

PERENCANAAN *SLUDGE DRYING BED* LUMPUR IPA PADASAN PDAM TIRTAMARTA KOTA YOGYAKARTA

Luthfi Osama ¹⁾, Jumiati ^{2)*}, Irene AA Suwandhi ³⁾, Retno Susetyaningsih⁴⁾

^{1) 2) 3) 4)}Institut Teknologi Yogyakarta
email: luthfiosama170602@gmail.com ¹⁾jumiat@ity.ac.id^{2)*}
irene12mei@gmail.com³⁾retno.sttl@gmail.com⁴⁾

ABSTRAK

Instalasi Pengolahan Air (IPA) Padasan PDAM Tirtamarta Kota Yogyakarta dalam proses pengolahan air bersih menghasilkan limbah berupa lumpur yang berasal dari proses sedimentasi dan pencucian media filter (*backwash*). Selama ini lumpur hasil pengolahan tersebut belum dikelola secara optimal dan masih dibuang langsung ke badan air, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dan tidak sesuai dengan ketentuan peraturan lingkungan yang berlaku. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya timbulan dan volume lumpur yang dihasilkan serta merencanakan sistem pengolahan lumpur yang sesuai menggunakan metode *Sludge Drying Bed* (SDB) di IPA Padasan PDAM Tirtamarta Kota Yogyakarta.

Metode penelitian yang digunakan meliputi pengumpulan data primer dan sekunder melalui observasi lapangan, wawancara dengan operator IPA, studi dokumentasi, serta analisis data kualitas air khususnya parameter Total Suspended Solid (TSS). Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menghitung timbulan lumpur dan volume lumpur harian. Perencanaan unit pengolahan lumpur dilakukan dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia SNI 7510:2011 serta literatur teknis terkait pengolahan lumpur pada instalasi pengolahan air minum.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit lumpur yang dihasilkan sebesar 9,425 m³/hari dengan debit padatan sebesar 0,047 m³/hari. Berdasarkan hasil perencanaan, sistem pengolahan lumpur yang direncanakan terdiri dari 4 unit *Sludge Drying Bed* dengan dimensi masing-masing 0,65m × 0,65m × 0,90m, serta dilengkapi dengan bak penampung, bak supernatan, dan bak *dry cake*. Penerapan sistem SDB dinilai sesuai untuk kondisi IPA Padasan karena sederhana, serta efektif dalam mengurangi kadar air lumpur sehingga dapat menekan potensi pencemaran lingkungan dan mendukung pengelolaan lumpur yang berkelanjutan.

Kata kunci: lumpur IPA, *Sludge Drying Bed*, TSS, PDAM Tirtamarta.

DESIGN OF *SLUDGE DRYING BED* SYSTEM AT PADASAN WATER TREATMENT PLANT PDAM TIRTAMARTA YOGYAKARTA

ABSTRACT

The Padasan Water Treatment Plant (WTP) operated by PDAM Tirtamarta Yogyakarta generates sludge as a by-product of sedimentation and filter backwashing processes. Currently, the sludge is not adequately treated and is directly discharged into receiving water bodies, which may cause environmental pollution and does not comply with environmental regulations. Therefore, this study aims to determine the amount and volume of sludge generated and to design an appropriate sludge treatment system using the *Sludge Drying Bed* (SDB) method at the Padasan WTP.

The research method involved the collection of primary and secondary data through field observations, interviews with WTP operators, documentation studies, and analysis of water quality data, particularly Total Suspended Solids (TSS). The collected data were analyzed to calculate sludge generation and daily sludge volume. The design of the sludge treatment system was carried out based on the Indonesian National Standard SNI 7510:2011 and relevant technical literature on water treatment sludge management.

The results show that the generated sludge volume is 9.425 m³/day with a solid volume of 0.047 m³/day. Based on the design analysis, the proposed sludge treatment system consists of four *Sludge Drying Bed* units with dimensions of 0,65m × 0,65m × 0.90m, supported by a sludge holding tank, a supernatant tank, and a dry cake storage tank. The SDB system is considered suitable for the Padasan WTP due to its simplicity, and effectiveness in reducing sludge moisture content, thereby minimizing environmental pollution and supporting sustainable sludge management.

Keywords: water treatment sludge, *Sludge Drying Bed*, TSS, PDAM Tirtamarta

PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang harus tersedia secara kuantitas dan kualitas sesuai standar kesehatan. Dalam upaya memenuhi kebutuhan tersebut, Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumda Air Minum) berperan penting sebagai penyedia layanan air bersih bagi masyarakat. Salah satu unit yang memegang peranan vital dalam sistem ini adalah Instalasi Pengolahan Air (IPA), yang berfungsi mengolah air baku menjadi air siap distribusi.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtamarta merupakan salah satu badan usaha milik daerah yang mengelola penyediaan air bersih bagi masyarakat Kota Yogyakarta. Dengan bertambahnya jumlah pelanggan dan meningkatnya kebutuhan air, volume air baku yang diolah di IPA pun mengalami peningkatan. Seiring dengan meningkatnya kapasitas pengolahan, timbunan lumpur sebagai limbah hasil pengolahan juga semakin besar. Lumpur tersebut umumnya berasal dari proses sedimentasi, pencucian media filter (*backwash*), dan lumpur residu hasil koagulasi-flokulasi. Lumpur ini mengandung padatan tersuspensi, sisa koagulan, serta material terperangkap dari air baku. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah lumpur tersebut berpotensi mencemari lingkungan dan mengganggu operasional instalasi pengolahan air.

