

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Metode Biofilter Anaerob-Aerob pada Perumahan PU Penjernihan Kota Makassar

Rahmatiah¹, Novayanti², Yasnawi Idrus³, Sudarman Supardi⁴, Ilham Syafei⁵

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231
Email: ¹rahmatiahtia100499@ac.id; ²novayanti6300@gmail.id; ³yasnawi.idrus@umi.ac.id;
⁴Sudarman.supardi@umi.ac.id; ⁵Ilham.syafei@umi.ac.id

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk di Kota Makassar yang terus meningkat tiap tahunnya sejalan dengan meningkatnya masalah air limbah domestik yang merupakan permasalahan klasik setiap kota termasuk di Kota Makassar. Kawasan perumahan PU penjernihan yang terletak di Jl. Penjernihan Raya, Pandang Kecamatan Panakkukang masih menggunakan sistem pengolahan air limbah setempat dengan pengolahannya diserahkan kepada masyarakat sebagai rumah tangga menggunakan sistem pengolahan berupa tangki septik dan drainase untuk air limbah jenis *gray water* yang langsung dibuang ke badan air penerima. Sistem pembuangan seperti ini berdampak besar pada penurunan kualitas lingkungan. Untuk menyiasati fenomena ini dibutuhkan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan sistem terpusat. Melalui penerapan sistem ini diharapkan dapat meminimalisir tingkat pencemaran yang terjadi pada badan air Sungai Tallo. Dalam penelitian ini, dilakukan perancangan IPAL yang melayani satu perumahan dengan jumlah penduduk kurang lebih 200 kk dan debit mencapai 72 m³/hari. Metode IPAL yang digunakan adalah biofilter anaerob-aerob dengan media plastic sarang tawon, dalam pengolahan biofilter terdapat beberapa unit bak pengolah diantaranya bak pengumpul, pemisah lemak, ekualisasi, pengendapan awal, anaerob, aerob, pengendapan akhir dan bak klorinasi dengan total volume bak (IPAL) terpusat adalah 249,975 m³.

Kata Kunci: Perencanaan IPAL, biofilter, sarang tawon

ABSTRACT

Population growth in Makassar City which continues to increase every year is in line with the increasing problem of domestic wastewater which is a classic problem for every city, including Makassar City. Purification PU housing area located on Jl. Penjernihan Raya Pandang Panakkukang sub-district still uses a local wastewater treatment system with the processing being handed over to the community as households using a treatment system in the form of a septic tank and drainage for gray water type wastewater which is directly discharged into the receiving water body. Disposal systems like this have a major impact on environmental degradation. To deal with this phenomenon, a wastewater treatment plant (WWTP) with a centralized system is needed. With the application of this centralized treatment system, it is expected to minimize the level of pollution that occurs in the water body of the Tallo River. In this study, the design of an WWTP that serves one housing with a population of approximately 200 families and the discharge reaches 72 m³/day. The WWTP method used is an anaerobic-aerobic biofilter with honeycomb plastic media, in the biofilter processing there are several processing tub units including a collection tank, fat separator, equalization, initial deposition, anaerobic, aerobic, final settling and chlorination tanks with a total volume of tub (WWTP) centered is 249.975 m³.

Keywords: WWTP planning, biofilter, wasp's Nestphrases

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sebagai kota besar yang menjadi salah satu pusat urbanisasi di Indonesia, Makassar dihuni jumlah penduduk yang terus bertambah hingga 1,5 juta jiwa yang mendiami wilayah dengan luas 175,77 km² (BPS, 2020). Masalah air limbah domestik merupakan permasalahan klasik yang dihadapi hampir di setiap kawasan perkotaan termasuk Kota Makassar yang secara khusus berbasis kawasan perumahan dan permukiman (Mende et al., 2015).

