

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK (IPALD) SKALA KOMUNAL DESA SUKOHARJO KECAMATAN MARGOREJO KABUPATEN PATI

Ahmad Antoni, Aditya Surya Bintara, Mohammad Debby Rizani, Farida Yudaningrum

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

E-mail: ahmdantoni31@gmail.com; adit69836@gmail.com

Abstrak

Air limbah domestik yang berada di Desa Sukoharjo Kecamatan Margorejo Kabupaten Pati belum dikelola dengan maksimal, walaupun sebenarnya sudah terdapat IPALD di Desa Sukoharjo, namun hanya ditujukan untuk 46 SR (Sambungan Rumah). Berdasarkan kondisi tersebut akan direncanakan IPALD untuk 200 SR sehingga bisa mencakup lebih banyak penduduk. Tahapan perencanaan IPALD diawali dengan perizinan, survei lapangan, pengumpulan data, studi literatur, perencanaan, pembahasan, dan kesimpulan. Data yang dipergunakan yakni data primer berupa observasi lapangan, data COD dan BOD, kemudian untuk data sekunder berupa Data Jumlah Penduduk, Muka Air Tanah, Kemiringan Tanah, Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM), dan Gambar Kerja IPALD Gambiran. Perencanaan IPALD ini mempergunakan teknik pengolahan air limbah kombinasi *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dan *Anaerobic Filter* (AF). Penggunaan air bersih untuk kapasitas 200 SR diperoleh sebesar 90 m³/hari, dengan volume limbah 72 m³/hari serta volume lumpur 15 m³/tahun. Dari pengujian pada air limbah diperoleh nilai BOD 15 mg/L dan COD 40 mg/L. Berdasarkan hasil perencanaan diperoleh rancangan IPALD yang meliputi 1 bak inlet berukuran 1x1 m dengan kedalaman 3 m, 1 bak settler 3,5x3,5 meter dengan kedalaman 3,5 m, 4 bak ABR 1 x 3,5 m dengan kedalaman 3,5 m, serta 4 bak AF 1 x 3 m dengan kedalaman 3,5 m. Kemudian untuk mengalirkan air limbah dipergunakan pipa PVC berdiameter 6 inch yang disertai 85 buah bak kontrol berdiameter 0,6 meter.

Kata kunci: Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik, *Anaerobic Baffled Reactor*, *Anaerobic Filter*, Air Limbah Domestik.

Abstract

Domestic wastewater in Sukoharjo Village, Margorejo District, Pati Regency hasn't been managed optimally, even there's already a Domestic Wastewater Treatment Plant (DWWTP) build, but it's only intended for 46 SR. Based on these conditions, a DWWTP with a capacity up to 200 SR will be planned so that it can cover more residents. The DWWTP planning begins with licensing, field surveys, data collection, literature study, planning, discussion, and conclusions. Primary data that used is field observations, COD and BOD data, then secondary data that used is Population Data, Groundwater Level, Land Slope, STBM, and Gambiran DWWTP Working Drawings. This DWWTP planning uses combination of ABR and AF wastewater treatment techniques. The use of clean water for 200 SR is 90 m/day, with a waste volume of 72 m/day and a sludge volume of 15 m/year. The wastewater has 15 mg/L BOD values and 40 mg/L COD Values. Based on the planning results, the DWWTP design was obtained which includes 1 inlet tank measuring 1 x 1 m with a depth of 3 m, 1 settler tank 3.5 x 3.5 meters with a depth of 3.5 m, 4 ABR tanks 1 x 3.5 m with a depth of 3.5 m, as well as 4 1 x 3 m AF tanks with a depth of 3.5 m. 6-inch diameter PVC pipe used to drain the waste water, accompanied by 85 control tubs with a diameter of 0.6 meters.

