



Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Teknologi *Anaerobic Filter* Di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin Kecamatan Sukatani Kabupaten Bekasi

Putri Anggun Sari¹, Nisa Nurhidayanti² Elis Sagita³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pelita Bangsa

e-mail: ¹poetrispt@pelitabangsa.ac.id

Abstrak

Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin merupakan salah satu sarana pendidikan berbasis islami yang terletak di Kecamatan Sukatani Kabupaten Bekasi yang menyediakan asrama sebagai tempat tinggal para siswa/santri. Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin memiliki kapasitas maksimal 300 orang. Kegiatan di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin tidak terlepas dari adanya timbulan air limbah. Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin belum memiliki fasilitas sanitasi yang layak, sehingga perlu adanya perbaikan fasilitas sanitasi dengan membuat perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Perencanaan IPAL bertujuan untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan dengan unit pengolahan yang sesuai karakteristik air limbah domestik. Data kualitas air limbah diperoleh melalui metode grab sampling dan diuji di laboratorium. Hasil uji laboratorium pada sample air limbah Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin tidak memenuhi baku mutu yaitu COD 539 mg/L, BOD 108 mg/L, dan TSS 88,3 mg/L. Wawancara dan observasi lokasi dilakukan untuk memperoleh data kapasitas maksimal penghuni, sarana dan prasarana, pemakaian air bersih, layout pondok, dan kondisi ketersediaan lahan yang ada di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin. Unit IPAL dan dimensi unit yang direncanakan terdiri atas grease trap (2 m x 0,8 m x 0,8 m), bak ekualisasi (2,5 m x 2 m x 2 m), bak sedimentasi (3,5 m x 2 m x 2,5 m), bak anaerobic filter (7,5 m x 2 m x 2,5 m), dan bak biokontrol (1 m x 1 m x 1 m). Dalam penelitian ini, rangkaian unit IPAL dengan teknologi anaerobic filter dapat menurunkan konsentrasi parameter COD 86 mg/L, BOD 11,16 mg/L, dan TSS 10,67 mg/L. Efektivitas pengolahan IPAL pada parameter COD mencapai 84%, BOD 90%, dan TSS 88% dan dinilai sangat efektif. Perencanaan IPAL ini membutuhkan biaya sebesar Rp 268.214.926.

Kata kunci: air limbah domestik, IPAL, IPAL Pondok Pesantren, anaerobic filter, efektivitas pengolahan air limbah



I. Pendahuluan

Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin merupakan salah satu sarana pendidikan berbasis islami yang terletak di Kecamatan Sukatani Kabupaten Bekasi. Berdasarkan Profil Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin (2021), siswa yang menghuni asrama sebanyak 210 orang dan pengurus sebanyak 20 orang. Saat ini, Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin telah melakukan pembangunan pesantren dan direncanakan adanya peningkatan jumlah siswa. Namun, Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin belum memiliki fasilitas sanitasi yang layak sehingga air limbah yang dibuang dapat berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dan permasalahan kesehatan.

Kenaikan jumlah siswa akan meningkatkan timbulan limbah yakni air limbah domestik berupa black water dan grey water. Air limbah domestik tersebut bersumber dari toilet, tempat mandi, tempat wudhu, tempat mencuci baju, dan dapur. Saat ini, air limbah domestik dari Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin langsung dialirkan ke badan air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 / Menlhk / Setjen / Kum.1 / 8 / 2016, air limbah domestik harus diolah terlebih dahulu sehingga memenuhi baku mutu air limbah domestik sebelum dialirkan ke badan air. Hasil uji pendahuluan terhadap kualitas air limbah di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin belum memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 / Menlhk / Setjen /

Kum.1 / 8 / 2016.

Dari hasil uji pendahuluan, kadar Total Suspended Solid (TSS) sebesar 88,3 mg/L, Biochemical Oxygen Demand (BOD) sebesar 108 mg/L, dan Chemical Oxygen Demand (COD) sebesar 539 mg/L tidak memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 / Menlhk / Setjen / Kum.1 / 8 / 2016. Hal tersebut berpotensi menimbulkan adanya permasalahan sanitasi dan pencemaran badan sungai diakibatkan oleh pengelolaan sanitasi yang tidak layak dan buangan air limbah secara langsung tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin dinilai belum memiliki sarana sanitasi yang layak sehingga perlu dilakukan perencanaan pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik.

Oleh karena itu, perencanaan IPAL domestik di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin bertujuan untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan dengan alternatif unit pengolahan yang sesuai karakteristik air limbah domestik. Teknologi IPAL yang akan digunakan dalam perencanaan ini yaitu anaerobic filter. Teknologi anaerobic filter memiliki banyak kelebihan diantaranya memiliki efisiensi yang tinggi, tidak menimbulkan bau, pengelolaan dan operasionalnya mudah, dan tidak membutuhkan lahan yang luas. Adapun aspek yang dikaji meliputi aspek teknis dan aspek ekonomi. Aspek teknis terdiri dari perhitungan dan Detailed Engineering Detail (DED) unit pengolahan IPAL, sedangkan aspek ekonomi terdiri dari Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).



