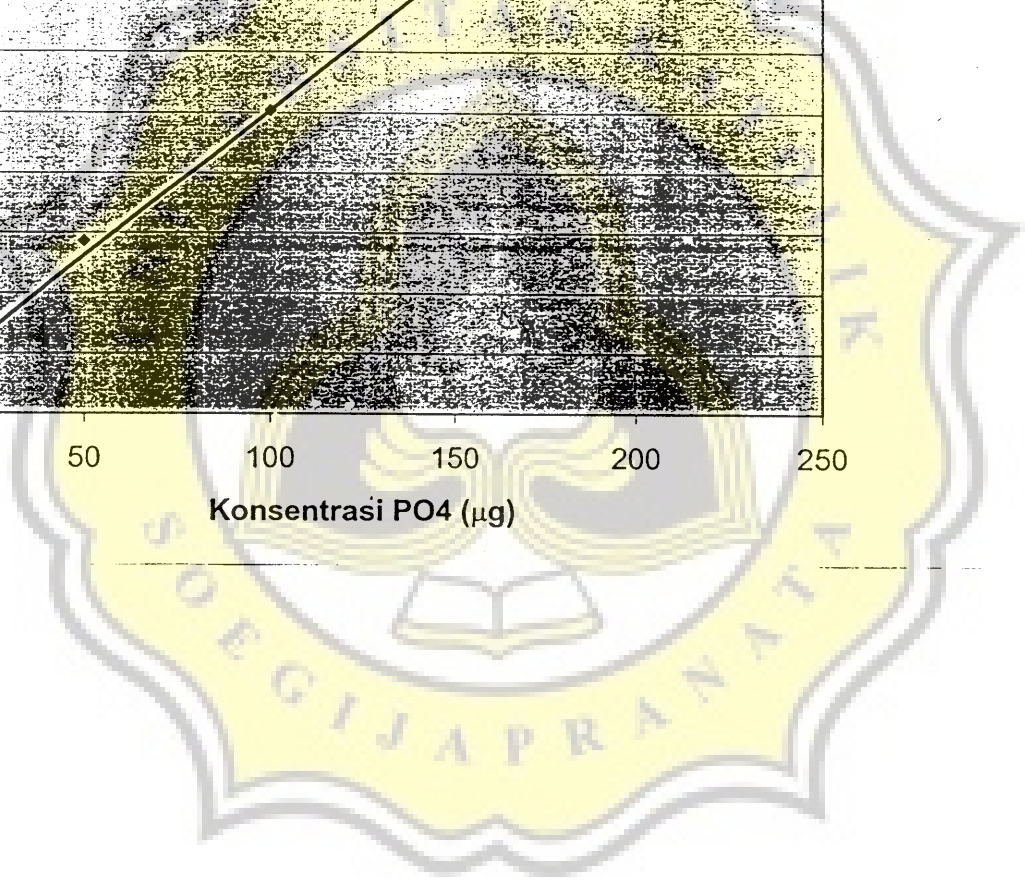
LANJUTAN LAMPIRAN 8

Kurva Standar Phospat

Kurva Standard P

