

## **Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah**

*Planning Of Wastewater Treatment Installation (IPAL) UPT Health  
Laboratory, Central Kalimantan Province Health Department*

**Muhammad Iqbal Maulana<sup>1</sup> Hendro Suyanto<sup>2</sup> Allan Restu Jaya<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya Jl. Yos Sudarso  
Palangka Raya

Email : [Iqballanjas12@gmail.com](mailto:Iqballanjas12@gmail.com)

<sup>2</sup>Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya Jl. Yos Sudarso  
Palangka Raya

Email : [hendrosuyanto09@gmail.com](mailto:hendrosuyanto09@gmail.com)

<sup>3</sup>Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya Jl. Yos Sudarso  
Palangka Raya

Email : [allanrestujaya@gmail.com](mailto:allanrestujaya@gmail.com)

### **Abstrak**

Laboratorium merupakan wadah untuk membuktikan sesuatu yang harus dilakukan melalui suatu percobaan, yang menghasilkan limbah cair maupun limbah padat yang seharusnya diolah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terlebih dahulu sebelum dibuang kembali. Limbah yang tidak tertangani dengan baik akan mencemari lingkungan di sekitar Laboratorium tersebut. Laboratorium ini sudah memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dibangun tahun 2021, namun pengolahan tidak optimal dikarenakan aliran debit air limbah di laborarotium terlalu rendah sehingga perlunya perencanaan ulang pada IPAL. Tahapan perencanaan ini meliputi pada analisis perhitungan air bersih, perhitungan air limbah yang dikeluarkan, perhitungan desain kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dan perhitungan rencana anggaran biaya. Dari hasil perencanaan didapat kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebesar 3 m<sup>3</sup>/hari, dilakukan perbandingan dengan kondisi eksisting, sedangkan untuk biaya yang telah direncanakan sebesar Rp.88.680.000,00 dengan perencanaan ini diharapkan hasil olahan dapat memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.

**Kata Kunci:** IPAL; laboratorium; perencanaan

### **Abstract**

*The laboratory is a place to prove something that must be done through an experiment, which produces liquid waste and solid waste that should be treated at the Waste Water Treatment Plant (WWTP) before being discharged again. Waste that is not handled properly will pollute the environment around the laboratory. This laboratory already has a Waste Water Treatment Plant (IPAL) which was built in 2021, but the processing is not optimal because the flow of wastewater discharge in the laboratory is too low, so it is necessary to redesign the WWTP. This planning stage includes analysis of clean water calculations, calculation of waste water released, calculation of the design capacity of the Waste Water Treatment Plant (WWTP), and the calculation of the budget plan. From the planning results, the capacity of the Waste Water Treatment Plant (WWTP) is 3 m<sup>3</sup>/day, a comparison is made with the existing conditions, while for the planned cost of Rp.88.680.000,00 With this planning, it is hoped that the processed products can meet the quality standards that have been set.*