Keywords: *Domestic Wastewater Treatment Plant, Anaerobic Baffled Reactor, Anaerobic Filter, Domestic Wastewater.*

I. PENDAHULUAN

Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) yakni sarana untuk mengolah limbah cair (limbah dari WC, dari air cuci/kamar mandi) (Nasution, 2021). IPALD bisa dibangun secara pribadi atau digunakan untuk satu keluarga/bangunan dan dioperasikan sendiri, maupun satu IPALD digunakan bersama-sama atau komunal. Komponen IPALD Komunal terdiri dari unit pengolah limbah, jaringan perpipaan, bak kontrol, dan sambungan rumah tangga.

Ada bermacam limbah yang pada dasarnya harus diolah, misalnya limbah domestik (*black water* serta *grey water*) dimana apabila limbah ini dibuang tanpa pengelolaan yang tepat maka bisa mengakibatkan kerusakan pada tanah serta sungai (Wulandari, 2014).

Terdapat sebuah IPALD di Desa Sukoharjo yang saat ini aktif digunakan beberapa penduduk, namun belum optimal dikarenakan hanya mencakup sejumlah kecil penduduk saja. Hal ini tentu masih akan menyebabkan pencemaran pada air sungai serta air tanah untuk area yang belum terjangkau IPALD. Sehingga untuk menanggulangi permasalahan ini perlu direncanakan kembali IPALD dengan cakupan yang lebih luas lagi.

Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana kuantitas limbah yang dihasilkan dari pemukiman di Desa Sukoharjo Kecamatan Margorejo?

2. Bagaimana kualitas limbah yang dihasilkan dari pemukiman di Desa Sukoharjo Kecamatan Margorejo?

3. Bagaimana perencanaan teknik IPALD yang sesuai untuk pemukiman di Desa Sukoharjo Kecamatan Margorejo?

Tujuan yang bisa diperoleh dari penelitian ini meliputi:

1. Mengetahui kuantitas air limbah yang dihasilkan dari pemukiman di Desa Sukoharjo Kecamatan Margorejo.

2. Mengetahui kualitas air limbah yang dihasilkan dari pemukiman di Desa Sukoharjo Kecamatan Margorejo.

3. Merencanakan IPALD yang sesuai untuk pemukiman di Desa Sukoharjo Kecamatan Margorejo.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Limbah Domestik

Air limbah domestik yakni air yang asalnya dari kegiatan masyarakat dengan kandungan material anorganik serta organik (Setiawati, 2016). Air limbah ini bisa dibagi menjadi *black water* yang mencakup limbah buangan dari WC (*water closet*) dan *grey water* yang mencakup air limbah dari dapur maupun kamar mandi (Nasution, 2021).

Parameter yang dipergunakan pada pengukuran air limbah domestik dalam penelitian ini meliputi:

1. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD yakni banyaknya jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik oleh mikroorganisme secara biokimia (Nanga, 2017).

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD yakni banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik pada air, ataupun bisa dikatakan parameter ini merefleksikan banyaknya zat organik pada air yang secara kimia bisa dioksidasi (Nanga, 2017).

Karakteristik kimia dari air limbah domestik menurut Soedjono (2010) yaitu 100 - 300 mg/l untuk BOD dan 160 - 500 mg/l untuk COD. Sedangkan dalam Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 dijelaskan bahwasanya baku mutu air limbah domestik maksimum yaitu 30 mg/l untuk BOD dan 100 mg/l untuk COD.

B. Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik

Sistem pengolahan air limbah domestik (SPALD) umumnya diklasifikasikan menjadi dua, yang meliputi sistem setempat (SPALD-S) dan sistem terpusat atau komunal (SPALD-T). SPALD-T yakni sistem pembuangan air limbah domestik (cuci, mandi, kotoran, serta dapur) yang disalurkan keluar dari area rumah menuju saluran pengumpul air limbah dimana berikutnya akan secara terpusat disalurkan menuju bangunan pengolahan air sebelum memasuki badan air penerima (Setiawati, 2016). Sistem pengolahan air limbah domestik secara terpusat mampu mencakup 50 hingga 20.000 jiwa sekaligus untuk diproses bersama dalam satu lokasi.