II. Tinjauan Pustaka

Definisi Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah air limbah yang dihasilkan dari penduduk seperti rumah, hotel, restoran, kantor, sekolah, teater, pusat perbelanjaan, binatu, komersial, dan lain-lain (Gupta, 2019). Menurut Gupta (2019), air limbah domestik terdiri dari dua jenis input air yaitu grey water dan black water. Air yang dikeluarkan dari semua sumber kecuali keluaran toilet didefinisikan sebagai grey water, sedangkan black water berasal dari toilet.

Debit Air Limbah

Menurut Kementerian PUPR (2018), perhitungan debit air limbah domestik dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan populasi terhadap pemakaian air bersih yang menjadi air limbah domestik pada setiap blok pelayanan. Adapun persentase timbulan air limbah domestik yakni sebesar 60-80% dari pemakaian air bersih, sehingga persamaan yang dapat digunakan yaitu:

$$Q \text{ rata-rata} = (60-80\%) \times Q \text{ air bersih}$$

(1) Keterangan:

Q rata-rata = debit rata-rata air limbah

(m³/hari)

Q air bersih = pemakaian air bersih (m³/hari)

Perhitungan debit puncak dilakukan untuk menentukan dimensi bak pengolahan air limbah (Damayanti, 2018). Debit puncak dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q \text{ puncak} = Q \text{ rata-rata} \times \text{faktor puncak} \quad (2)$$

Menurut Fair (1954), penentuan faktor puncak dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Faktor puncak} = (18 + p0,5) / (4 + p0,5) \quad (3) \text{ Keterangan:}$$

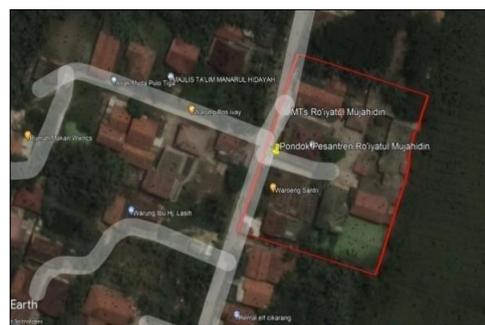
P = jumlah populasi

Efektivitas Pengolahan Air Limbah

Tingkat efektivitas pengolahan merupakan tingkat pengurangan atau peningkatan konsentrasi parameter yang diperiksa setelah air limbah tersebut melalui proses pengolahan yang dinyatakan dalam presentase (%) (Fitriana, 2016). Analisis untuk efektivitas IPAL dievaluasi berdasarkan persen (%) penurunan BOD, COD, dan TSS pada bagian inlet dan outlet dari IPAL (Manurung, dkk, 2014).

III. Metodologi

Lokasi IPAL yang direncanakan terletak pada koordinat 6°12'24.00" LS 107°08'50.18" LU yakni di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin. Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin memiliki luas keseluruhan yaitu 3.288 m².



Gambar 1. Lokasi Perencanaan
Sumber : Google Earth, 2021.

Perencanaan Desain IPAL

Perencanaan dimensi IPAL yang meliputi grease trap, bak ekualisasi, bak sedimentasi, anaerobic filter, dan bak biokontrol berdasarkan



studi literatur dan perhitungan unit desain diolah dengan menggunakan program Microsoft Excel.

1. Perhitungan dimensi grease trap

a. Volume

$$V = Q \text{ puncak} \times t_d \quad (4)$$

b. Luas

$$A = V/T \quad (5)$$

c. Panjang

$$P = A/L \quad (6)$$

2. Perhitungan dimensi bak ekualisasi

a. Volume; menggunakan persamaan 1

b. Luas; menggunakan persamaan 2

3. Perhitungan dimensi bak sedimentasi

a. Perhitungan produksi lumpur; produksi lumpur dihitung berdasarkan produksi VSS hasil dari penyisihan COD. Untuk menghitung konsentrasi VSS tersebut asumsikan nilai yield coefficient (Y) berdasarkan nilai yang tertera pada tabel kriteria desain (Kementerian PUPR, 2018). Perhitungan produksi lumpur meliputi perhitungan debit dan volume lumpur yaitu:

b. Debit lumpur

$$Q \text{ lumpur} = \frac{\text{Massa COD tersisihkan}}{S_g \times p \text{ air} \times \% \text{ solid}} \quad (7)$$

c. Volume lumpur

$$\text{volume lumpur} = Q \text{ lumpur} \times \text{periode pengurasan} \quad (8)$$

d. Volume bak sedimentasi

Berdasarkan Sasse (2009), lumpur pada bak sedimentasi akan mengalami kompaksi dan besarnya ditentukan oleh periode pengurasan. Perhitungan volume bak sedimentasi merupakan 2 kali dari volume terkompaksi (Pratiwi, 2017). Sehingga

volume bak sedimentasi adalah:

$$V = 2 \times \text{volume lumpur terkompaksi} \quad (9)$$

e. Luas; menggunakan persamaan 5

4. Perhitungan dimensi anaerobic filter

a. Volume dan panjang bak Berdasarkan Firmansyah, dkk (2016), volume anaerobic filter dapat dihitung dengan persamaan

$$V = \frac{HRT \times Q}{P \times L \times T}$$

(jumlah kompartemen) =

$$\frac{HRT \times Q}{P}$$

$$P = \frac{HRT \times Q}{L \times T \times \text{jumlah kompartemen}}$$

$$\quad (10)$$

5. Perhitungan bak biokontrol

a. Volume; menggunakan persamaan

b. Luas; menggunakan persamaan 5

Perhitungan Efektivitas IPAL

Berdasarkan Soeparman dan Suparmin (2001), rumus umum yang digunakan untuk menghitung efektifitas pengolahan yaitu sebagai berikut:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100\% \quad (11)$$