**Keywords:** IPAL; laboratorium; planning

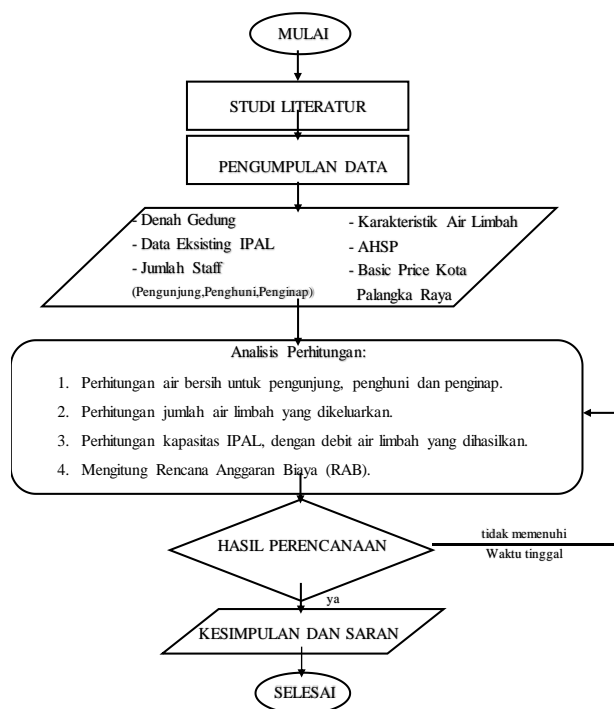
## PENDAHULUAN

Laboratorium kesehatan adalah sarana kesehatan yang melaksanakan pengukuran, penetapan dan pengujian terhadap bahan yang berasal dari manusia atau bahan bukan berasal dari manusia untuk penentuan jenis penyakit, penyebab penyakit, kondisi kesehatan atau faktor yang dapat berpengaruh pada kesehatan perorangan dan masyarakat (Menurut Keputusan Menteriin)

Informasi yang didapat sehubungan dengan jumlah penghuni/pegawai UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah adalah berjumlah 31 Jiwa, 31 jiwa ini adalah pengguna rutin sanitasi serta menghasilkan air limbah. Air limbah yang dihasilkan UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah, ialah Limbah yang bersifat non medis. proses. Air limbah laboratorium dapat mencemari air permukaan melalui proses peresapan air dalam tanah. Berdasarkan peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor :18 Tahun 1999, bahwa unsur yang terkandung dalam air limbah Laboratorium termasuk senyawa bahan berbahaya dan beracun(B3).

## METODE

Tahapan Perencanaan adalah sebagai berikut



Gambar 1. Bagan Alir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Ruangan Penghasil Limbah Cair

Tabel 1. Data Ruangan Penghasil Limbah Cair

No.	Nama Ruangan
1	Ruang Atomic Absobtion Spectrophotometer
2	Lab Kimia Lingkungan
3	Ruang Adm Media & Regensia
4	Ruang Lab Kimia Klinis
5	Ruang Patologi
6	Ruang Ganti Baju
7	Ruang Tata Usaha
8	Ruang Kepala UPT
9	Ruang Keuangan
10	Ruang Pengambilan Sample

Sumber : Hasil survey 2022

### Data Penghuni, Peningap, Pengunjung

Tabel 2. Data Jumlah Orang

NO.	Jenis Orang	Jumlah
1	Penghuni	31 Jiwa
2	Peningap	2 Jiwa
3	Pengunjung	5 Jiwa

Sumber : Hasil survey 2022

### Penaksiran Kebutuhan Air Bersih Penghuni, Peningap, Pengunjung Penaksiran Kebutuhan Air Bersih Untuk Penghuni

Berikut perhitungan air bersih untuk penghuni  
 Jumlah penghuni = 31 Jiwa  
 Pemakaian air rata-rata orang perhari untuk Laboratorium = 100-200 liter (SNI 03-6481-2000)  
 Dari hasil interview dipakai 100 liter/hari untuk pemakaian air rata-rata per orang.  
 $= 31 \text{ jiwa} \times 100 \text{ ltr}$   
 $= 3100 \text{ ltr/hari}$   
 Jadi, dari hasil perhitungan di atas didapatkan kebutuhan air bersih untuk penghuni adalah 3100 ltr/hari atau dikonversikan menjadi  $3,1 \text{ m}^3/\text{hari}$ .