Permasalahan utama di IPA Padasan PDAM Tirtamarta adalah belum tersedianya sistem pengolahan lumpur yang terintegrasi. Saat ini, lumpur hasil pengolahan masih dibuang langsung ke badan air tanpa perlakuan, yang menimbulkan beberapa dampak serius yaitu, pencemaran lingkungan berupa peningkatan kekeruhan, TSS, dan akumulasi bahan kimia koagulan di badan air, gangguan operasional IPA akibat penumpukan lumpur tanpa sistem penanganan yang memadai. Selain itu, kondisi ini juga bertentangan dengan prinsip-prinsip pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan dan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku yaitu, Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Pasal 11 ayat (1) mengenai kewajiban pengendalian pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan oleh setiap orang atau badan usaha.

Untuk mengatasi persoalan ini, beberapa metode pengolahan lumpur dapat dipertimbangkan, antara lain: *Mechanical Dewatering (belt press, centrifuge, filter press)* mampu mempercepat pengeringan lumpur dengan efisiensi tinggi, tetapi membutuhkan investasi besar, biaya operasi tinggi, pemeliharaan rutin, serta konsumsi energi listrik yang signifikan. *Stabilization Pond / Lagoon* relatif murah dan sederhana, namun memerlukan lahan yang luas, waktu tinggal yang lama, serta berpotensi menimbulkan bau dan pencemaran sekunder jika tidak dikelola dengan baik. *Sludge Drying Bed (SDB)* metode pengeringan lumpur menggunakan media pasir dan kerikil dengan bantuan sinar matahari dan gaya gravitasi. Metode ini sederhana, berbiaya rendah, ramah lingkungan, serta sangat sesuai dengan kondisi iklim tropis Indonesia.

Oleh karena itu, peneliti tertarik merencanakan sistem pengolahan lumpur dengan menggunakan metode *Sludge Drying Bed (SDB)* di IPA Padasan PDAM Tirtamarta untuk meningkatkan keberlanjutan operasional, mengurangi dampak lingkungan, dan mendukung kepatuhan PDAM terhadap regulasi yang berlaku.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode studi litelatur, pengumpulan data primer dan sekunder, survei lapangan dengan menentukan titik pengambilan sampel. Survei lokasi ini dilakukan dengan mengajukan beberapa pertanyaan terkait dengan tujuan yang hendak dicapai. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan pengambilan sampel air di IPA Padasan PDAM Tirtamarta Kota Yogyakarta lalu di uji di laboratorium guna mengetahui kualitas air khususnya *total suspended solid* atau kandungan zat padatan tak terlarut pada pengolahan air di IPA Padasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lumpur IPA Padasan

Lumpur yang dihasilkan pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Padasan PDAM Tirtamarta Kota Yogyakarta berasal dari unit sedimentasi dan proses pencucian balik (*backwash*) filter. Lumpur tersebut mengandung padatan tersuspensi, sisa koagulan, dan partikel koloid yang terakumulasi selama proses pengolahan air baku. Berdasarkan hasil perhitungan, debit lumpur total yang dihasilkan sebesar 9,425 m³/hari, dengan debit padatan sebesar 0,047 m³/hari. Karakteristik lumpur yang encer dan memiliki kadar air tinggi memerlukan sistem pengolahan lanjutan untuk mengurangi volume lumpur sebelum

dibuang atau dimanfaatkan lebih lanjut.

Tabel 1. Hasil Uji TSS

Waktu	Parameter	Kondisi Cuaca	Keterangan	Titik Sampel				
				In Sed	Out Sed	In Filt	Out Filt	Backwash
22/10/25	TSS	Tidak Hujan	(I)	5	1	9	3	149
23/10/25	TSS		(II)	3	2	9	8	
24/10/25	TSS		(III)	3	3	9	12	
25/10/25	TSS	Hujan	(IV)	10	9	11	5	168
26/10/25	TSS		(V)	17	15	9	6	
27/10/25	TSS		(VI)	12	9	10	5	
Rata-rata (mg/l)				8,3	6,5	9,5	6,7	158,5

Sumber: Analisis data, 2025

Sistem Pengelolaan Lumpur dengan *Sludge Drying Bed*

Pengelolaan lumpur pada IPA Padasan direncanakan menggunakan sistem *Sludge Drying Bed* (SDB). Sistem ini bekerja berdasarkan prinsip pengeringan alami, di mana air dalam lumpur akan meresap melalui lapisan media dan sistem *drainase*, sedangkan padatan tertahan di permukaan sebagai *cake* lumpur. Lumpur dari bak penampung dialirkan ke unit SDB, sementara air supernatan yang dihasilkan ditampung pada bak supernatan untuk selanjutnya dikembalikan ke sistem pengolahan.

Tabel 2. Kriteria Desain Bak

No	Parameter	Nilai rata-rata	Satuan
A Bak penampung dan Bak supernatan			
1	Kedalaman (h)	2,5	Meter
2	Panjang x lebar (p x l)	1:1	-
3	Buangan lumpur	1	Per hari
4	<i>Freeboard</i>	0,75	Meter
B Bak dry cake			
1	Debit padatan (Q)	9,425	$m^3/hari$
2	Lebar	7	Meter
3	Ketinggian padatan (h)	1,5	Meter
4	Ketinggian (h)	2,5	Meter
5	<i>Freeboard</i>	1,0	Meter
C Bak Sludge Drying Bed			
1	Ketinggian padatan (h)	0,45	Meter
2	Jumlah bak	4	Bak
3	Waktu pengisian	7	Hari
4	Waktu detensi	14	Hari
5	<i>Freeboard</i>	0,45	Meter

Sumber: SNI 7510:2011

Langkah pertama merencanakan bak *Sludge Drying Bed* adalah menghitung timbunan lumpur dan volume lumpur harian, berikut merupakan hasil perhitungannya:

- Massa padatan dari sedimentasi

$$M_{sed} = \frac{Q \times (C_{in, sed} - C_{out, sed})}{1000} \text{ (kg/hari)} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 1)}$$

$$M_{sed} = \frac{2.331,072 m^3/hari \times (8,3 mg/l - 6,5 mg/l)}{1000} \text{ (kg/hari)}$$

$$M_{sed} = \frac{2.331,072 m^3/hari \times (1,8 mg/l)}{1000} \text{ (kg/hari)}$$

$$M_{sed} = 4,196 \text{ (kg/hari)}$$

- Massa padatan dari *backwash*

$$\begin{aligned} V_{bw/hari} &= 500 m^3 / backwash \times 0,571 backwash/hari \\ &= 500 m^3 \times 0,571 \\ &= 285,71 m^3/hari \end{aligned}$$

$$M_{bw} = \frac{V_{bw} \times C_{bw}}{1000} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 2)}$$

$$M_{bw} = \frac{285,71 m^3/hari \times 158,5 mg/l}{1000}$$

$$M_{bw} = 45,285 \text{ (kg/hari)}$$

- Total massa padatan harian

$$S_{total} = M_{sed} + M_{bw} \text{ (kg/hari)} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3)}$$

$$S_{total} = 4,196 + 45,285 \text{ (kg/hari)}$$

$$S_{total} = 49,481 \text{ kg/hari}$$

Volume lumpur tergantung pada kandungan air serta karakteristik padatan yang ada didalamnya. Hubungan volume serta massa lumpur ini ditulis dalam persamaan berikut (Pratami, 2011):

$$\text{Volume Lumpur (m}^3/\text{hari)} = \frac{S \text{ (kg/hari)}}{\rho_w \times Ssl \times Ps} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 4)}$$

$$V_{lumpur} \text{ (m}^3/\text{hari)} = \frac{49,481 \text{ kg/hari}}{1000 \times (1,05) \times 0,005}$$

$$V_{lumpur} = 9,4249 \text{ m}^3/\text{hari} = 9,425 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Untuk menghitung volume lumpur bulanan, digunakan asumsi jumlah hari dalam satu bulan adalah 30 hari. Maka:

$$V_{bulan} = V_{harian}$$

$$V_{bulan} = 9,425 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari}$$

$$V_{bulan} = 282,75 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

- Bak penampung

Langkah kedua yaitu menghitung dimensi volume dan dimensi bak penampung. Berdasarkan data dari IPA Padasan, frekuensi buangan lumpur dari unit filtrasi (*backwash*) adalah 4 kali dalam satu minggu. Dalam perencanaan ini, frekuensi tersebut disederhanakan menjadi 1 kali pembuangan per hari untuk memudahkan perhitungan dan memberikan faktor keamanan dalam perencanaan volume bak penampung. Bak ini direncanakan menampung setiap buangan, setelah itu lumpur akan di pompa menuju bak *Sludge Drying Bed*. Bak penampung direncanakan berbentuk persegi dan menampung debit harian

$$V_{bak} = V_{lumpur} \times T \dots\dots\dots \text{(Persamaan 5)}$$

$$V_{bak} = 9,425 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1 \text{ periode buangan}$$

$$V_{bak} = 9,425 \text{ m}^3$$

Keterangan:

$$V_{bak} = \text{Volume bak penampung (m}^3\text{)}$$

$$V_{lumpur} = \text{Volume lumpur harian (m}^3/\text{hari)}$$

$$T = \text{Waktu tinggal lumpur (hari)}$$

Safety factor 1,3 (Metcalf & Eddy, 2014):

$$V_{bak} = 9,425 \text{ m}^3 \times 1,3$$

$$= 12,2525 \text{ m}^3 = 12,253 \text{ m}^3$$

$$A_{internal} = \frac{V}{h} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 6)}$$

$$= \frac{12,253 \text{ m}^3/\text{hari}}{2,5 \text{ m}}$$

$$A_{internal} = 4,9012 \text{ m}^2 = 4,9 \text{ m}^2$$

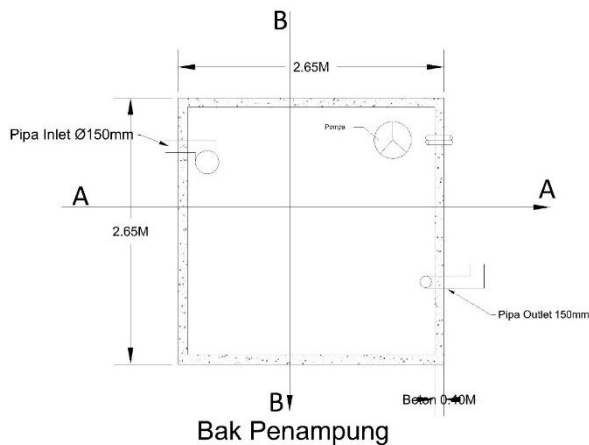
$$\sqrt{A_{internal}} = \sqrt{4,9} = 2,21359 \text{ m} = 2,21 \text{ m}$$

Keterangan:

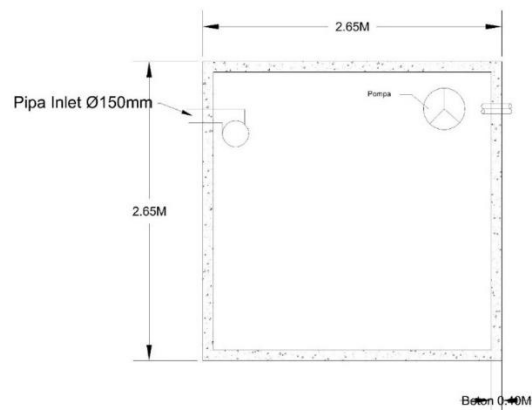
$$h = \text{Kedalaman}$$

$$V = \text{Volume bak}$$

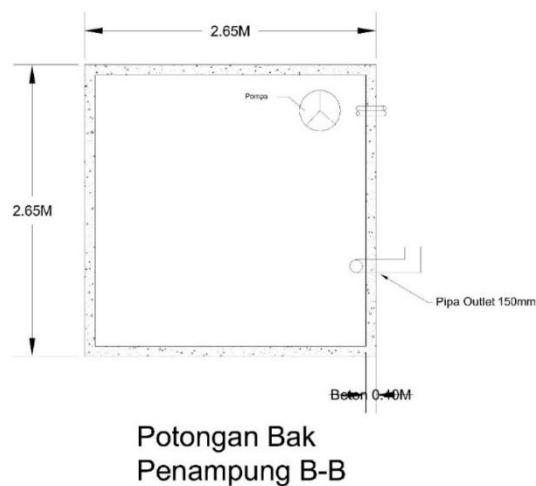
Dimensi eksternal bak penampung (di tambah ketebalan dinding untuk dimensi luar 0,40m).



Gambar 2. Bak penampung tampak atas



Potongan Bak Penampung A-A
Gambar 3. Potongan A-A bak penampung



Potongan Bak Penampung B-B
Gambar 4. Potongan B-B Bak Penampung

- Bak *sludge drying bed*

Langkah ketiga adalah menghitung luas permukaan, volume bak dan dimensi untuk keseluruhan bak *Sludge Drying Bed*, berikut hasil perhitungannya:

- Luas permukaan SDB yang dibutuhkan:

$$V_{padatan} = \text{debit padatan} \times \text{persen padatan} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 7})$$

$$= 9,425 \text{m}^3/\text{hari} \times 0.005$$

$$V_{padatan} = 0,047125 \text{m}^3/\text{hari} = 0,047 \text{m}^3/\text{hari}$$

- Volume padatan tiap bak selama 7 hari:

$$V_{padatan} = 0,047 \times 7 = 0,329 \text{m}^3$$

Luas 1 bak untuk tinggi padatan 450mm = 0,45m (SNI 7510:2011):

$$A' = \frac{\text{volume padatan}}{\text{tinggi padatan}} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 8})$$

$$= \frac{0,329}{0,45}$$

$$= 0,731111 \text{m}^2/\text{bak} = 0,731 \text{m}^2/\text{bak}$$

- Rasio 4:1 (SNI 7510:2011):

$$L = \sqrt{\frac{A}{4}} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 9})$$

$$= \sqrt{\frac{0,731}{4}}$$

$$L = 0,21374m = 0,21m$$

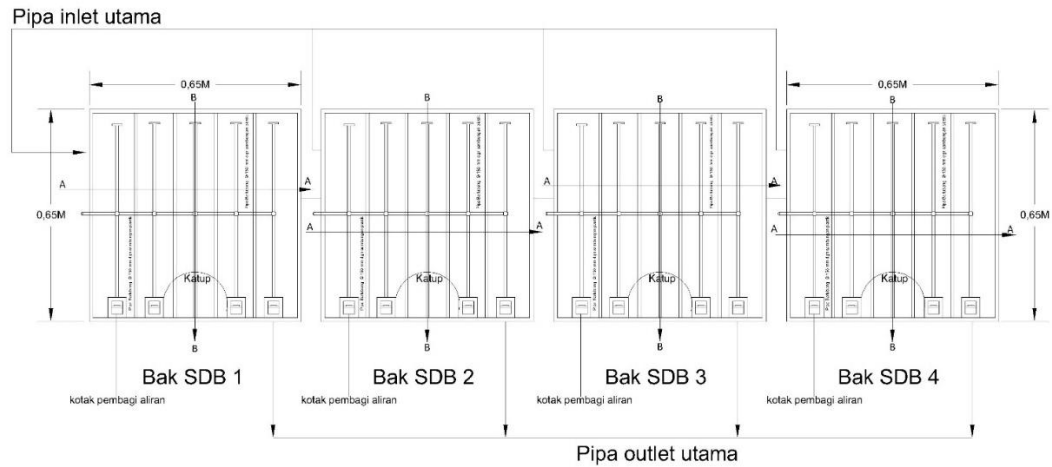
$$P = 4L = 4 \times 0,21m = 0,84m$$

Dimensi eksternal bak *sludge drying bed* (di tambah ketebalan dinding untuk dimensi luar 0,40m).

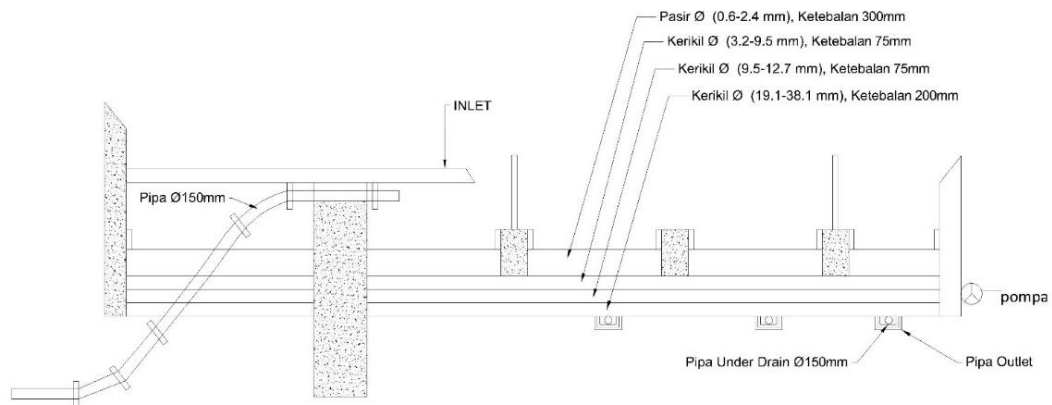
Jadi, dimensi bak *sludge drying bed* $0,65m \times 0,65m \times 0,90m$. Maka kebutuhan luas permukaan untuk keseluruhan bak *Sludge Drying Bed* yaitu:

A bangunan = A' x 4 bak.....(Persamaan 10)

$$A \text{ bangunan} = 0,7m^2 \times 4 \text{ bak} = 2,8m^2$$

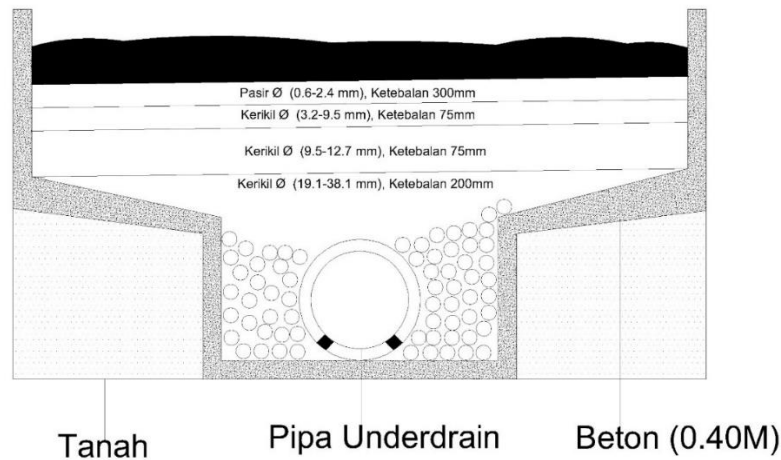


Gambar 5. Bak *Sludge Drying Bed* Tampak Atas



POTONGAN BAK SDB A

Gambar 6. Potongan A-A Bak *Sludge Drying Bed*



Gambar 7. Potongan B-B Bak *Sludge Drying Bed*

- Bak *dry cake*

Langkah keempat adalah menghitung volume padatan dan dimensi bak *dry cake*. Proses pengeringan lumpur direncanakan berlangsung selama 7 hari, dengan waktu pengisian selama 4 hari.

$$V_{padatan} = Q_{padatan} \times n \dots \dots \dots (\text{Persamaan 11})$$

$$= 0,047 \text{ m}^3/\text{hari} \times 7 \text{ hari}$$

$$V_{padatan} = 0,329 \text{ m}^3$$

Keterangan:

$V_{padatan}$ = Volume padatan (m^3)

$Q_{padatan}$ = debit padatan harian (m^3/hari)

n = jumlah hari pengisian (hari)

Safety factor 1,10:

$$A_{design} = 0,329 \text{ m}^3 \times 1,10 = 0,3619 \text{ m}^2 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$A_{internal} = \frac{V}{h} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 12})$$

$$= \frac{0,36 \text{ m}^2}{1,5 \text{ m}}$$

$$A_{internal} = 0,24 \text{ m}^2 = 0,25 \text{ m}^2$$

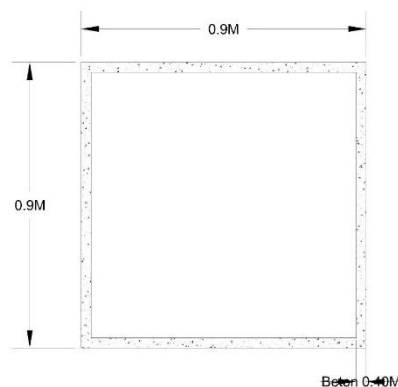
$$\sqrt{A_{internal}} = \sqrt{0,87} = 0,5 \text{ m}$$

Keterangan:

h = Kedalaman

V = Volume bak

Dimensi eksternal bak *dry cake* (di tambah ketebalan dinding untuk dimensi luar 0,40m)



Bak Dry Cake

Gambar 8. Bak *Dry Cake* Tampak Atas

- Bak supernatan

Langkah kelima adalah menghitung volume bak supernatan dan dimensi bak. Bak ini akan

menampung cairan limbah dari bak *Sludge Drying Bed*. Supernatan adalah hasil pengolahan yang memiliki massa jenis yang lebih rendah daripada sebelumnya. Bak supernatan direncanakan berbentuk persegi dan menampung debit harian dengan kriteria seperti pada Tabel 2. Perhitungan bak supernatan mengacu pada (Rahayu, 2020) yaitu:

$$\text{debit harian} = \text{volume lumpur} - \text{debit padatan} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 13})$$

$$= 9,425\text{m}^3/\text{hari} - 0,047\text{m}^3/\text{hari}$$

$$\text{debit harian} = 9,378\text{m}^3/\text{hari}$$

Direncanakan bak supernatan mampu menampung setiap kali buangan sehingga:

$$V_{\text{bak supernatan}} = \text{debit harian} \times \text{periode buangan/hari} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 14})$$

$$= 9,378\text{m}^3/\text{hari} / 1 \text{ kali/hari}$$

$$= 9,378\text{m}^3$$

Safety factor 1,3 (untuk 1x periode buangan/hari):

$$V_{\text{design}} = 9,378 \times 1,3 = 12,1914\text{m}^3 = 12,191\text{m}^3$$

$$A_{\text{internal}} = \frac{V}{h} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 15})$$

$$= \frac{12,191\text{m}^3/\text{hari}}{2,5\text{m}}$$

$$A_{\text{internal}} = 4,8764\text{m}^2 = 4,88\text{m}^2$$

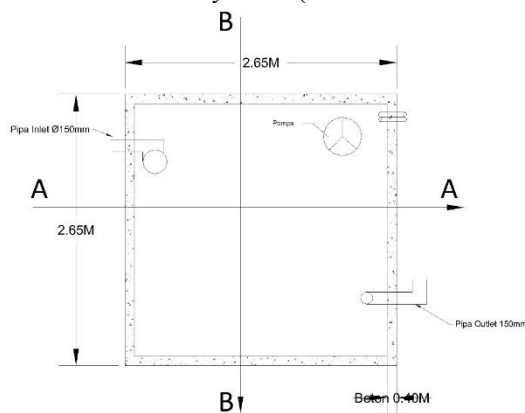
$$\sqrt{A_{\text{internal}}} = \sqrt{4,88} = 2,20907\text{m} = 2,21\text{m}$$