Fenomena ini juga menjadi permasalahan yang terjadi pada kawasan perumahan PU penjernihan makassar yang terletak di Jl. Penjernihan Raya, Pandang, Kecamatan Panakkukang Kota Makassar yang dihuni penduduk sekitar 800 orang dengan 200 kk. Pada kawasan ini masih menggunakan sistem pengolahan air limbah setempat (*on-site sanitation*) dengan pengolahannya diserahkan kepada masyarakat sebagai rumah tangga menggunakan sistem pengolahan berupa tangki septik yang mana sistem pengolahan dan fasilitas instalasi pengolahan berada di dalam persil atau batas tanah yang dimiliki (Uyun et al., 2019).

Sementara itu agar dapat memenuhi standar baku mutu lingkungan yang sudah ditetapkan oleh peraturan perundang-undangan sebelum dialirkan masuk ke badan air penerima perlu diadakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal dimana limbah diolah secara terpusat dengan memanfaatkan bangunan khusus untuk mengolah limbah cair domestik secara komunal untuk beberapa kelompok rumah tangga agar limbah yang terbuang memenuhi standar baku mutu lingkungan (Wulandari, 2014).

Perencanaan dalam penelitian ini dilakukan sebagai upaya agar dapat menekan beban pencemaran lingkungan di kawasan tersebut dan juga menjaga ekosistem sungai Tallo agar tidak tercemar dengan buangan air limbah rumah tangga. Limbah jenis *gray water* direncanakan diolah dengan sistem penjernihan secara biologi atau biofilter

yang memanfaatkan media plastic sarang tawon untuk penjernih air dan menekan beban pencemaran air limbah tersebut (Idaman Said & Utomo, 2007).

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana sistem Instalasi pengolahan Air Limbah Domestik dengan metode biofilter Anerobik dan Aerobik dengan media plastic sarang tawon?
- 2) Berapa dimensi Instalasi pengolahan Air Limbah Domestik pada kawasan perumahan (PU) penjernihan Makassar dengan metode biofilter Anerobik dan Aerobik dengan media plastic sarang tawon?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1) Untuk mengetahui sistem Instalasi pengolahan Air Limbah Domestik dengan metode biofilter Anerobik dan Aerobik dengan media plastic sarang tawon.
- 2) Untuk mengetahui dimensi Instalasi pengolahan Air Limbah Domestik pada kawasan perumahan (PU) penjernihan Makassar dengan metode biofilter Anerobik dan Aerobik dengan media plastic sarang tawon.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dalam Kota Makassar Sulawesi Selatan tepatnya di Jl. Perumahan Raya, Pandang, Kecamatan Panakkukang. Dimana masyarakatnya masih menggunakan tangki septik (septic tank) untuk air limbah black water dan menyalurkannya kepada saluran drainase untuk air limbah pada jenis gray water.

2.1 Metode pengumpulan data penelitian

Dilakukan observasi pada lokasi penelitian dan juga studi literatur yang berkaitan dengan sistem pengolahan air limbah.

Data Primer

Meliputi karakteristik air limbah (*grey water*) yang diperoleh dari hasil uji Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin.

Data Sekunder

- 1) Kependudukan dalam kawasan-kawasan perumahan diperoleh dari Balai Prasarana dan Permukiman wilayah Sulawesi selatan.
- 2) Angka pemakaian air dingin minum (air bersih) sesuai dengan penggunaan gedung diperoleh dari SNI-03-7065-2005:4

2.2 Metode Pengolahan Data

- 1) Menganalisis dan mengolah data
- 2) Meneliti karakteristik air limbah pada lokasi penelitian Perumahan PU penjernihan Kota Makassar
- 3) Menentukan standar kebutuhan air bersih perkapita perhari
- 4) Perolehan data desain
- 5) Mendesain dimensi IPAL-T

3. Hasil dan Pembahasan

Jumlah Kebutuhan Air Bersih Perkapita Perhari

Kawasan Perumahan PU Penjernihan Makassar = 200 KK = berkisar 800 orang. Untuk perencanaan instalasi ini ditetapkan kebutuhan air 120 liter/kapita/hari sesuai dengan ketentuan

Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, yang dilakukan dengan perkalian total jumlah penduduk pada suatu kawasan yang ditinjau dengan total pemakaian air bersih, sehingga diperoleh debit untuk Kawasan Perumahan PU Penjernihan Makassar yaitu:

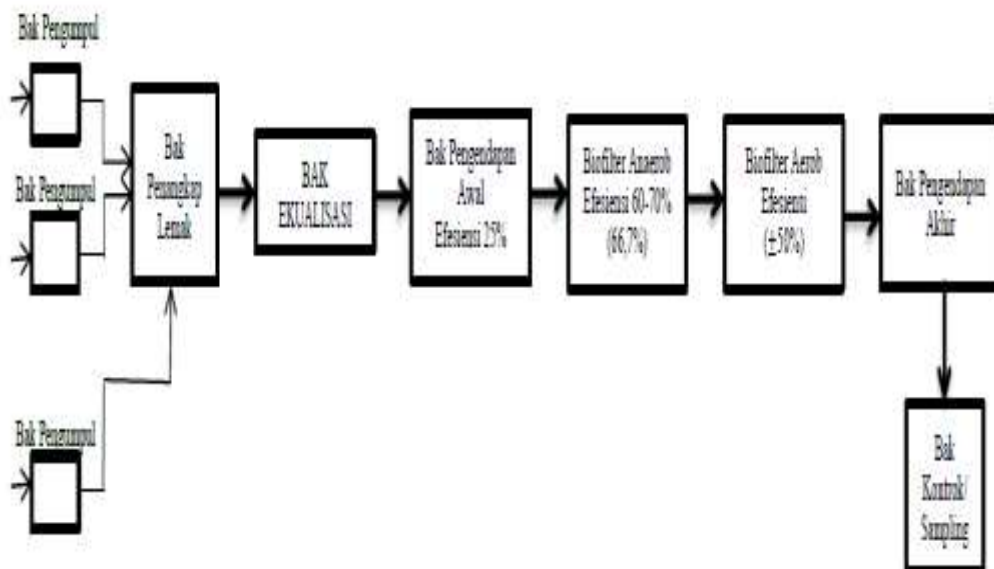
$$Q = 120,00 \text{ m}^3/\text{hari} = 5 \text{ m}^3/\text{jam} = 1,389 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Diasumsikan air limbah yang dihasilkan 80 % dari kuantitas air bersih yang dipakai, yaitu:

$$Q = 96 \text{ m}^3/\text{hari} = 4 \text{ m}^3/\text{jam} = 1,111 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Khusus untuk limbah jenis *grey water* yang menjadi fokus dalam penelitian ini, diasumsikan 25 % debit air limbah adalah *black water* dan 75 % nya adalah *grey water*. Artinya debit air limbah khusus *grey water* di Kawasan Perumahan PU Penjernihan Makassar:

$$Q = 72 \text{ m}^3/\text{hari} = 3 \text{ m}^3/\text{jam} = 8,333 \text{ m}^3/\text{detik}$$



Gambar 1 Diagram pengolahan air limbah domestik dengan proses biofilter anaerob-aerob



Gambar 2 Site plan lokasi perencanaan IPALD

Jumlah rumah yang terdapat pada zona A yaitu sebanyak 92 unit, zona B 61 unit, dan zona C 47 unit, jadi total jumlah rumah adalah 200 unit rumah per kepala keluarga. (data PUPR perumahan PU penjernihan) Sistem pengolahan air limbah secara komunal dapat dialirkan secara gravitasi maupun pompanisasi. Dimana air hasil kegiatan rumah tangga dialirkan langsung ke bak penampungan air limbah yang selanjutnya akan diolah menjadi air bersih dengan melewati beberapa tahapan-tahapan.

Bak Pengumpul

Berfungsi sebagai penerima debit air limbah sebelum dipompa ke unit Bak Ekualisasi. Dari hasil survai lapangan, pengumpulan air limbah domestik dilakukan dengan membuat bak pengumpul diujung jaringan pipa air limbah. terdapat 3 jalur pipa yang ada sehingga dibutuhkan 3 unit bak pengumpul air limbah.