### Penaksiran Kebutuhan Air Bersih Untuk Peningap

Berikut perhitungan air bersih untuk peningap :  
 Jumlah peningap = 2 Jiwa  
 Pemakaian air rata-rata orang perhari untuk Laboratorium = 100-200 liter (SNI 03-6481-2000)  
 Dari hasil interview dipakai 100 liter/hari untuk pemakaian air rata-rata per orang.  
 $= 2 \text{ jiwa} \times 100 \text{ liter}$   
 $= 200 \text{ ltr/hari}$

Jadi, dari hasil perhitungan di atas didapatkan kebutuhan air bersih untuk penginap adalah 200 ltr/hari dikonversikan menjadi 0,2 m<sup>3</sup>/hari

**Penaksiran Kebutuhan Air Bersih Untuk Pengunjung**

Berikut perhitungan air bersih untuk pengunjung :

Jumlah pengunjung = 5 Jiwa  
Pemakaian air rata-rata orang perhari untuk Laboratorium = 100-200 Ltr (SNI 03-6481-2000)

Dari hasil interview dipakai 100 liter/hari untuk pemakaian air rata-rata per orang.

$$= 5 \text{ jiwa} \times 100 \text{ liter} \times 5 \%$$

$$= 36 \text{ ltr/hari}$$

Jadi, dari hasil perhitungan di atas didapatkan kebutuhan air bersih untuk penghuni adalah 36 ltr/hari atau dikonversikan menjadi 0,036 m<sup>3</sup>/hari.

Tabel 2. Rekapitulasi Kebutuhan Air

NO.	Jenis Pemakai	Kebutuhan Air
		(ltr/hari)
1	Penghuni	3100
2	Penginap	200
3	Pengunjung	36
JUMLAH		3336

Sumber: hasil perhitungan 2022

Jangka waktu pemakaian rata-rata sehari menurut Soufyan Moh. Noerbambang dan Taeko Morimura (2005) untuk jenis Laboratorium adalah 8 Jam. Jadi pemakaian air rata-rata selama 8 jam :

$$Q_h = Q/8$$

$$Q_h = 3336/8$$

$$Q_h = 417 \text{ ltr/jam} \approx 0,417 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pemakaian air pada jam puncak menggunakan rumus :

$$Q_{h \text{ max}} = Q_{hm} \times fjm \text{ (jimmy S. juwana, 2004)}$$

$Q_{h \text{ max}} =$   
pemakaian air pada harian maksimum (m<sup>3</sup>/hari)

fjm = faktor jam maksimum : 1,5 sampai 4.

Jadi pemakaian air pada jam puncak dengan c1 adalah 2.

$$Q_{h \text{ max/jam}} = Q_{h \text{ max/jam}} \times fjm$$

$$= 417 \times 2$$

$$= 834 \frac{\text{ltr}}{\text{jam}} \approx 0,834 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Untuk pemakaian air pada jam puncak dengan c2 adalah 3.

$$Q_{h \text{ max}/\text{menit}} = Q_{h \text{ max}/\text{jam}} \times fjm$$

$$= 417 \times 3/60$$

$$= 0,02085 \text{ ltr}/\text{menit}$$

**Perhitungan Penggunaan Air Buangan/ Air limbah**

Untuk Penghuni, Maka :

$$= Q \times 80\%$$

$$= 3100 \times 80\%$$

$$= 2480 \text{ ltr}/\text{hari} \approx 2,48 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Untuk Penginap, Maka :

$$= Q \times 80\%$$

$$= 200 \times 80\%$$

$$= 120 \frac{\text{ltr}}{\text{hari}} \approx 0,16 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}$$

Untuk Pengunjung, Maka :

$$= Q \times 80\%$$

$$= 36 \times 80\%$$

$$= 28,8 \frac{\text{ltr}}{\text{hari}} \approx 0,228 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}$$

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Debit Air Buangan/Limbah

No.	Jenis Pemakai	Kebutuhan Air	Debit Air
		(ltr/hari)	Limbah (ltr/hari)
1	Penghuni	3100	2480
2	Penginap	200	160
3	Pegunjung	36	28.8
Jumlah		3336	2668,8

Sumber: hasil perhitungan 2022

Berdasarkan data debit air limbah UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah di atas, dapat disimpulkan bahwa debit air buangan /limbah yang di hasilkan sebesar 2668,8 ltr/hari. Dikarenakan kenaikan beban atau ketika sedang ada permintaan lebih tidak terlalu signifikan sehingga di bulatkan menjadi 3 m<sup>3</sup>/hari.