Mubin dkk. (2016) menjelaskan, baik SPALD-S maupun SPALD-T keduanya mempunyai kelebihan serta kekurangannya masing-masing, yang mana bisa dijabarkan dalam tabel berikut:

Tabel 1 Perbandingan antara SPALD-S dan SPALD-T

SPALD-S	SPALD-T
<p>Kelebihan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan teknologi sederhana 2. Memerlukan biaya rendah 3. Masyarakat bisa menyediakan pengelolaannya sendiri 4. Pengoperasian mudah dipahami 5. Manfaat dapat dirasakan secara langsung 	<p>Kelebihan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Menyediakan pelayanan yang terbaik 2. Sesuai daerah dengan kepadatan tinggi 3. Pencemaran terhadap badan air dan air tanah dapat dihindari 4. Memiliki masa guna lebih lama
<p>Kekurangan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak bisa diaplikasikan pada semua daerah, sebab membutuhkan persyaratan terkait tanah 2. Fungsinya terbatas hanya untuk <i>black water</i> 3. Operasi dan pemeliharaan sulit dilaksanakan 	<p>Kekurangan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memerlukan biaya operasi, investasi, dan pemeliharaan yang besar 2. Menggunakan teknologi tinggi 3. Tidak bisa dilakukan perseorangan 4. Perencanaannya memerlukan waktu lama 5. pengelolaan dan pemeliharaannya harus baik

Sumber: Mubin dkk. (2016)

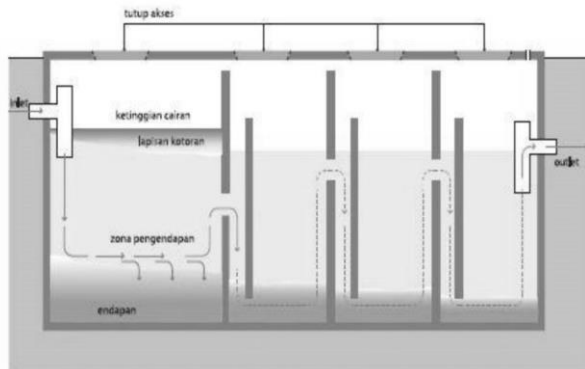
C. Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik

Jenis dari teknologi pengolahan air limbah

domestik ditentukan oleh kapasitas ataupun kebutuhan pengolahan, ketersediaan lahan, keadaan lingkungan, serta kemampuan untuk memelihara serta mengoperasikan teknologi pengolahan tersebut (Herrari, 2015). Jenis teknologi pengolahan air limbah domestik yang dipergunakan diantaranya:

1. Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

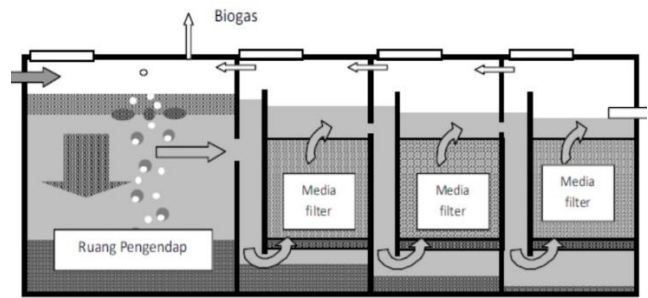
ABR berfungsi sebagai penampung *black water* (kotoran dari jamban ataupun kakus) dan *grey water* dari limbah cuci, mandi, maupun dapur. Air dalam ABR akan mengalir naik turun dikarenakan terdapatnya *baffle* ataupun sekat yang berfungsi sebagai penghasil turbulensi (Nanga, 2017). Dalam bak ABR akan dihasilkan endapan lumpur dan gas yang perlu dibuang melalui truk sedot tinja setiap dua ataupun tiga tahun sekali (Soedjono, 2010).



Gambar 1 Contoh Desain ABR
Sumber: Nanga, 2017

2. Anaerobic Filter (AF)

AF berbentuk satu ataupun beberapa ruangan yang dipasang filter (arang, batok, kerikil, plastik, dan sebagainya) (Setiawati, 2016). Perawatan yang diperlukan untuk AF yakni membersihkan filter, sebab seiring pemakaian biomasa dan padatan akan semakin tebat hingga bisa menutup rongga filter (Soedjono, 2010).