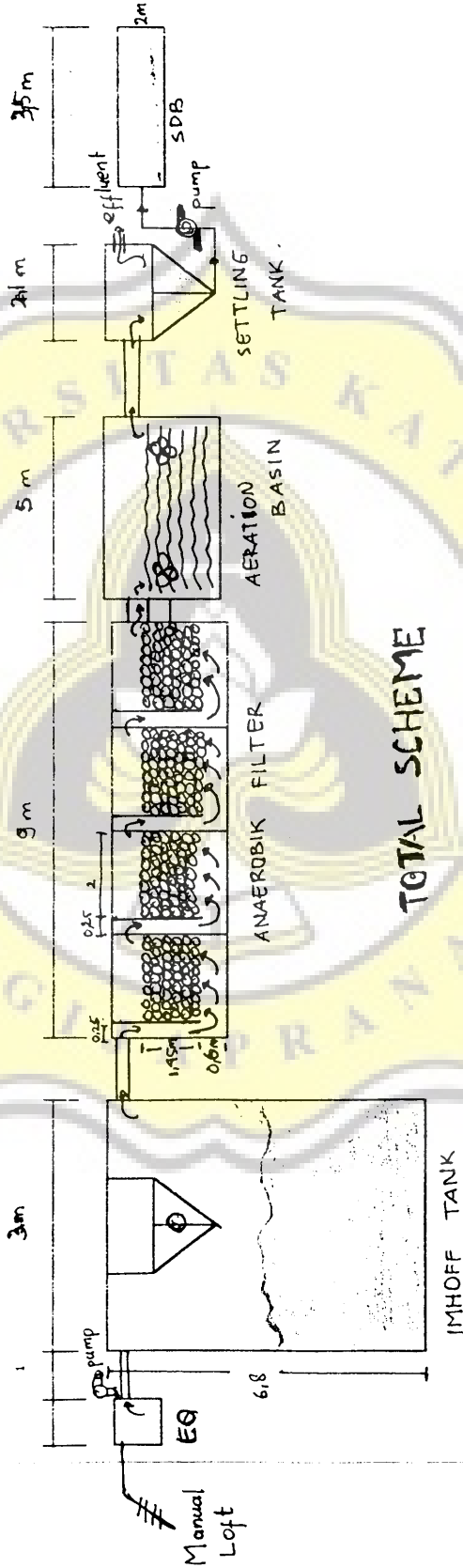


$$y = 0,0048x + 0,0206$$

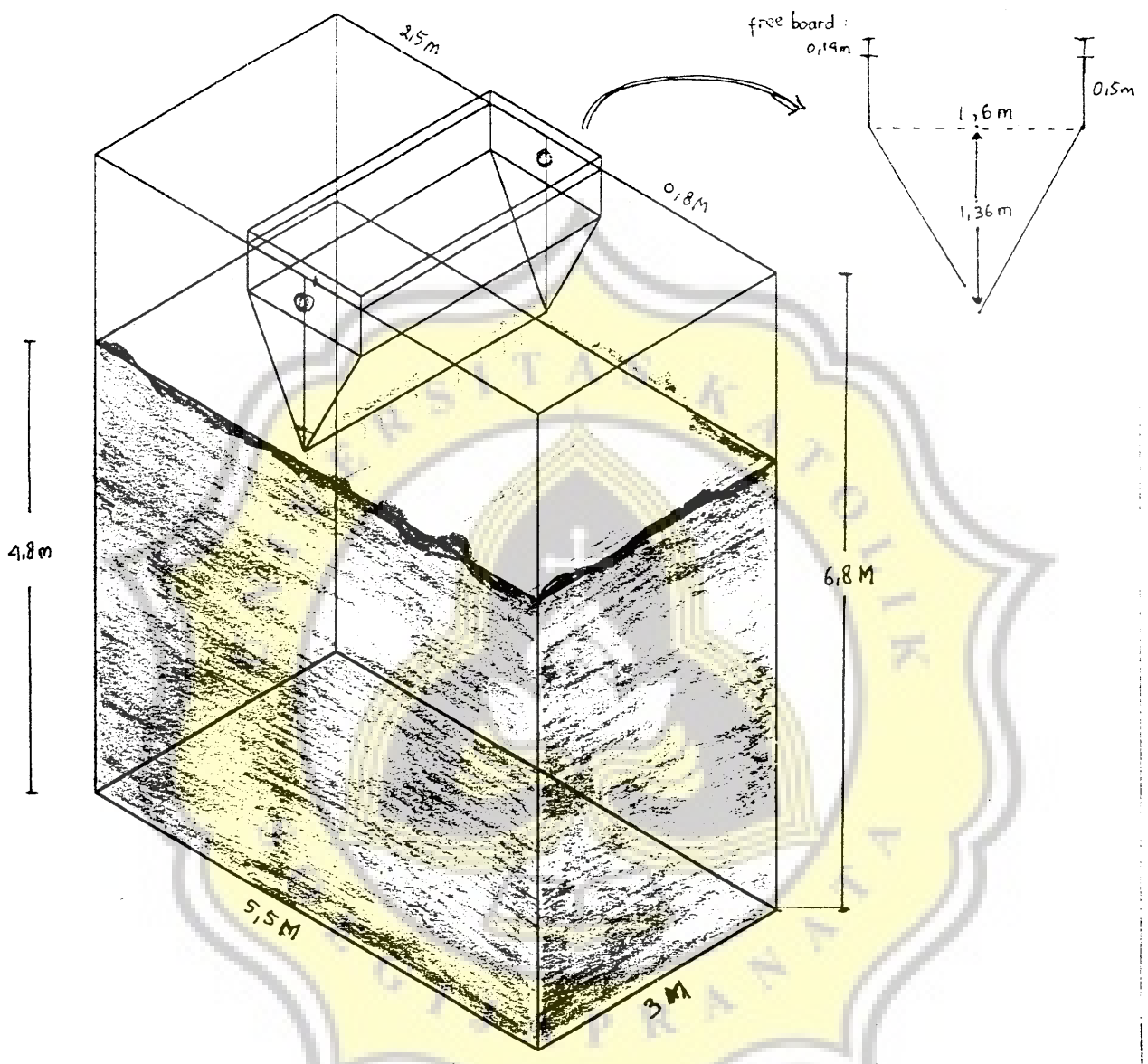


LAMPIRAN 9