Keterangan:

h = Kedalaman

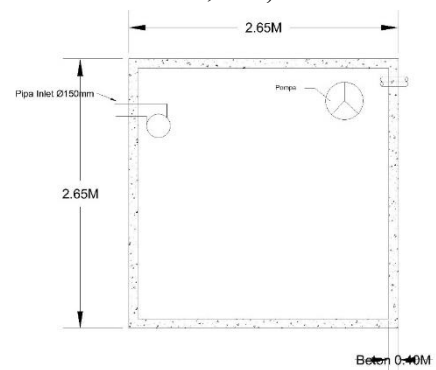
V = Volume bak

Dimensi eksternal bak *dry cake* (di tambah ketebalan dinding untuk dimensi luar 0,40m)



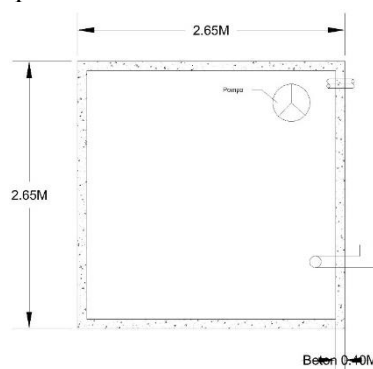
Bak Supernatan

Gambar 9. Bak Supernatan Tampak Atas



Potongan Bak Supernatan A-A

Gambar 10. Potongan A-A Bak Supernatan



Potongan Bak Supernatan B-B

Gambar 11. Potongan B-B Bak Supernatan

- Bak *sludge drying bed* khusus bak penangkap pasir
 Karena bak memiliki dasar miring, maka kedalaman lumpur tidak diambil penuh. Umumnya digunakan

30–40% dari kedalaman total

Diketahui:

$$h_1 = 2\text{m}$$

$$h_2 = 3\text{m}$$

$$P = 8,5\text{m}$$

$$L = 4\text{m}$$

Keterangan:

h = Ketinggian

P = Panjang

L = Lebar

$$h_{rata} = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

$$h_{rata} = \frac{2\text{m} + 3\text{m}}{2} = \frac{5}{2} = 2,5\text{meter}$$

$$h_{lumpur} = 0,4 \times 2,5\text{m} = 1,0\text{m}$$

Rumus menghitung volume lumpur:

$$V_{lumpur} = P \times L \times h_{lumpur}$$

$$V_{lumpur} = 8,5\text{m} \times 4\text{m} \times 1,0\text{m}$$

$$V_{lumpur} = 34\text{m}^3$$

Pengurasan dilakukan selama 6bulan sekali yaitu sama dengan 180 hari:

$$Q_{lumpur} = \frac{34\text{m}^3}{180} = 0,189\text{m}^3/\text{hari} = 0,19\text{m}^3/\text{hari}$$

- Luas permukaan SDB yang dibutuhkan:

$$V_{padatan} = \text{debit padatan} \times \text{persen padatan} \dots\dots\dots (\text{Persamaan 7})$$

$$= 0,19\text{m}^3/\text{hari} \times 0.005$$

$$V_{padatan} = 0,00095\text{m}^3/\text{hari} = 0,001\text{m}^3/\text{hari}$$

- Volume padatan bak selama 7 hari:

$$V_{padatan} = 0,001 \times 7 = 0,007\text{m}^3$$

Luas bak untuk tinggi padatan 450mm = 0,45m (SNI 7510:2011):

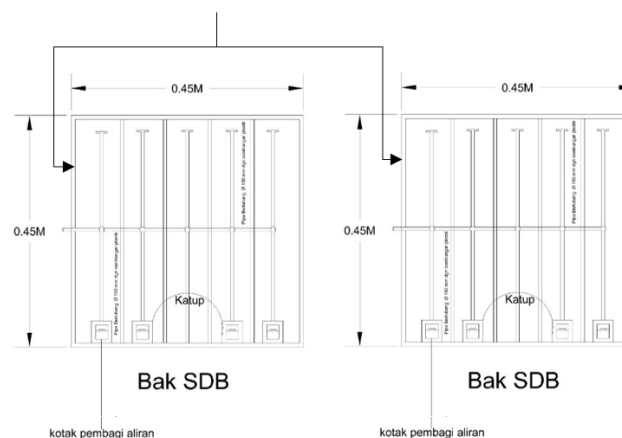
$$A' = \frac{\text{volume padatan}}{\text{tinggi padatan}} \dots\dots\dots (\text{Persamaan 8})$$

$$= \frac{0,007}{0,45}$$

$$= 0,01555\text{m}^2/\text{bak} = 0,016\text{m}^2/\text{bak}$$

- Rasio Square 1:1 (SNI 7510:2011):

Jadi dimensi eksmternal bak SDB (ditambah ketebalan dinding untuk dimensi luar 0,40 cm):



Gambar 12. Bak SDB (untuk Bak Penangkap Pasir)

Tabel 3. Rekapitulasi Ukuran Bak

No	Nama Bak	Panjang	Lebar	Kedalaman	Waktu Penyimpanan
1	Bak Penampung	2,65m	2,65m	3,25m	24jam
2	<i>Sludge Drying Bed</i>	0,65m	0,65m	0,9m	7 hari
3	Bak <i>Dry Cake</i>	0,9m	0,9m	2,5m	28 hari
4	Bak Supernatan	2,65m	2,65m	3,25m	24 jam
5	<i>Sludge Drying Bed</i> (khusus bak penangkap pasir)	0,45m	0,45m	0,9m	7 hari