Gambar 2 Contoh Desain AF
Sumber: Nanga, 2017

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Perencanaan

Wilayah perencanaan IPALD yakni di Desa Sukoharjo RW.04 RT.2, Kecamatan Margorejo, Kabupaten Pati. Adapun luas dari wilayah Desa Sukoharjo yakni 379,829 ha yang mencakup 8 RW serta 36 RT.

B. Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan sebagai bahan acuan dalam perencanaan ini bisa diklasifikasikan menjadi dua menurut jenis datanya, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer peneliti peroleh secara langsung dari lapangan, dimana meliputi observasi lapangan dan data COD serta BOD. Sementara itu Data sekunder peneliti peroleh secara tidak langsung melainkan dari instansi lain ataupun sumber lain, dimana meliputi data jumlah penduduk, muka air tanah, kemiringan tanah, data STBM (sanitasi total berbasis masyarakat), dan gambar kerja IPALD gambaran.

C. Objek Perencanaan

Objek yang akan peneliti rencanakan dalam tugas akhir ini berupa Instalasi Pengolahan Air Limbah di Desa Sukoharjo dengan kombinasi sistem *Anaerobic baffled Reactor* (ABR) dan

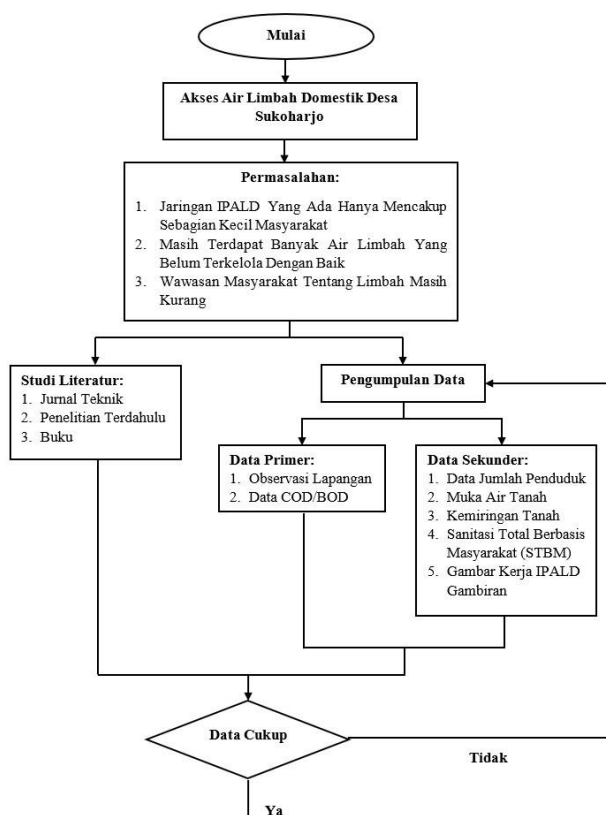
Anaerobic filter (AF) di atas lahan seluas 114 m².

D. Metode Analisis Data

Data yang terkumpul kemudian akan peneliti analisis secara deskriptif, dimana meliputi:

1. Menghitung penggunaan air bersih, volume limbah, volume saat jam puncak, debit air limbah, dan volume lumpur.
2. Merencanakan sistem pengolahan air limbah domestik
3. Menentukan *layout* sistem jaringan air limbah domestik
4. Menentukan kemiringan dan ukuran saluran pembawa air limbah
5. Menentukan dimensi IPALD yang meliputi bak inlet, bak settler, bak ABR, dan bak AF.