**Desain IPAL yang di rencanakan**

Kapasitas Rencana Desain adalah sebagai berikut:

- Kapasitas Pengolahan : 3 m<sup>3</sup>/hari. = 0,125 m<sup>3</sup>/jam.
- Sistem Proses IPAL: Biofilter Anaerob – Aerob
- BOD Air Limbah : 20,06 mg/l (Sumber: Hasil Uji Air Limbah)
- pH : Normal

**Desain Bak Pemisah Lemak/Minyak**

Kriteria perencanaan : Retention Time ± 1-3 jam  
Debit air limbah : 3 m<sup>3</sup> per hari = 0,125 m<sup>3</sup> /jam

<https://doi.org/10.26740/teknisi.v5n1.p7-12>

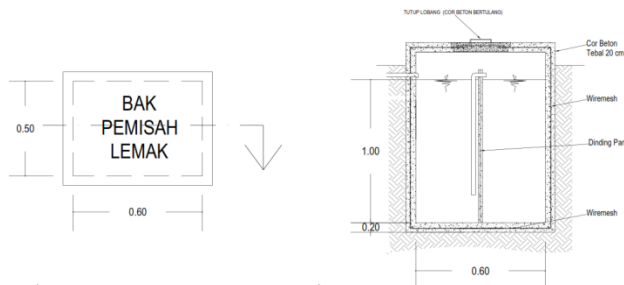
Volume Efektif Bak =  $0,125 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2,5 \text{ jam} = 0,312 \text{ m}^3$

Direncanakan Dimensi Bak :

Panjang Efektif	= 0,6 m
Lebar	= 0,5 m
Kedalaman air	= 1,0 m
Ruang Bebas	= 0,2 m
Volume Efektif	= $0,30 \text{ m}^3$

Cek : Waktu tinggal air limbah di dalam bak =  $0,312 \text{ m}^3 / 0,125 \text{ m}^3/\text{jam} = 2,4 \text{ jam}$

Sketsa desain bak pemisah lemak dapat dilihat seperti pada Gambar 2



**Gambar 2.** Bak pemisah lemak (Tampak Atas dan Potongan)

### Desain Bak Ekualisasi

Waktu Tinggal di dalam Bak (HRT) = 5-8 Jam. Diambil asumsi 5.5 jam untuk waktu tinggal.

Volume bak Yang diperlukan =  $\frac{5.5}{24} \text{ hari} \times 3 \text{ m}^3 / \text{hari} = 0,7 \text{ m}^3$

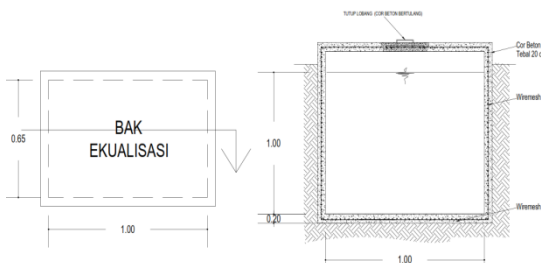
Direncanakan Dimensi Bak :

Kedalaman bak	= 1,0 m
Lebar bak	= 0,65 m
Panjang bak	= 1,0 m
Tinggi Ruang Bebas	= 0,2 m

Cek Waktu Tinggal :

HRT di dalam Bak =  $\frac{(1 \text{ m} \times 0,65 \text{ m} \times 1 \text{ m})}{3 \text{ m}^2 / \text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 5,2 \text{ jam}$

Desain bak ekualisasi ditunjukkan seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Bak Ekualisasi (Tampak Atas dan Potongan)