Hasil Perencanaan Unit *Sludge Drying Bed*

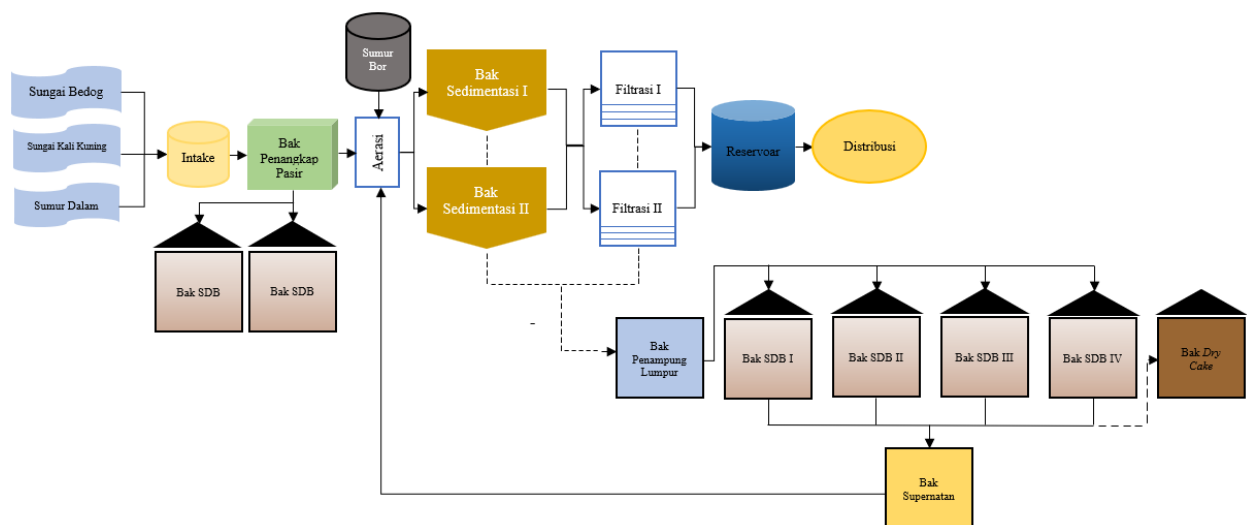
Berdasarkan debit lumpur dan waktu pengeringan yang direncanakan, sistem pengolahan lumpur dirancang menggunakan empat (4) unit *Sludge Drying Bed*. Masing-masing unit memiliki dimensi 0,65 m × 0,65 m × 0,90 m. Jumlah dan dimensi unit tersebut dinilai mampu menampung debit lumpur harian serta memberikan waktu pengeringan yang cukup untuk menghasilkan lumpur kering (*dry cake*).

Pembahasan Efektivitas Sistem

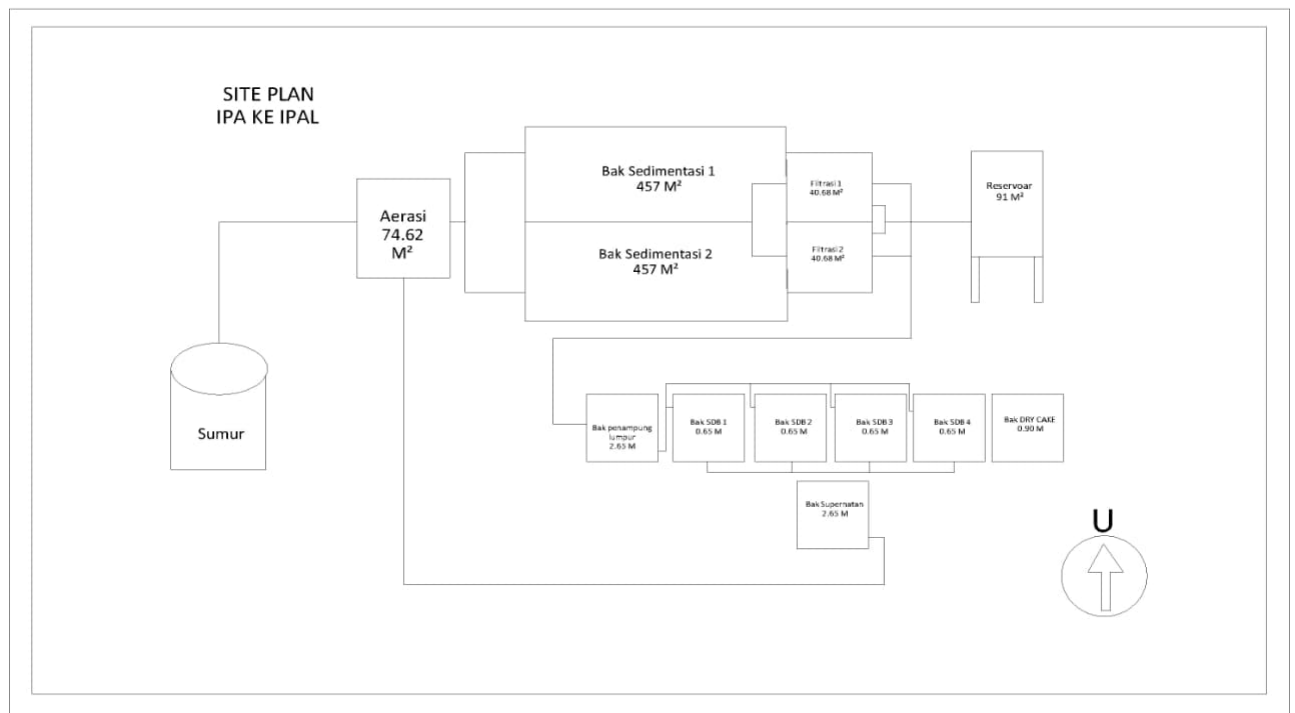
Hasil perencanaan menunjukkan bahwa penggunaan *Sludge Drying Bed* mampu menurunkan volume lumpur secara signifikan melalui proses *dewatering* alami. Lumpur yang semula memiliki kadar air tinggi akan berubah menjadi *cake* lumpur dengan volume yang lebih kecil dan lebih mudah ditangani. Dibandingkan dengan metode pengelolaan lumpur tanpa pengeringan, sistem SDB memiliki keunggulan berupa kemudahan operasional, serta kesesuaian untuk instalasi pengolahan air dengan kapasitas kecil hingga menengah.