E. Diagram Alir



Gambar 3 Diagram Alir
Sumber: Peneliti, 2022

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Kualitas Air Limbah Domestik

Pengujian pada air limbah domestik di Dukuh Gambiran Desa Sukoharjo dilaksanakan dengan metode SNI 6989.72.2009 untuk mengetahui nilai BOD dan metode SNI 6989.73.2019 untuk mengetahui nilai COD. Hasil yang diperoleh berupa:

Tabel 2 Hasil pengujian Sampel Air Limbah Sebelum Pengolahan

Parameter	Hasil	Baku Mutu	Satuan
BOD	15	30	mg/l
COD	40	100	mg/l

Sumber: Hasil Pengujian Dari Laboratorium Kesehatan, 2022

Tabel 3 Hasil pengujian Sampel Air Limbah Setelah Pengolahan

Parameter	Hasil	Baku Mutu	Satuan
BOD	5,5	30	mg/l
COD	12	100	mg/l

Sumber: Hasil Pengujian Dari Laboratorium Kesehatan, 2022

B. Kuantitas Air Limbah Domestik

IPALD akan direncanakan untuk 200 SR (sambungan rumah) dengan asumsi terdapat 5 jiwa dalam 1 SR ataupun 1000 jiwa, dengan berdasar pada jumlah ini bisa dihitung kuantitas air limbah domestik dalam perencanaan ini:

- Q ave air bersih (1000 Jiwa):
 - = 1000 Jiwa × 90 liter/hari
 - = 90.000 liter/hari (90 m³/hari)
- Q ave air limbah (Volume Limbah):
 - = timbulan air limbah x pemakaian air bersih
 - = 0,8 x 90 m³/hari = 72 m³/hari
- Q min (Volume minimum air limbah):
 - = $\frac{1}{5} \times \left(\frac{\text{Jumlah penduduk}}{1000}\right)^{0,2} \times Q \text{ ave}$
 - = $\frac{1}{5} \times \left(\frac{1381}{1000}\right)^{0,2} \times 72 \text{ m}^3/\text{hari}$
 - = 15,36 m³/hari
- Q peak (volume saat jam puncak):
 - = Koefisien jam sibuk × volume limbah
 - = 1,2 × 72 mc/hari
 - = 86,4 m³/hari
- Q (debit air limbah):
 - = Q peak: 1 hari
 - = 86,4 m³/hari : 24 jam
 - = 3,6 m³/jam
- Volume Lumpur:
 - = endapan limbah × pengguna × 1 hari
 - = 15 liter/tahun × 1000 jiwa × 1 hari
 - = 15.000 liter/tahun (15 m³/tahun)

C. Perencanaan IPALD

IPALD dalam perencanaan ini akan mempergunakan skema pengolahan air limbah berupa:



Gambar 3 Skema Pengolahan Air Limbah
Sumber: Peneliti, 2022

Berdasar pada skema tersebut kemudian bisa ditentukan serta dihitung dimensi dari IPALD, adapun perhitungan untuk IPALD meliputi:

1. Dimensi Bak Inlet

- Volume (V):
 - = Qpeak x Td
 - = (0,001 m³/detik x 60) x 5 menit = 0,3 m³
- Asurface (As):
 - = $\frac{V}{H} = \frac{0,3}{1} = 0,3 \text{ m}^2$
- Panjang:
 - = $\sqrt{As} = \sqrt{0,3} = 0,54 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$ (dibulatkan)
- Lebar = Panjang bak inlet:
 - = 0,54 m ≈ 1 m (dibulatkan)
- Tinggi:
 - = Tinggi sumur + Kedalaman pipa
 - = 1 m + 1,9 m = 2,9 m ≈ 3 m (dibulatkan)
- Cek Td = V/Qpeak:
 - = 0,3 m³/(0,001 m³/detik) = 300 detik → OK

2. Jumlah Bar Screen

- Lebar total = (jarak antar batang x n) + (lebar batang x (n-1))
- 1 = (0,05 x n) + (0,01 x (n-1))
 - 1 = 0,05 n + 0,01 n - 0,01
 - 1,01 = 0,06 n
 - n = 16,83 ≈ 17 batang (dibulatkan)