### Desain Bak Penampung Awal

Debit air limbah:  $3 \text{ m}^3 / \text{hari} = 0,13 \text{ m}^3/\text{jam}$

BOD masuk = 21,06 mg/l

Efisiensi = 20 % (Sumber: Tabel 2.5)

BOD keluar = 16,84 mg/l (21,06 mg/l – 20%)

Waktu tinggal di dalam bak = 5 jam

Volume bak yang diperlukan =  $\frac{5}{24} \times 3 \text{ m}^3 = 0,6 \text{ m}^3$

Direncanakan Dimensi Bak :

Lebar	= 0,8 m
Kedalaman air efektif	= 1,0 m
Panjang	= 0,75 m
Tinggi ruang bebas	= 0,2 m

Volume efektif =  $0,75 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} = 0,6 \text{ m}^3$

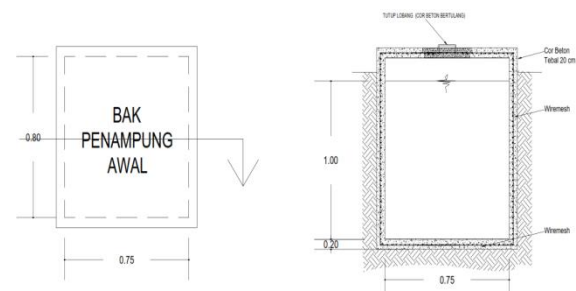
Cek waktu tinggal (*retention time*) rata-rata =  $\frac{0,6 \text{ m}^3}{0,13 \text{ m}^3/\text{jam}} = 4,6 \text{ jam}$

Beban permukaan (*surface loading*) rata-rata

=  $\frac{3 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,75 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}} = 5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}$

Standar JWWA:

Beban permukaan (*surface loading*) = 20 – 50  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$  (JWWA)



**Gambar 4.** Bak Pengendap Awal (Tampak Atas dan Potongan)

### Desain Biofilter Anaerob

BOD masuk = 16,84 mg/l

Efisiensi = 66,7 % (Sumber: Tabel 2.5)

BOD keluar = 5,60 mg/l (16,84 mg/l – 66,7%)

Debit limbah =  $3 \text{ m}^3 / \text{hari}$

Menurut Nusa Idaman. Said, BPPT, 2002

Untuk pengolahan air dengan proses biofilter standar beban BOD per volume media 0,4 – 4,7 kg BOD/ $\text{m}^3 \cdot \text{hari}$ . ditetapkan beban BOD yang digunakan adalah 0,75 kg BOD/ $\text{m}^3 \cdot \text{hari}$ .

Beban BOD di dalam air limbah =  $3 \text{ m}^3/\text{hari} \times 560 \text{ g}/\text{m}^3 = 1,68 \text{ kg}/\text{hari}$

Volume media yang diperlukan =  $\frac{1,68 \text{ kg}/\text{hari}}{0,75 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}} = 2,2 \text{ m}^3$

Volume media = Berdasarkan Departemen PU, Pd-T-04-2005-C, 2005 sebesar 67% dari volume efektif

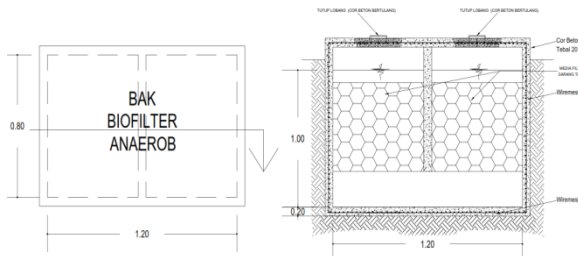
Volume reaktor yang diperlukan =  $100/60 \times 2,2 \text{ m}^3 = 3,6 \text{ m}^3$

Waktu tinggal di dalam reaktor anaerob =  $\frac{3,6 \text{ m}^3}{3 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 28,8 \text{ jam}$

Dimensi:

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p7-12>

Lebar = 0,8 m  
Kedalaman air = 1,0 m  
Panjang = 1,2 m  
Tinggi ruang bebas = 0,2 m  
Volume total = 1,2 m x 1,0 m x 0,8 m = 1,0 m<sup>3</sup>  
Jumlah ruang = dibagi menjadi 2 ruangan  
Cek waktu tinggal (*retention time*) rata-rata  
$$= \frac{1,0 \text{ m}^3}{0,13 \text{ m}^3/\text{jam}} = 7.6 \text{ jam}$$



**Gambar 5.** Bak Biofilter Anaerob (Tampak Atas dan Potongan)

**Desain Biofilter Aerob**  
**Perhitungan Dimensi Bak**

Debit limbah = 3 m<sup>3</sup>/ hari = 0,125 m<sup>3</sup>/ jam  
BOD masuk = 5,60 mg/l  
Efisiensi = 60 % (Sumber: Tabel 2.5)  
BOD keluar = 2,24 mg/l (5,60 mg/l – 60%)  
Beban BOD di dalam air limbah = 3 m<sup>3</sup>/ hari x 224 g/m<sup>3</sup> = 672 g/hari = 0,672 kg/hari  
Jumlah BOD yang dihilangkan = 0,8 x 0,672 kg/hari = 0,5378 kg/ hari  
Beban BOD per volume media yang digunakan = 0,75 kg/m<sup>3</sup>.hari  
Volume media yang diperlukan =  $\frac{0,5378 \text{ kg/hari}}{0,75 \text{ kg/m}^3.\text{hari}} = 0,7 \text{ m}^3$ .

Volume media = 40% dari volume reaktor →  
Volume reaktor biofilter aerob yang diperlukan =  $\frac{100}{40} \times 0,7 \text{ m}^3 = 1,75 \text{ m}^3$

Biofilter aerob terdiri dari dua ruangan yakni ruang aerasi dan ruang bed media.

Dimensi reaktor biofilter aerob ditetapkan:

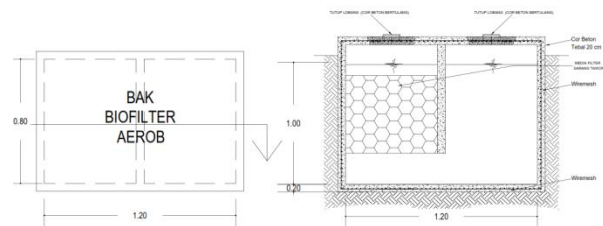
Ruang aerasi dan bed media

Lebar = 0,8 m  
Kedalaman air efektif = 1,0 m  
Panjang = 1,2 m  
Tinggi ruang bebas = 0,2 m

Total volume efektif biofil aerob = 1,2 m x 1,0 m x 0,8 m = 1,0 m<sup>3</sup>

Cek:

Waktu tinggal total rata-rata =  $\frac{1,0}{3} \times 24 \text{ jam} = 8 \text{ jam}$



**Gambar 6.** Bak Biofilter Aerob (Tampak Atas dan Potongan)

**Desain Bak Penampung Akhir**

Debit Limbah = 3 m<sup>3</sup>/hari  
BOD Masuk = 2,24 mg/l  
BOD keluar = 2,24 mg/l  
Waktu Tinggal Di dalam Bak = 5 jam

Volume bak yang diperlukan =  $\frac{5}{24} \times 3 \text{ m}^3 = 0,6 \text{ m}^3$

Dimensi :

Lebar = 0,8 m  
Kedalaman air efektif = 1,0 m  
Panjang = 0,8 m  
Tinggi ruang bebas = 0,2 m