Kapasitas Disain yang direncanakan:

Kapasitas Pengolahan :72 m^3 / hari

BOD Air Limbah :76 mg/l

COD Air Limbah :160,4 mg/l

Hasil air olahan : Memenuhi baku mutu air limbah domestik sesuai dengan Permen LHK Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016.

$$Q = 72 \text{ m}^3/\text{hari} = 3 \text{ m}^3/\text{jam} = 8,333 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$T_d = (30 \times 24) / 72 = 10 \text{ jam}$$

kedalaman (H) = 1,5 m, maka, Volume sumur pengumpul yang diperlukan

$$V_{\text{bak}} = 30 / (60 \times 24) \times Q \text{ m}^3/\text{hari} \quad (1)$$

$$\text{Volume Efektif Bak} = Q \times r_t \quad (2)$$

$$r_t = \text{Volume Efektif Bak} / Q \quad (3)$$

$$\text{Volume sumur pengumpul yang diperlukan} = 30 / (60 \times 24) \text{ hari} \times 72 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,5 \text{ m}^3$$

Dimensi bak yang direncanakan dalam satuan cm:

$$\text{Panjang (P)} = 150 \text{ cm}$$

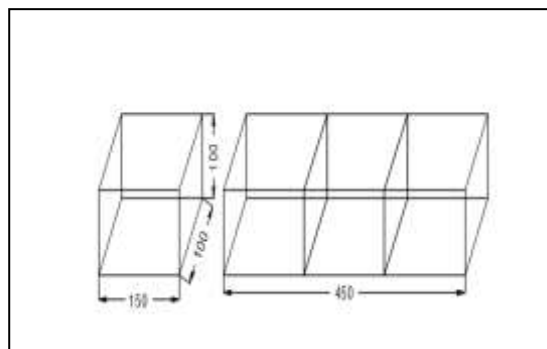
$$\text{Lebar (L)} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Kedalaman (t)} = 100 \text{ cm}$$

Kontrol Bak Pengumpul Terhadap Volume 1,5 m^3

$$V = P \times L \times t = 1,5 \text{ m} \times 1 \times 1 \text{ m} = 1,5 \text{ m}^3$$

Kapasitas volume bak yang direncanakan sebesar: 1,5 m^3



Gambar 3 Sumur pengumpul

Bak Pemisah Lemak/minyak

Direncanakan menggunakan *grease removal* tipe gravitasi sederhana. Bak terbagi menjadi empat buah ruangan dengan kriteria perencanaan:

$$rt = \pm 2,5 \text{ jam}$$

$$Q = 72 \text{ m}^3/\text{hari} = 3 \text{ m}^3/\text{jam} = 8,333 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Cek: Waktu tinggal air dalam bak} = (7 \text{ m}^3)/(3 \text{ m}^3/\text{jam}) = 2,3 \text{ jam}$$

$$\text{Volume Efektif Bak} = 3 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2,3 \text{ jam} = 6,9 \text{ m}^3$$

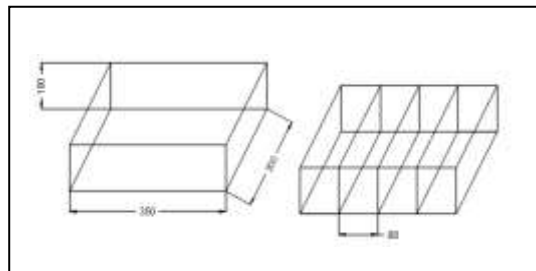
Dimensi Bak Pemisah Lemak/minyak Yang Direncanakan:

$$\text{Panjang (P)} = 350 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (L)} = 200 \text{ cm}$$

$$\text{Kedalaman (t)} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Volume Efektif} = 7 \text{ m}^3$$



Gambar 4 Bak pemisah lemak

Bak Ekualisasi

Debit atau aliran dan konsentrasi limbah yang fluktuatif akan dinetralkan dalam bak equalisasi, sehingga dapat dilakukan optimalisasi pada tahapan pengolahan berikutnya.