3. Dimensi Bak Settler

- Volume bak:
 - = Q x waktu tinggal di settler
 - = 3,6 m³/jam x 12 jam = 43,2 m³/hari
- Lebar bak = 3,5 m (ditentukan)
- Tinggi bak = 3,5 m (ditentukan)
- Panjang bak:
 - = Volume bak settler / (lebar x tinggi)
 - = 43,2 m³/hari / (3,5 m x 3,5 m) = 3,5 m
- V (Kecepatan aliran di bak):
 - = Q : Luas penampang bak
 - = 3,6 m³/jam : 12,2 m² = 0,29 m³/jam
- Ketentuan:
 - = V < V Max = 0,29 < 0,5 (terpenuhi)

4. Dimensi Bak ABR

- Asurface total:
 - = $\frac{Q_{\text{influent}}/\text{Jumlah ABR}}{\text{HLR rencana}}$
 - = $\frac{(86,4 \text{ m}^3/\text{hari}/3)}{20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}} = 1,44 \text{ m}^2 \sim 2 \text{ m}^2$
- Tinggi total ABR:
 - = HLR rencana x (HRT rencana/24)
 - = 20 m³/m².hari x (18/24) = 15 m

- Jumlah bak:

$$= \frac{\text{Tinggi total ABR}}{\text{Tinggi ABR Rencana}} = \frac{15 \text{ m}}{3,5 \text{ m}} = 4 \text{ buah}$$
- Lebar bak:
 - = Lebar bak settler = 3,5 m
- Panjang bak:
 - = surface total / Lebar bak ABR
 - = $2 \text{ m}^2 / 3,5 \text{ m} = 0,57 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$ (dibulatkan)
- Cek Asurface total:
 - = Panjang x lebar
 - = $1 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} = 3,5 \text{ m}^2$
- Cek HRT:

$$= \frac{\text{As cek} \times \text{tinggi bak ABR} \times \text{jumlah bak ABR}}{Q \text{ peak}}$$

$$= \frac{3,5 \times 3,5 \times 4}{86,4} = 0,57 \text{ hari} = 13,68 \text{ jam}$$
- Cek Vup:

$$= \frac{Q \text{ peak}}{\text{Asurface Total}} = \frac{86,4 \text{ m}^3/\text{hari}}{3,5 \text{ m}^2}$$