DIMENSI dan DESAIN FISIK RANCANGAN IPAL



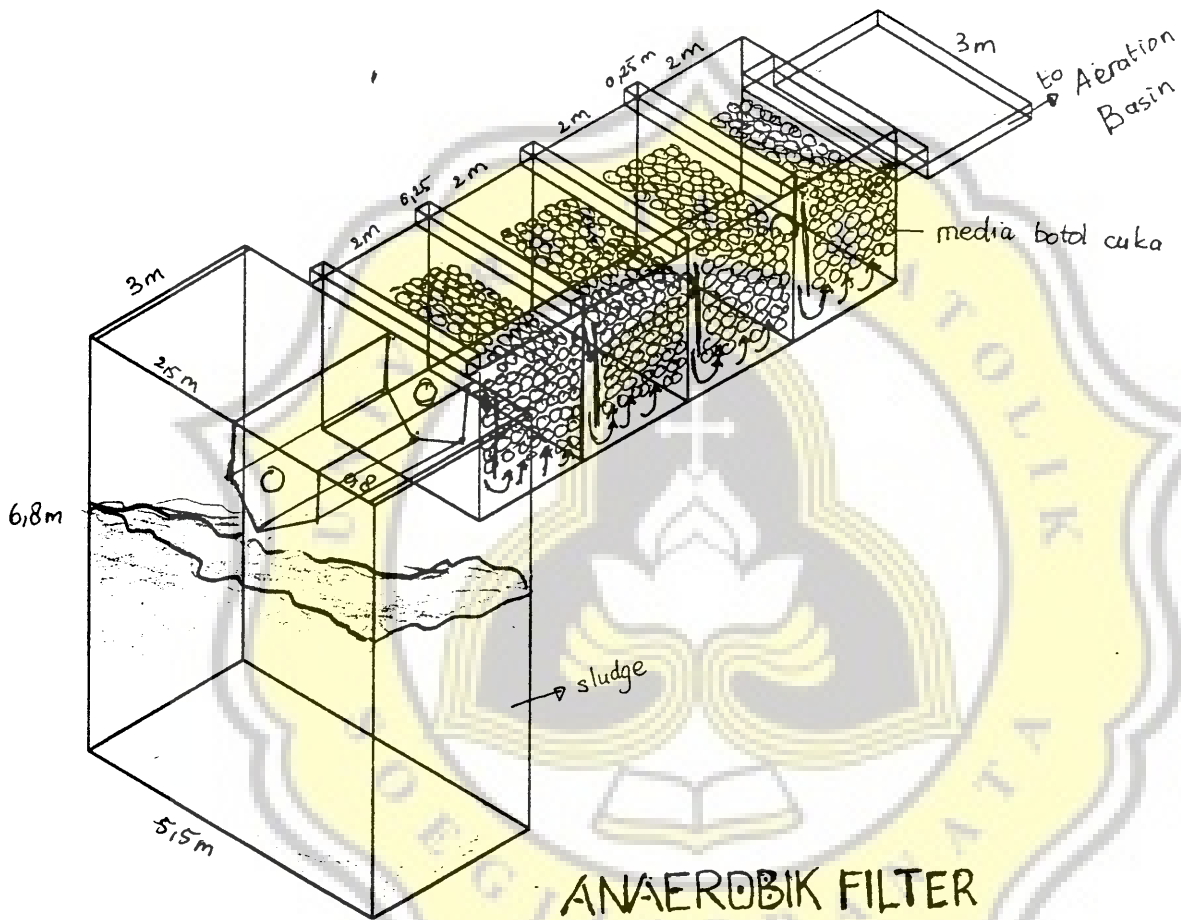
LANJUTAN LAMPIRAN 9