Keterangan:

E = efektifitas pengolahan air limbah (%)

S_0 = konsentrasi parameter di inlet (mg/L)

S = konsentrasi parameter di outlet (mg/L)

Hasil efektifitas yang didapat akan diklasifikasikan berdasarkan kriteria



efektivitas pengolahan sesuai tabel di bawah ini:

Tabel 1. Kriteria Efektivitas Pengolahan Air Limbah

| Persentase Efektivitas | Keterangan |
|------------------------|----------------|
| X > 80% | Sangat efektif |
| 60% < X ≤ 80% | Efektif |
| 40% < X ≤ 60% | Cukup efektif |
| 20% < X ≤ 40% | Kurang efektif |
| X ≤ 20% | Tidak efektif |

Sumber: Soeparman dan Suparmin, 2001.

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB dihitung berdasarkan Bill of Quantity (BOQ) dan Analisis Harga Satuan Pokok Pekerja (AHSP). RAB adalah hasil perhitungan antar volume pekerjaan (BOQ) dengan harga satu yang telah dikalikan dengan indeks yang sesuai dengan Analisis Harga Satuan Pekerjaan, maka:

$$\text{Total Harga} = \text{Volume} \times \text{Harga Satuan} \quad (12)$$

IV. Hasil Dan Pembahasan

Analisis Pengolahan Air Limbah

Penentuan pengolahan air limbah didasarkan pada jenis limbah dan karakteristiknya. BOD dan COD dijadikan sebagai acuan dasar dari limbah yang akan mempengaruhi penentuan proses pengolahan sehingga rasio BOD/COD dapat menentukan proses pengolahan limbah (Putri, dkk, 2012). Berikut kualitas air limbah Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin:

Tabel 2. Hasil Analisis Kualitas Air Limbah

| No | Parameter | Hasil | Baku Mutu | Unit | Metode |
|---------------------|------------------|--------|-----------|-------------|----------------------|
| Fisika | | | | | |
| 1 | TSS | 88,3 | 30 | mg/L | SNI 6989.3: 2019 |
| Kimia | | | | | |
| 1 | pH | 6,46 | - | - | SNI 6989.11: 2019 |
| 2 | BOD | 108 | 30 | mg/L | SNI 6989.72: 2019 |
| 3 | COD | 539 | 100 | mg/L | SNI 6989.2: 2019 |
| 4 | Ammonia (NH3) | 1,3 | 10 | mg/L | SNI 06-6989.30: 2019 |
| 5 | Minyak dan lemak | <0,1 | 5 | mg/L | SNI 6989.10: 2019 |
| Mikrobiologi | | | | | |
| 1 | Total coliform | 170000 | 3000 | MPN /100 ml | SM 23rd 9221B - 2017 |

Sumber: Hasil Uji Laboratorium PT Medialab Indonesia

Berdasarkan tabel di atas, nilai BOD yang didapatkan adalah 108 mg/L dan nilai COD adalah 539 mg/L. Sehingga, Rasio BOD/COD adalah 0,2. Rasio BOD/COD yang digunakan untuk proses biologis adalah di dalam range biodegradable yaitu 0,2-0,5 (Mangkoediharjo, 2010). Oleh karena itu, pengolahan biologis diperlukan dalam pengolahan air limbah di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin. Teknologi pengolahan biologi pada pengolahan air limbah di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin direncanakan menggunakan anaerobic filter.

Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah didasarkan pada jumlah pemakaian air bersih penghuni Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin. Jumlah maksimum penghuni Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin adalah 300 orang dengan rata-rata pemakaian air minum yaitu 120 Liter/orang/Hari (L/o/H). Selain itu, perhitungan debit air limbah juga mencakup debit air bersih pada



fasilitas yang membutuhkan air bersih seperti masjid dan dapur. pemakaian air bersih total di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin adalah 40,5 m³/hari.

Debit air limbah adalah 80% debit air bersih (PUPR, 2016). Sehingga, debit air limbah di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin adalah sebagai berikut:

$$Q \text{ rata-rata} = 40,5 \text{ m}^3/\text{h} \times 80\% = 32,4 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Debit air limbah yang digunakan dalam perhitungan dimensi unit IPAL adalah debit puncak. Debit puncak air limbah dihitung dengan menentukan faktor puncak terlebih dahulu yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor puncak} &= \text{Faktor puncak} = \\ &= \frac{(18 + p^{0,5})}{(4 + p^{0,5})} \\ &= \frac{(18 + 300^{0,5})}{(4 + 300^{0,5})} \\ &= 1,66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit puncak} &= Q \text{ rata-rata} \times \text{faktor puncak} \\ &= 32,4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,66 \\ &= 53,68 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