Waktu Tinggal di dalam Bak

$$T_d = (30 \times 24)/72 = 10 \text{ jam}$$

Ditetapkan: Waktu tinggal di dalam bak ekualisasi 10 jam. Jadi, Volume bak yang

$$\text{diperlukan} = 10/24 \times 72 \text{ m}^3/\text{hari} = 30 \text{ m}^3$$

Direncanakan Dimensi Bak Ekualisasi:

$$\text{Tinggi bak (t)} = 150 \text{ cm}$$

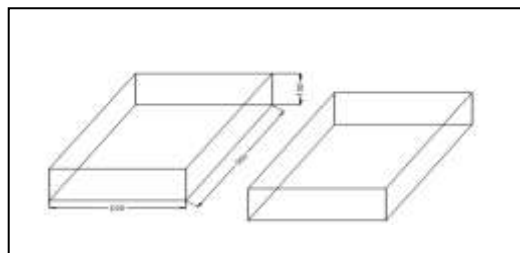
$$\text{Lebar bak (L)} = 550 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang bak (p)} = 500 \text{ cm}$$

$$\text{Kontrol Bak Ekualisasi Terhadap Volume} = 1,5 \text{ m}^3$$

$$V = P \times L \times t = 5,0 \text{ m} \times 5,5 \times 1,5 \text{ m} = 32,0 \text{ m}^3$$

Kapasitas volume bak yang direncanakan sebesar: $33,0 \text{ m}^3 > 30 \text{ m}^3$ (OK)



Gambar 5 Bak ekualisasi

Bak Pengendapan Awal

Menjadi media pengendapan partikel lumpur, pasir, dan kotoran organik tersuspensi juga menjadi ruang untuk mengurai senyawa padat, *sludge* (pengurai lumpur) dan penampung lumpur.

$$\text{Debit air limba: } 72 \text{ m}^3/\text{hari} = 3 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Biofilter Anaerob

BOD masuk: 76 mg/l

Efisiensi : 25%

BOD keluar : 57 mg/l

Waktu Tinggal Di dalam Bak: 3 jam

$$\text{Volume Bak yang dibutuhkan} = 3/24 \times 72 \text{ m}^3 = 9 \text{ m}^3$$

Dimensi Bak Pemisah Lemak/minyak
Yang Direncanakan:

Panjang (P) = 400 cm

Lebar (L) = 200 cm

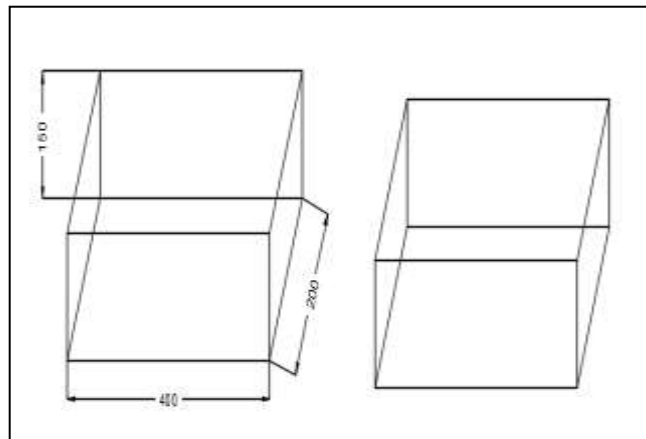
Kedalaman (t) = 150 cm

Volume Efektif = 12 m^3

Cek: Waktu tinggal air di dalam bak
rata-rata = $(12 \text{ m}^3)/(3 \text{ m}^3/\text{jam}) = 4$
jam, beban permukaan (surface loading)
= $(72 \text{ m}^3/\text{hari})/(4\text{m} \times 2 \text{ m}) = 9$
 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$

Standar JWWA:

Standar permukaan (surface loading) =
 $20\text{-}50 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$



Gambar 6 Bak pengendapan awal.