Secara umum, perencanaan *Sludge Drying Bed* pada IPA Padasan telah sesuai dengan prinsip pengelolaan lumpur yang direkomendasikan dalam literatur, seperti *Metcalf & Eddy* (2014), sehingga sistem yang direncanakan layak diterapkan dari aspek teknis dan lingkungan.

Diagram Alir Proses IPA ke IPAL



Gambar 13. Diagram Alir IPA ke IPAL



Gambar 14. Site plan IPA ke IPAL

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data operasional IPA Padasan PDAM Tirtamarta Kota Yogyakarta, perhitungan timbunan lumpur, serta perencanaan unit pengolahan lumpur menggunakan *Sludge Drying Bed* (SDB), maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. IPA Padasan menghasilkan lumpur yang berasal dari proses sedimentasi, filtrasi, dan kegiatan *backwash*. Rata-rata TSS pada inlet sedimentasi sebesar 8,3 mg/L, meningkat pada inlet filtrasi sebesar 9,5 mg/L, dan sangat tinggi pada air *backwash* yaitu 158,5 mg/L. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pengolahan menghasilkan beban lumpur yang cukup besar sehingga membutuhkan unit pengolahan lumpur khusus. $V_{lumpur} = 9,425 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} = 282,75 \text{ m}^3/\text{bulan}$
2. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa unit-unit pengolahan lumpur yang dibutuhkan dan telah dirancang meliputi:
 - Bak Penampung: 2,65m × 2,65m × 3,25m (waktu tinggal 24 jam)
 - 4 *Sludge Drying Bed* (SDB): 0,65m × 0,65m × 0,9 m (waktu tinggal 7 hari)
 - 2 *Sludge Drying Bed* (SDB): 0,45m × 0,45m × 0,9 m (waktu tinggal 7 hari) khusus untuk bak penangkap pasir.
 - Bak *Dry Cake*: 0,9 m × 0,9 m × 2,5 m (penyimpanan 28 hari)
 - Bak Supernatan: 2,65 m × 2,65 m × 3,25 m (waktu tinggal 24 jam)

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, R.N., & Saputri, T., & Prayogo, W. (2022). Identification of Sludge Production in Water Treatment Installations of Urban Drinking Water Companies. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 6(1), 35-39. doi: <https://doi.org/10.23969/jcbeem.v6i1.5247>.
- AWWA. 2000. *Water Quality & Treatment: A Handbook of Community Water Supplies*. Edisi ke-5. New York: McGraw-Hill.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2011). *SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2011). *SNI 7509:2011 tentang Proses Pengolahan Air*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- CPHEEO. (2005). *Manual on Operation and Maintenance of Water Supply Systems*. Ministry of Urban Development, Government of India.

- Crites & Tchobanoglous (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*
- Fair, G. M., Geyer, J. C., & Okun, D. A. (1971). *Elements of water supply and wastewater disposal*. New York: John Wiley & Sons.
- Kawamura, S. 2000. *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*. Edisi ke-2. New York: John Wiley & Sons.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4/PRT/M/2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Kurniawan, A. (2018). *Perencanaan Sludge Drying Bed (SDB) untuk Lumpur IPA Kapasitas 100 L/detik*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional.
- Metcalf & Eddy, Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. L. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Montgomery Watson Harza. (2012). *Water treatment and design*. John Wiley & Sons.
- Mulyani, M., & Solikhin, M. (2018). Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Babakan Karet Kabupaten Cianjur Menggunakan Kolam Stabilisasi Tahun 2017. *Jurnal Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan*, 5(2), 24-39, ISSN: 2614-2635. <https://jurnal.pelitabangsa.ac.id/index.php/jtpl/article/view/488>
- Mulyanto, R., Prasetyo, B., & Ramadhani, F. (2023). Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur IPA Parit Mayor Pontianak. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 12(1), 45–52.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Lembaran Negara Republik Indonesia.
- Pratami, M.W.R. (2011). Perencanaan Sistem Pengolahan Lumpur IPA Pejompongan I dan II Jakarta. *SKRIPSI*, Universitas Indonesia. <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20296338>
- Qomariyah, R. (2021). *Teknologi pengolahan air limbah*. Graha Ilmu.
- Rahayu, S.R., Pribadi, A., Nengse, S., Setyowati, D.N., & Utama, T.T. (2020). Perencanaan Unit Pengolahan Lumpur di Instalasi Pengolahan Air Minum X Kota Surabaya. *Jurnal TeknologiTechnoscientia*, 13(1), 76-82. doi: <https://doi.org/10.34151/technoscientia.v13i1.3035>.
- Sigalingging, Y. E. (n.d.). Evaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Margasari di Kota Balikpapan.
- Soemirat, J. (2014). *Kesehatan lingkungan*. Andi Offset.
- Sugiharto. (1987). *Prinsip dasar teknik pengolahan limbah cair*
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (4th ed.). Boston: McGraw-Hill