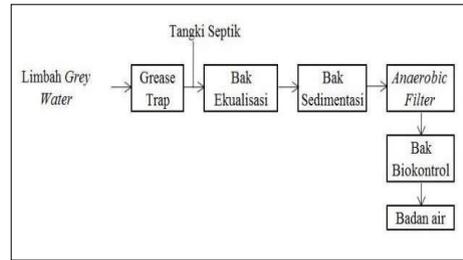
Tabel 3. Debit Puncak

| Parameter | Simbol | Besaran | Satuan |
|--------------|----------|---------|-----------------------|
| Debit puncak | Q puncak | 53,68 | m ³ /h |
| | | 2,23 | m ³ /jam |
| | | 0,037 | m ³ /menit |
| | | 0,0006 | m ³ /s |
| | | 0,6 | L/s |

Sumber: Hasil Perhitungan (2021)

Perhitungan Dimensi Unit IPAL

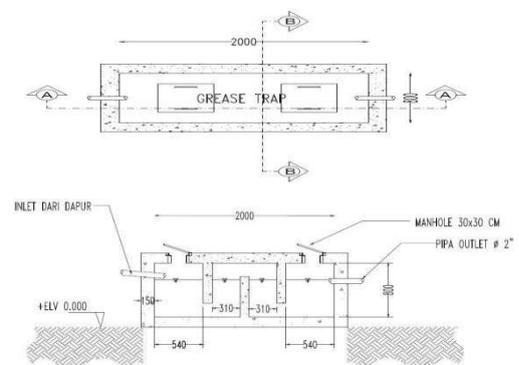
Berikut skema unit IPAL di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin



Gambar 2. Skema IPAL

1. Grease Trap

Grease trap digunakan untuk menangkap minyak, lemak, dan *grey water* yang berasal dari sumber limbah seperti kantin atau dapur agar tidak lolos ke bangunan unit IPAL. Pada unit *grease trap* tidak terjadi penyisihan COD, BOD, dan TSS (Wongthanate, 2014). Waktu tinggal yang direncanakan pada unit *grease trap* yaitu selama 35 menit, kedalaman 0,8 m, dan lebarnya 0,8 m. Perhitungan dimensi *grease trap* menggunakan persamaan 4, 5, dan 6 didapatkan volume, luas, dan panjang keseluruhan *grease trap* masing-masing yakni 1,3 m³, 1,63 m², 2 m. *Grease trap* terdiri atas 2 kompartemen sehingga masing-masing kompartemen memiliki panjang 1 m. Dimensi *grease trap* yang diperoleh adalah panjang 2 m, lebar 0,8 m, dan kedalaman 0,8 m. Berikut gambar unit *grease trap*:

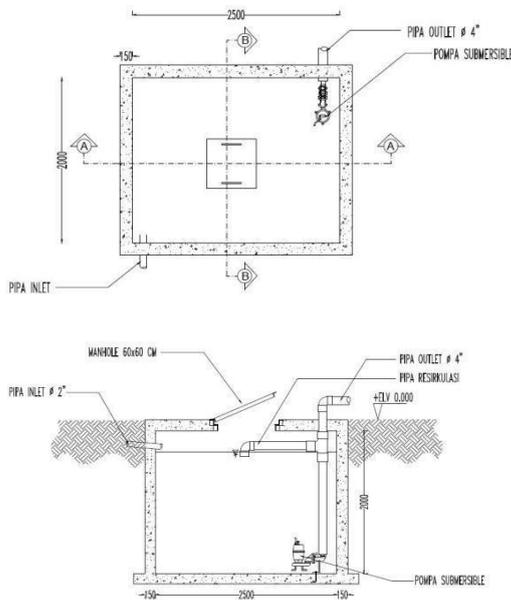


Gambar 3. Denah dan Potongan *Grease Trap*



2. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi sebagai unit penampungan air limbah yang bersumber dari *grease trap* dan tangki septik sebelum dialirkan ke unit bak sedimentasi. Bak ekualisasi digunakan untuk menstabilkan debit dan konsentrasi air limbah sehingga tidak terjadi *shock loading*. Waktu tinggal yang direncanakan pada bak ekualisasi yakni 4,5 jam, kedalaman 3 m dan lebar 2 m. Perhitungan dimensi bak ekualisasi menggunakan persamaan 4, 5, dan 6 didapatkan volume, luas, dan panjang masing-masing yaitu 10,06 m³, 5 m², dan 2,5 m. Dimensi bak ekualisasi yang diperoleh yakni panjang 2,5 m, lebar 2 m, dan kedalaman 3 m. Berikut gambar bak ekualisasi yang direncanakan:

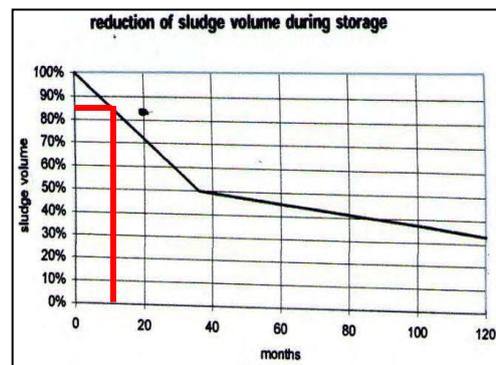


Gambar 4. Denah dan Potongan Bak Ekualisasi

3. Sedimentasi

Air limbah selanjutnya dialirkan menggunakan pompa ke bak sedimentasi untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan bahan

organik tersuspensi. Volume bak sedimentasi dihitung dua kali dari volume lumpur terkompaksi agar tidak terjadi penurunan efisiensi penyisihan akibat akumulasi lumpur. Pengurasan lumpur dilakukan selama 12 bulan. Berdasarkan grafik Sasse (2009), persentase lumpur terkompaksi dengan periode pengurasan lumpur selama 12 bulan adalah 85%

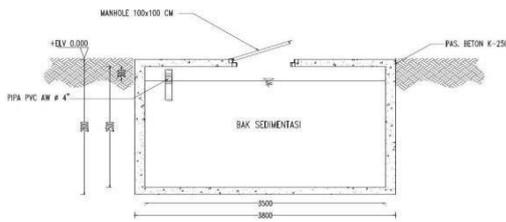


Gambar 5. Persentase Lumpur Terkompaksi

Debit lumpur dihitung menggunakan persamaan 7 dan diperoleh debit lumpur sebesar 0,16 m³/hari, volume lumpur dihitung menggunakan persamaan 8 dan diperoleh volume sebesar 57,16 m³, dan volume lumpur terkompaksi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Vol. lumpur terkompaksi} = V \text{ lumpur} \times (1 - \text{faktor lumpur terkompaksi}) \tag{13}$$

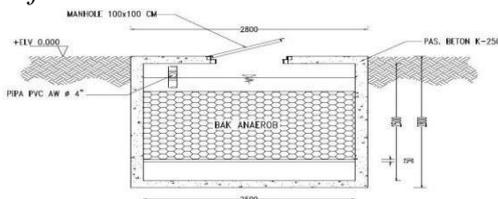
Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan 13, volume lumpur terkompaksi yang dihasilkan sebesar 8,57 m³, dan dari persamaan 7 didapatkan volume bak sedimentasi sebesar 17,15 m³. Dimensi bak sedimentasi yaitu panjang 3,5 m, lebar 2 m, dan tinggi 2,5 m



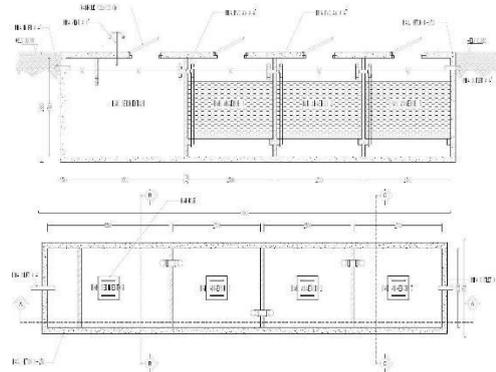
Gambar 6. Bak Sedimentasi

4. Anaerobic Filter

Bak *anaerobic filter* merupakan teknologi IPAL yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik di dalam air limbah. Air limbah domestik mengalir/lewat di antara media dan mikroba yang akan menguraikan bahan organik terlarut dan organik tersuspensi di dalam air limbah domestik, sehingga terjadi pengurangan kandungan organik pada efluen (Kementerian PUPR, 2018). Dalam perencanaan ini, media filter yang digunakan adalah sarang tawon dengan voids sebesar 98% dan luas spesifik permukaan media filter sebesar 200 m²/m³. Waktu tinggal hidrolis (HRT) pada anaerobic filter ditentukan selama 48 jam, lebar 2 m, dan tinggi 2,5 m. Jumlah kompartemen sebanyak 3 kompartemen. Hasil perhitungan menggunakan persamaan 10 dan persamaan 5 didapatkan masing-masing panjang, volume, dan luas anaerobic filter adalah 7,5 m, 112,5 m³, dan 15 m². Dimensi anaerobic filter yaitu panjang 7,5 m, lebar 2 m, dan tinggi 2,5 m. Berikut gambar salah satu kompartemen *anaerobic filter*



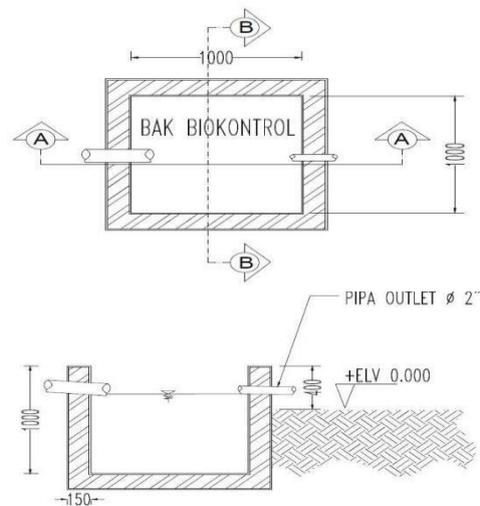
Gambar 7. Anaerobic Filter



Gambar 8. Denah dan Potongan Bak Sedimentasi dan Anaerobic Filter

5. Bak Biokontrol

Bak biokontrol berfungsi sebagai bak untuk pengawasan kualitas efluen air limbah sebelum dialirkan ke badan air. Waktu tinggal pada bak biokontrol direncanakan selama 1 jam dan memiliki kedalaman 1 m. Perhitungan volume menggunakan persamaan 4 dan luas menggunakan persamaan 5. Volume bak biokontrol sebesar 2,24 m³, dan luasnya sebesar 2,24 m². Rasio panjang dan lebar (P:L) adalah 1:1 sehingga dimensi bak biokontrol yaitu panjang 1, lebar 1 m, dan kedalaman 1 m. Berikut gambar bak biokontrol:



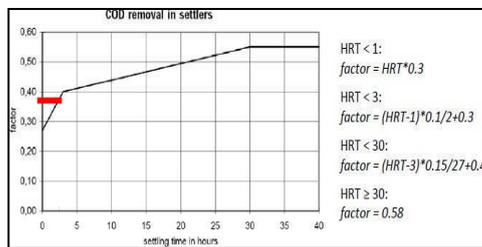
Gambar 9. Denah dan Potongan Bak Biokontrol



Efisiensi Penyisihan COD, BOD, TSS

1. Bak Sedimentasi

- Efisiensi penyisihan COD
COD yang masuk bak sedimentasi memiliki kadar sebesar 539 mg/L. Menentukan faktor penyisihan COD berdasarkan HRT yang direncanakan dengan menggunakan grafik faktor HRT (Sasse, 2009).



Gambar 10. Faktor HRT Bak

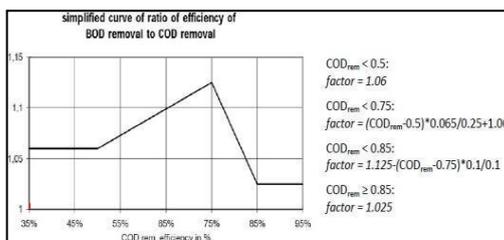
Sedimentasi Persamaan yang digunakan:

$$\text{Faktor HRT} = (\text{HRT}-1) \times (0,1/2) + 0,3 \tag{14}$$

$$\% \text{ penyisihan COD} = (\text{SS Set}/\text{COD} / 0,6) \times \text{faktor HRT} \tag{15}$$

$$\text{COD out} = \text{COD in} \times (1 - \text{COD removal}) \tag{16}$$

- Efisiensi penyisihan BOD
Menentukan faktor penyisihan BOD berdasarkan penyisihan COD dengan menggunakan grafik faktor penyisihan COD (Sasse, 2009)



Gambar 11. Faktor Penyisihan COD

$$\% \text{ penyisihan BOD} = \text{Faktor penyisihan COD} \times \% \text{ penyisihan COD} \tag{17}$$

$$\text{BOD out} = \text{BOD in} \times (1 - \% \text{ penyisihan BOD}) \tag{18}$$

- Efisiensi penyisihan TSS
Menurut Tchobanoglous, dkk (2003), efisiensi penyisihan TSS dapat ditentukan berdasarkan waktu detensi didalam suatu unit.

$$\% \text{ Penyisihan TSS} = \frac{\theta H}{(a + b \times \theta H)} \tag{19}$$

$$\text{TSS out} = \text{TSS in} \times (1 - \% \text{ penyisihan TSS}) \tag{20}$$

Berikut kadar parameter dan persentase penyisihan COD, BOD, dan TSS pada bak sedimentasi:

Tabel 4. Persentase penyisihan COD, BOD, dan TSS Bak Sedimentasi

| Parameter | Kadar Influen (mg/L) | Kadar Efluen (mg/L) | % Penyisihan |
|-----------|----------------------|---------------------|--------------|
| COD | 539 | 387,41 | 28% |
| BOD | 108 | 75,80 | 30% |
| TSS | 88,3 | 36,36 | 59% |

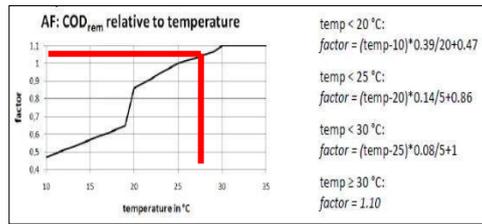
Sumber: Hasil Perhitungan (2021)

1. *Anaerobic Filter*

- Efisiensi penyisihan COD

Perhitungan penyisihan COD didahului dengan mencari faktor temperatur (f-temperatur), f-strength, faktor luas spesifik permukaan media filter (f-A surface), dan faktor HRT (f-HRT).

a. F-temperature



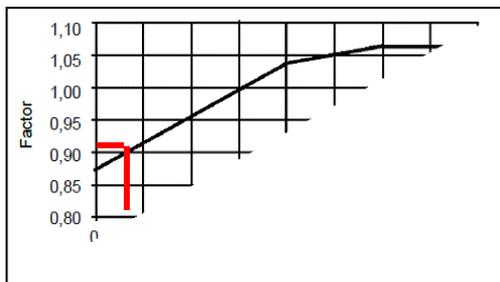
Gambar 12. F-Temperature

Temperatur di sekitar Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin adalah 28° C, sehingga persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Faktor temperature} = \frac{(\text{Temperatur}-25) \times 8.08 + 1}{5} \quad (21)$$

a. F-strength

F-strength didapatkan dari grafik hubungan COD dengan f-strength. F-strength dihitung berdasarkan grafik Sasse (2009). Pada bak *anaerobic filter*, konsentrasi COD yang masuk adalah sebesar 387,41 mg/L.