$$= 24,68 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

$$= 1,03 \text{ m/jam} < 2 \text{ m/jam} \text{ (terpenuhi)}$$

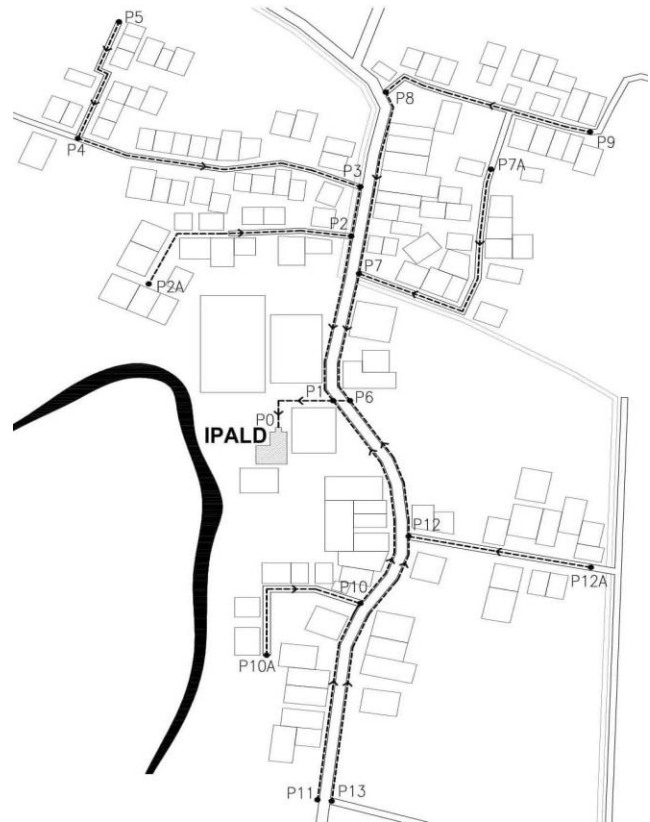
5. Dimensi Bak AF

- Volume bak:
 - = volume bak settler = $43,2 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Volume 1 bak AF:
 - = volume bak / jumlah bak
 - = $43,2 \text{ m}^3/\text{hari} / 4 = 10,8 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Lebar bak = 3 m (ditentukan)
- Tinggi bak = 3,5 (ditentukan)
- Panjang bak:
 - = volume AF / (lebar x tinggi)
 - = $10,8 / (3 \times 3,5) = 1 \text{ m}$
- Kecepatan aliran AF:
 - = $Q / \text{luas penampang AF}$
 - = $3,6 \text{ m}^3/\text{jam} / 3 \text{ m}^2 = 1,2 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Ketentuan:
 - = $V \text{ max bawah} < V < V \text{ max atas}$
 - = $1 < 1,2 < 2$ (terpenuhi)

Berdasar pada perhitungan tersebut diperoleh dimensi 1 bak inlet berukuran 1 x 1 m tinggi 3 m, 1 bak settler 3,5 x 3,5 m tinggi 3,5 m, 4 bak ABR 1 x 3,5 m tinggi 3,5 m, dan 4 bak AF 1 x 3 m tinggi 3,5 m.

D. Perencanaan *Layout* Pipa

Berdasar pada kontur tanah, ketersediaan lahan, serta akses ke rumah penduduk maka bisa direncanakan *layout* pipa berupa:



Gambar 4 *Layout* Jaringan Pipa
Sumber: Peneliti, 2022

E. Kemiringan Pipa

Perhitungan kemiringan pipa berpatokan pada jarak terjauh pipa dari inlet IPALD, yaitu dari P0

– P5. Kemiringan pipa bisa ditentukan melalui:

- Elevasi P0 = +26,00 meter
- Elevasi P5 = +26,69 meter
- Jarak P0 – P5 = 367 meter
- Elevasi dasar pipa P0 = +24,10 meter
- Kedalaman galian P0 = $26,00 - 24,10 = 1,90$ meter
- Elevasi dasar pipa P5 = +25,69 meter
- Kedalaman galian P5 = $26,69 - 25,69 = 1,00$ meter
- Selisih elevasi dasar pipa = $25,69 - 24,00 = 1,59$ meter

$$\begin{aligned}
 \text{- Kemiringan Pipa} &= (\text{selisih elevasi :} \\
 &\quad \text{jarak}) \times 100 \\
 &= (1,59:367) \times 100 \\
 &= 0,43 \%
 \end{aligned}$$

Kemiringan yang diperoleh yakni 0,43% telah sesuai dengan kriteria, yakni diantara 0,4% hingga 1%. Sedangkan jenis pipa yang dipergunakan untuk mengalirkan air limbah yakni Pipa PVC berdiameter 6 inci.

F. Bak Kontrol

Bak kontrol yang dipergunakan pada jaringan pipa berbentuk bulat dengan diameter 60 cm. Jarak penempatan bak kontrol yakni per 20 meter serta diperoleh total sejumlah 85 unit bak kontrol.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan bisa diperoleh kesimpulan:

1. Penggunaan air bersih diperoleh sebesar 90 m³/hari, dengan volume limbah sebesar 72 m³/hari serta volume lumpur 15 m³/tahun.
2. Melalui pengujian terhadap air limbah diperoleh nilai parameter BOD sebesar 15 mg/L dan nilai COD sebesar 40 mg/L.
3. Desain IPALD yang diperoleh terdiri dari 1 bak inlet berukuran 1 x 1 m tinggi 3 m, 1 bak settler 3,5 x 3,5 m tinggi 3,5 m, 4 bak ABR 1 x 3,5 m tinggi 3,5 m, dan 4 bak AF 1 x 3 m tinggi 3,5 m. Bak kontrol direncanakan sejumlah 85 buah berdiameter 60 cm, dengan pipa PVC berdiameter 6 inch.