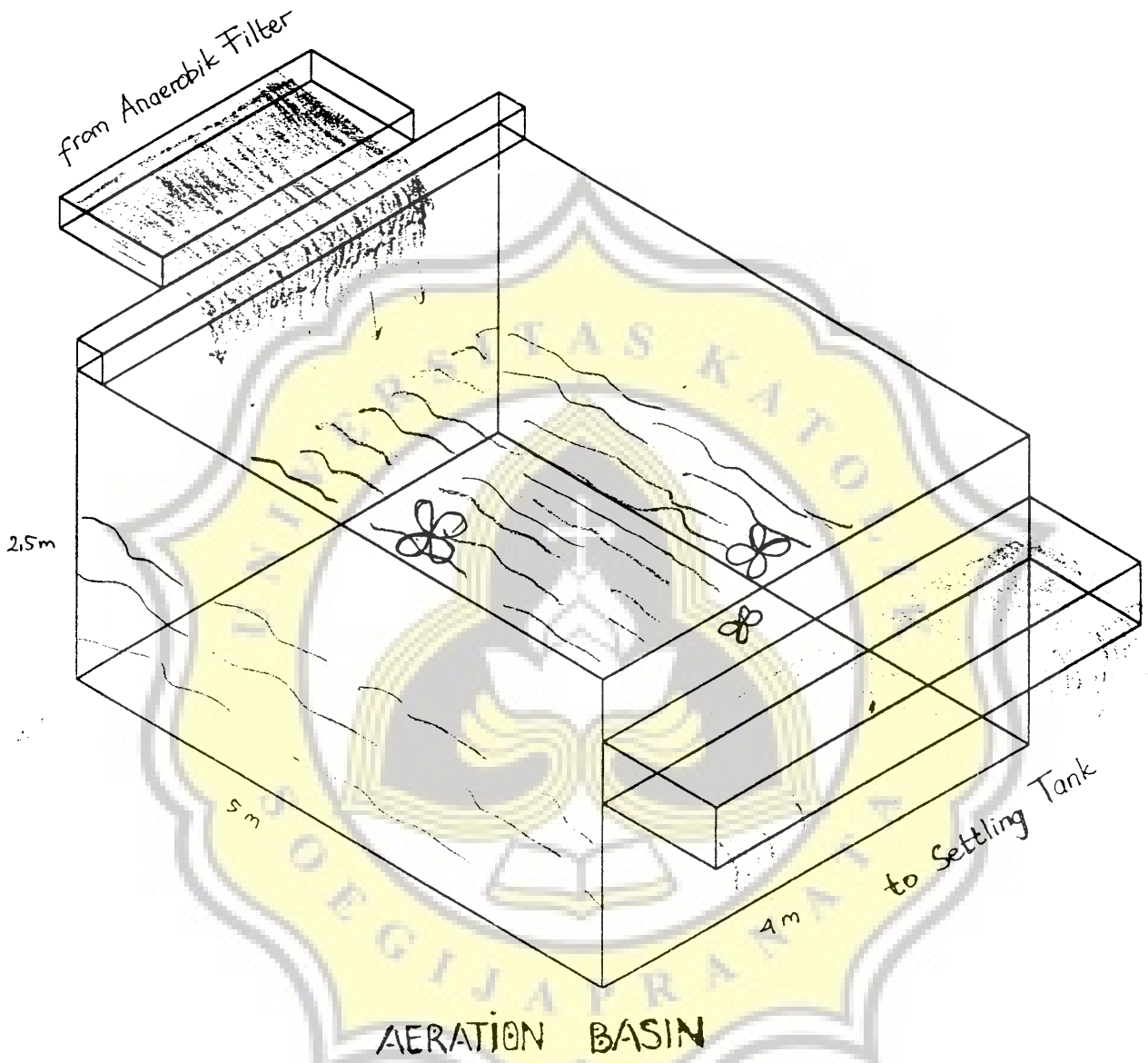
IMHOFF TANK



# LANJUTAN LAMPIRAN 9



LANJUTAN LAMPIRAN 9



LANJUTAN LAMPIRAN 9