Gambar 13. Faktor Strength Berdasarkan COD

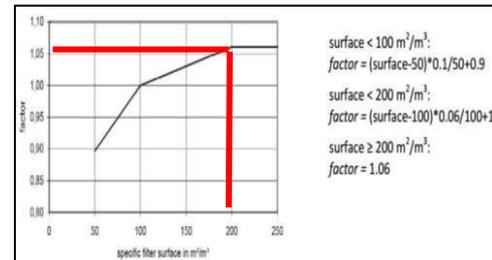
Persamaan yang digunakan yaitu sebagaiberikut:

$$\text{F-strength} = \text{COD in} \times (0,17/2000) + 0,87 \quad (22)$$

b. F-A surface

F-A surface dihitung berdasarkan grafik Sasse (2009). Media filter

berfungsi sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme pengurai. Luas media spesifik ditentukansebesar 200 m²/m³.



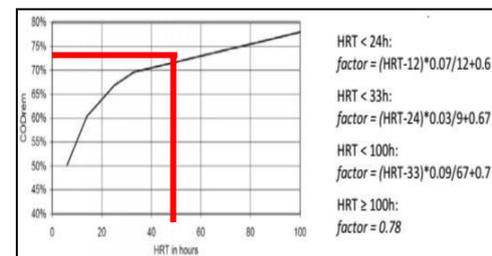
Gambar 14. F-Surface

Persamaan yang digunakan:

$$\text{F-surface} = \frac{((\text{surface}-100) \times 0,06/100) + 1}{1} \quad (23)$$

c. F-HRT

F-HRT dihitung berdasarkan grafik Sasse (2009). HRT dalam bak *anaerobic filter* ditentukan selama 48 jam.



Gambar 15. Faktor HRT

Persamaan yang digunakan:

$$\text{F-HRT} = (\text{HRT}-33) \times (0,09/67) + 0,7 \quad (24)$$

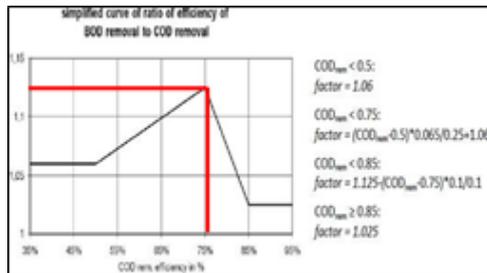
Setelah f-temperature, f-strength, f-surface, dan f-HRT diperoleh, maka persamaan untuk menghitung penyisihan COD adalah sebagai berikut:

$$\% \text{penyisihan COD} = \text{f-temperature} \times \text{f-strength} \times \text{f-surface} \times \text{f-HRT} \times (1 + \text{jumlah filter} \times 0,04) \quad (25)$$

Perhitungan COD out menggunakan persamaan 16.



- Efisiensi penyisihan BOD
Perhitungan efisiensi BOD dihitung berdasarkan grafik Sasse (2009) yaitu grafik faktor penyisihan COD



Gambar 16. Faktor Penyisihan BOD

Persamaan yang digunakan:

Faktor penyisihan BOD = 1,125 – (penyisihan COD-0,75) x 0,1/0,1 (26)

Kemudian mencari persentase penyisihan BOD dan BOD yang keluar menggunakan persamaan 17 dan 18.

Berikut kadar parameter dan persentase penyisihan COD, BOD, dan TSS pada bak *anaerobic filter*:

Tabel 5. Persentase Penyisihan COD, BOD,dan TSS *Anaerobic Filter*

| Parameter | Kadar Influen (mg/L) | Kadar Efluen (mg/L) | % penyisihan |
|-----------|----------------------|---------------------|--------------|
| COD | 387,41 | 86,90 | 78% |
| BOD | 75,80 | 11,16 | 85% |
| TSS | 36,36 | 10,67 | 71% |

Sumber: Hasil Perhitungan (2021)

Efektivitas Pengolahan IPAL

Tingkat efektivitas pengolahan IPAL dinyatakan dalam persentase (%)

penurunan kadar konsentrasi parameter yang terdiri dari COD, BOD, dan TSS. Perhitungan efektivitas dilakukan menggunakan persamaan 11.