B. Saran

1. Pemerintah dan perangkat desa setempat perlu menyosialisasikan tentang IPALD, sebab

masih terdapat banyak masyarakat yang belum memahami pengolahan dan dampak dari air limbah terhadap lingkungan.

2. Perlu dibentuk kepengurusan untuk mengelola IPALD di Desa Sukoharjo dan melibatkan masyarakat setempat dalam pengelolaannya supaya IPALD bisa berjalan dengan maksimal dan tetap terawat.
3. Bisa mempergunakan teknik pengolahan air limbah lain untuk peneliti selanjutnya yang hendak merencanakan IPALD skala komunal, seperti *Rotating Biological Contactor* (RBC).

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan penelitian ini banyak pihak telah memberikan bantuan serta dukungan kepada kami, oleh karenanya kami mengucapkan banyak terima kasih khususnya untuk orang tua kami, seluruh dosen teknik sipil, serta rekan-rekan yang telah membantu kami dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, M. Rizat, dkk. 2020. *Petunjuk Pelaksanaan Penyelenggaraan Dana Alokasi Khusus Infrastruktur Bidang Sanitasi Tahun 2020*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Bakker. 1984. *Filsafat kebudayaan: sebuah pengantar*. Yogyakarta: Kanisius dan BPK Gunung Mulya.
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *Air dan Air Limbah – Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/ BOD)*. Indonesia, Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *Air dan Air Limbah – Bagian 73: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/ COD) Dengan Refluks*

- Tertutup Secara Titrimetri*. Indonesia, Badan Standardisasi Nasional.
- Barnard, J.L., dan Stensel H.D., 2012 *Biological Nutrient Removal. Seminar at Carroll College, supported by Montana Water Environment Association*.
- Firmansyah, Yogie Restu. 2016. *Perbandingan Desain IPAL Anaerobic Biofilter Dengan Rotating Biological Contactor Untuk Limbah Cair Tekstil Di Surabaya*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Gutterer, B., Ludwig Sasse, Thilo Panzerbieter, dan Thorsten Reckerzügel. 2009. *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries: A Practical Guide*. Bremen: BORDA.
- Hasan, H.A., Siti Rozaimanah S.A., Siti Kartom K., dan Noorshisham Tan Koffi. 2009. *A review On the Design Criteria Of Biological Aerated Filter For COD, Ammonia and Manganese Removal In Drinking Water Treatment. Journal – The Institution of Engineers, 70(4), 25-33*.
- Herrari, Silvana. 2015. *Perencanaan Teknologi Sanitasi sebagai Upaya Bebas Buang Air Besar Sembarangan di Kecamatan Tegalsari Kota Surabaya*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2018. *STBM (Sanitasi Total Berbasis Masyarakat)*. Diakses pada 2 Desember 2021, dari <http://monev.stbm.kemkes.go.id/monev/>
- Mubin, Fathul dkk. 2016. *Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado*. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 211-223.
- Nanga, K. O. M. P. P. 2017. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Nasution, H.S. 2021. *Evaluasi Tahap Perencanaan IPAL Komunal Dikecamatan Ngaglik Dan Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Punch, Keith F. 2014. *Introduction to Social Research Quantitative & Qualitative Approaches*. London: Sage Publications.
- Rambe, T.R. 2018. *Analisa Pengolahan Limbah Cair Dengan Rotating Biological Contactor (RBC) Di Rumah Sakit Umum Pusat Haji Adam Malik Medan*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Republik Indonesia. 2017. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Rohkmadhoni, R.A. 2019. *Kulit Kerang Sebagai Media Alternatif Filter Anaerobik Untuk Mengolah Air Limbah Domestik*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Setiawati, R. T. 2016. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Soedjono, Eddy. 2010. *Pilihan Teknologi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik di Daerah Peri-Urban dan Perdesaan di Jawa Timur*. *Jurnal Purifikasi*, 11(2), 177-184.
- Wulandari, Puji Retno. 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.