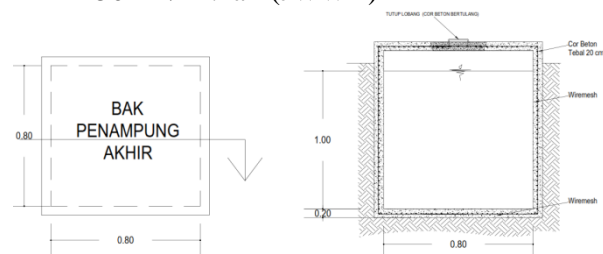
Volume Efektif = 0,8 m x 1,0 m x 0,8 m = 0,64 m<sup>3</sup>

Chek Waktu Tinggal (*Retention Time*) rata-rata =  $\frac{0,64 \text{ m}^3}{0,13 \text{ m}^3/\text{jam}} = 4,9 \text{ jam}$

Beban permukaan (*Surface Loading*) =  $\frac{3 \text{ m}^3}{0,8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}} = 4.6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$

Standar JWJA:

Beban permukaan (*surface loading*) = 20 – 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari (JWJA)



**Gambar 7.** Bak Penampung Akhir (Tampak Atas dan Potongan)

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), didapatkan kesimpulan sebagai berikut merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah, dengan cara menghitung debit buangan air limbah. Setelah diketahui debit air limbahnya maka dapat diketahui kapasitas IPAL.

Eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah, Kapasitas pengolahannya sebesar 5 m<sup>3</sup>/hari.

Dari Hasil Analisis perhitungan didapat kapasitas pengolahan bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebesar 3 m<sup>3</sup>/hari. Hasil perhitungan untuk menentukan dimensi : Bak pemisah lemak/minyak = 0,312 m<sup>3</sup>, Dimensi Bak pemisah lemak/minyak (0,60 m x 0,5 m x 1,0 m). Bak Ekualisasi = 0,7 m<sup>3</sup>, Dimensi Bak Ekualisasi (1 m x 0,65 m x 1,0 m). Bak Penampung Awal = 0,6 m<sup>3</sup>. Dimensi Bak penampung awal (0,8 m x 1,0 m x 0,75 m). Bak Biofilter Anerob = 1,0 m<sup>3</sup>, Dimensi Bak Anerob (0,8 m x 1,0 m x 1,2 m). Bak Biofilter Aerob = 1,0 m<sup>3</sup>, Dimensi Bak Aerob (0,8 m x 1,0 m x 1,2 m). Bak Penampung Akhir = 0,6 m<sup>3</sup>, Dimensi Bak penampung awal (0,8 m x 1,0 m x 0,8 m).

Rencana anggaran biaya untuk bangunan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah adalah sebesar Rp.88.680.000,00 (delapan puluh delapan juta enam ratus delapan puluh ribu rupiah).

## REFERENSI

- Anonim. 1996. Kriteria Perencanaan Pengelolaan Air. Ditjen. Cipta karya Dinas Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1996. Kriteria Perencanaan Pengelolaan Air. Ditjen. Cipta karya Dinas Pekerjaan Umum.
- Anonim. 2017. Tata Cara Perencanaan Tangki Septik. SNI 2398-2017. Badan Standarisasi Nasional.
- Arvin, E., P. Harremoes. "Concepts and Models For Biofilm Reactor Performance". *Water Science and Technology*. Vol. 22, No. ½.P.171-192. 1990.
- Herlambang, A, dkk. 2002. Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jakarta Pusat: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*.
- Noerbambang, SM, Morimura, T. 1993. Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing. *Jakarta: PT Pradnya Paramita*.
- Todar, E. Y. T., Nomeritae, N., & Kamiana, I. M. 2021. Perubahan Parameter Hidrolis Pada Drainase Primer Dengan Dinding Alami Akibat Sampah Padat. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(2), 71-76.
- Said, INI, Wudayat, W. 2013. Teknologi Pengolahan air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Biofilter Anaerob-aerob. *Jakarta Pusat: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*.
- Said, INI, Widayat, W. 2019. Teknologi dan Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob. *Yogyakarta: Gosyen Publishing*
- Yenti, 2022. Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit ST Carolus Jakarta. Depok : Jakarta.