Bak Biofilter Anaerob

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada reactor berisi biofilter media plastic sarang tawon mampu menurunkan beban pencemaran air
 $Q = 72 \text{ m}^3/\text{hari} = 3 \text{ m}^3/\text{jam} = 8,333 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$

BOD Masuk : 57 mg/l

Efisiensi : 66,7 %

BOD Keluar : 19 mg/l

Debit Limbah : $72 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kedalaman bak efektif = 150 cm

Lebar = 500 cm

Panjang = 500 cm

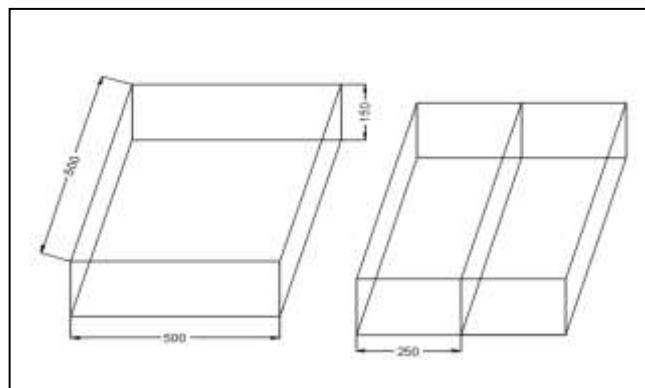
limbah domestic gray water pada parameter BOD ,COD dan TSS dan bahan organic sebesar 60-80 %.

Tinggi Ruang Bebas = 0,4 m

Volume total = $5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} = 37,5 \text{ m}^3$

Jumlah ruang = dibagi menjadu 2 ruangan

Cek waktu tinggal rata-rata = $(24 \text{ m}^3)/(3 \text{ m}^3/\text{hari}) = 8$ jam



Gambar 7 Bak biofilter anaerob

Bak Biofilter Aerob

Ketimbangan proses anaerob, beban pengolahan pada proses aerob lebih rendah, sehingga prosesnya berlangsung setelah proses anaerob yang masih mengandung zat organik dan nutrisi diubah menjadi sel bakteri baru, hydrogen maupun karbondioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen.

$$Q = 72 \text{ m}^3/\text{hari} = 3 \text{ m}^3/\text{jam} = 8,333 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{detik}$$

BOD Masuk : 19 mg/l

Efisiensi : 60%-80%

BOD Keluar : 8 mg/l

Debit Limbah : 72 m³/hari

Beban BOD dalam air limbah = $72 \text{ m}^3/\text{hari} \times 19 \text{ g/m}^3 = 1368 \text{ g/hari} = 1,368 \text{ kg/hari}$

Jumlah BOD yang dihilangkan = $0,6 \times 1,368 \text{ kg/hari} = 0,82 \text{ kg/hari}$

Beban BOD pervolume media yang digunakan = $0,19 \text{ kg/m}^3.\text{hari}$

Volume Media yang diperlukan = $(1,368 \text{ kg/hari}) / (0,19 \text{ kg/m}^3.\text{hari}) = 7,2 \text{ m}^3$

Volume media = 40% dari volume reactor, volume reactor biofilter aerob yang diperlukan = $100/40 \times 7,2 \text{ m}^3 = 18$

Biofilter aerob terdiri dari 2 ruangan yaitu ruang aerasi dan ruang bed media

Dimensi reactor biofilter aerob ditetapkan:

Ruang aerasi

Lebar = 400 cm

Kedalaman = 150 cm

Panjang = 350 cm

Ruang bed media

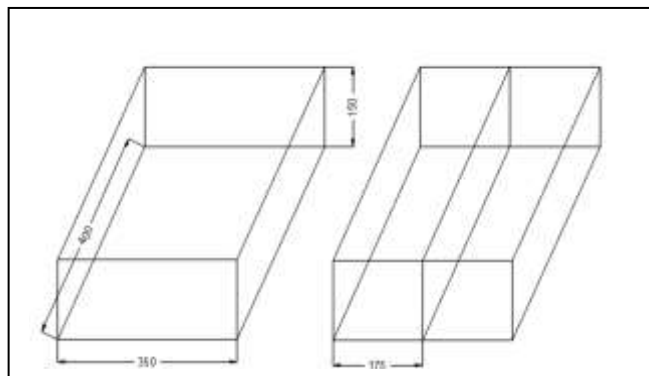
Lebar = 400 cm

Kedalaman = 150 cm

Panjang = 350 cm

Total volume efektif biofilm aerob = $3,5 \text{ m} \times 4,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} = 21 \text{ m}^3$

Cek waktu tinggal total rata-rata = $21/72 \times 24 \text{ jam} = 7 \text{ jam}$



Gambar 8 Bak biofilter aerob

Bak Pengendapan Akhir

Pengendapan lumpur aktif yang mengandung mikro-organisme dilakukan pada tahapan ini lalu sebagian air dipompa kembali ke bagian bak pengendapan awal menggunakan pompa sirkulasi lumpur.

Debit Limbah: = 72 m³/hari

BOD Masuk : 8 mg/l

BOD Keluar : 8 mg/l

Waktu Tinggal Di dalam Bak: 3 jam

Volume Media yang diperlukan = $3/24 \times 72 \text{ m}^3 = 9 \text{ m}^3$

Direncanakan dimensi bak Pengendapan Akhir:

Kedalaman bak efektif = 150 cm

Lebar = 200 cm

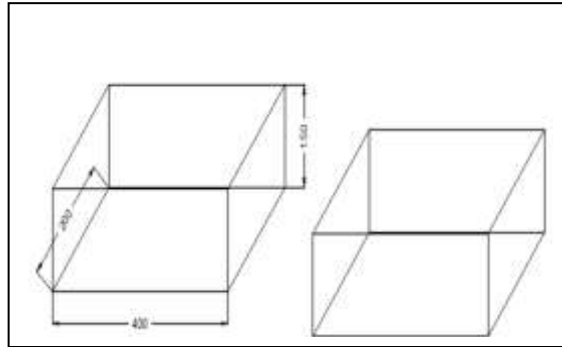
Panjang = 400 cm

Volume total = $4 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} = 12 \text{ m}^3$

Cek waktu tinggal rata-rata = (12

$m^3)/(3 m^3/hari) = 4 \text{ jam}$. Media plastic Sarang tawon sendiri cukup efektif digunakan jika dibandingkan dengan media lain seperti lumpur aktif dan kerikil karena memiliki kemudahan dalam oprasional dan hemat energy dalam penggunaannya, serta

maintenance atau pemeliharaannya yang mudah memiliki luas permukaan yang besar untuk tempat menempelnya mikroba, ringan untuk diangkat tidak ribet mudah dibersihkan atau diganti jika telah sangat kotor.



Gambar 9 Bak pengendapan akhir

Bak Kontrol/khalorinasi

Bak Kontrol/Sampling berfungsi untuk mengontakkan senyawa khlor dengan air limbah untuk proses disunfeksi. Selain itu juga berfungsi untuk sampling olahan IPAL.

Volume Bak yang diperlukan = $(10/60) / 24 \times 72 m^3/hari = 0,51 m^3$

Waktu Tinggal Di dalam Dak (HRT) = 10 menit

Dimensi Bak Kontrol /khalorinasi:

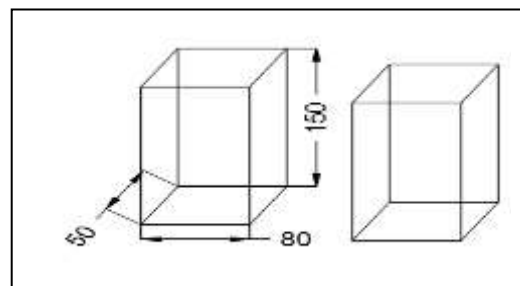
Kedalaman bak efektif = 150 cm

Lebar = 50 cm

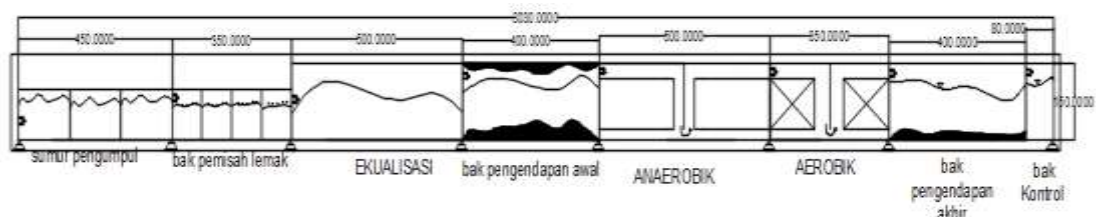
Panjang = 80 cm

Volume total= $0,8 m \times 0,5 m \times 1,5 m = 0,60 m^3$ Volume Bak yang diperlukan

Cek waktu tinggal rata-rata = $(0,8 \times 0,5 \times 150) / (72 m^3/hari) \times 24 \text{ jam/hari} = 0,2 \text{ jam}$.



Gambar 10 Bak kontrol/ khalorinasi



Gambar 11 Desain dimensi instalasi pengolahan air limbah domestik terpusat perumahan PU penjernihan Makassar.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah hal yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini:

- 1) Sistem instalasi pengolahan air limbah domestik dengan metode biofilter anaerobik dan aerobik menggunakan media plastik sarang tawon dilakukan dengan prosedur pengaliran air limbah menuju reaktor yang diisi dengan wadah dengan permukaan yang besar (plastik sarang tawon) dimana film mikrobiologis (biofilm) melekat di permukaan media tersebut dalam proses ini pengolahannya ada yang tidak membutuhkan proses oksidasi (anaerobik) dan ada yang teroksidasi aerobik.
- 2) Dimensi bak Istalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Kawasan perumahan PU Penjernihan Kota Makassar adalah $249,975 \text{ m}^3$.

4.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan tersebut maka diajukan beberapa saran sebagai berikut:

- 1) Dalam proses pengolahan air limbah domestik jenis *gray water* yang menggunakan media plastic sarang tawon ini, agar lebih efektif dalam pengolahannya maka sebaiknya pada tahapan penjernihan ditambahkan tanaman eceng gondok pada bak penampungan akhir sebelum disalurkan ke badan air .
- 2) Agar teknologi pengolahan air limbah domestik dengan sistem off-site atau terpusat menggunakan media biofilter plastic sarang tawon dapat lebih efektif diperlukan kajian teknis sebab dalam hal ini perawatan dan pemeliharaan sangat diperlukan dimana partisipasi masyarakat

sebagai pengguna sangat dibutuhkan dan kebijakan pemerintah setempat.

Daftar Pustaka

- BPS. (2020). *Kota Makassar dalam Angka 2020* (Seksi Integrasi Pengolahan dan Diseminasi Statistik (ed.)). Badan Pusat Statistik Kota Makassar.
- Idaman Said, N., & Utomo, K. (2007). Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Lumpur Aktif dengan Media Bioball. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2), 160–174. <https://media.neliti.com/media/publications/247033-pengolahan-air-limbah-domestik-dengan-pr-878fc897.pdf>
- Mende, J. C. C., Kumurur, V. A., & Moniaga, I. L. (2015). Kajian Sistem Pengelolaan Air Limbah Pada Permukiman Di Kawasan Sekitar Danau Tondano (Studi Kasus: Kecamatan Remboken Kabupaten Minahasa). *Sabua*, 7(1), 395–406.
- Uyun, Q., Wardhani, E., & Halomoan, N. (2019). Pemilihan Jenis Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bekasi Selatan. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 3(2), 157–168. <https://doi.org/10.26760/jrh.v3i2.3148>
- Wulandari, P. R. (2014). Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju- Sumatera Selatan). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(3), 499–509.