1. Efektivitas pengolahan IPAL pada parameter COD

$$E \text{ COD} = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100\%$$

$$= \frac{539 \text{ mg/L} - 86,9 \text{ mg/L}}{539 \text{ mg/L}} \times 100\%$$

$$= 84\%$$

2. Efektivitas pengolahan IPAL pada parameter BOD

$$E \text{ BOD} = \frac{108 \text{ mg/L} - 11,16 \text{ mg/L}}{108 \text{ mg/L}} \times 100\%$$

$$= 90\%$$

3. Efektivitas pengolahan IPAL pada parameter TSS

Tabel 6. Efektivitas Pengolahan IPAL

| Parameter | Persentase Efektivitas | Keterangan |
|-----------|------------------------|----------------|
| COD | 84% | Sangat efektif |
| BOD | 90% | Sangat efektif |
| TSS | 88% | Sangat efektif |

Sumber: Hasil Perhitungan (2021)

Pada penelitian Adi (2016), rangkaian bak sedimentasi dan bak *anaerobic filter* dapat menurunkan konsentrasi COD hingga 80%, BOD 87%, dan TSS 34%, sedangkan dalam penelitian Hamid (2014), rangkaian bak sedimentasi dan bak



anaerobic filter memiliki efisiensi penurunan parameter COD 91,48% dan BOD 85,76. Pada perencanaan ini, efisiensi penurunan parameter COD, BOD, dan TSS pada rangkaian bak sedimentasi dan *anaerobic filter* masing-masing mencapai 84%, 90%, dan 88%. Perbedaan efisiensi penurunan tersebut dapat dipengaruhi beberapa hal seperti debit air limbah, kadar konsentrasi influen, dan dimensi unit.

Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan RAB dalam perencanaan ini meliputi pembersihan lahan dan perataan tanah, penggalian tanah biasa untuk konstruksi, pengurugan pasir dengan pemadatan, pekerjaan beton K-225, pekerjaan pembesian, pekerjaan bekisting lantai, pekerjaan bekisting dinding, dan pemasangan pipa dan aksesoris, pemasangan pompa dan pompa submersible, dan pemasangan media sarang tawon. Pada perencanaan ini, total biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan IPAL di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin yang didapatkan dari perhitungan RAB yakni sebesar Rp 268.214.926.

V. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Perencanaan IPAL di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin Kecamatan Sukatani Kabupaten Bekasi yang telah dilakukan meliputi perhitungan desain, efektivitas pengolahan, dan RAB.

1. Desain perencanaan yang meliputi dimensi (panjang x lebar x tinggi) tiap unit IPAL di Pondok Pesantren Roiyatul Mujahidin yaitu:

- a. *Grease trap* berukuran 2 m x 0,8 m x 0,8 m
 - b. Bak ekualisasi berukuran 2,5 m x 2 m x 2 m
 - c. Bak sedimentasi berukuran 3,5 m x 2 m x 2,5 m
 - d. *Anaerobic filter* berukuran 7,5 m x 2 m x 2,5 m
 - e. Bak biokontrol berukuran 1 m x 1 m x 1 m
2. Efektivitas pengolahan IPAL yang direncanakan di Pondok Pesantren dalam menurunkan konsentrasi COD, BOD, dan BOD dinilai sangat efektif yakni penurunan kadar COD dengan efektivitas 84%, efektivitas penurunan BOD mencapai 90%, dan efektivitas penurunan TSS mencapai 88%.
 3. Perencanaan IPAL di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin memerlukan Rencana Anggaran Biaya sebesar Rp 268.214.926.

Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis yakni:

1. Perlu adanya kajian perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik (SPAL-D).
2. Perlu adanya kajian lebih lanjut pada tingkat penurunan mikroorganisme terutama bakteri patogen.
3. Perlu adanya organisasi yang bertanggung jawab untuk pengelolaan dan perawatan IPAL agar IPAL tetap berfungsi secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, Habib P., Mohammad Razid,



- dan Atiek Moesriati. 2016. *Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobic Filter*. Jurnal Teknik ITS. Vol.5 No. 2.
- Damayanti, Debi, Evelin M. Wuisan, dan Alex Binilang. 2018. *Perencanaan Sistem Jaringan Pengolahan Air*.
- Fair, Gordon Maskew dan John Charles Geyer. 1954. *Water Supply and Waste Water Disposal: 4 Edition*. New York: Wiley.
- Firmansyah, Yogie Restu dan Mohammad Razif. 2016. *Perbandingan Desain IPAL Anaerobic Biofilter dengan Rotating Biological Contactor untuk Limbah Cair Tekstil di Surabaya*. Jurnal Teknik ITS. Vol. 5. No. 2.
- Fitriana, Lia dan Encik Weliyadi. 2016. *Uji Efektivitas Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Pertamedika Menggunakan Sistem Biofilter Aerob- Anaerob*. Jurnal Harpodon Borneo Vol. 9. No. 2.
- Gupta, Sanjay Kumar. 2019. *Application of Microalgae in Wastewater Treatment*.
- Hamid, Ahmad dan Mohammad Razif. 2014. *Perbandingan Desain IPAL Proses Attached Growth Anaerobic Filter dengan Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya*. Jurnal Teknik Pomits. Vol. 3. No. 2.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2016. *Buku 3 Pembangunan Infrastruktur Sanimas IDB*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2018. *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2018. *Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik – Terpusat Skala Permukiman*.
- Mangkoedihardjo, Sarwoko dan Ganjar Samudro. 2010. *Review on BOD, COD and BOD/COD Ratio; a Triangle Zone For Toxic, Biodegradable, and Stable Levels*.
- Manurung, Andy Saputra. 2014. *Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah dan Kualitas Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah dr. H. Ansari Saleh di Kota Banjarmasin*.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68 / Menlhk / Setjen / Kum.1 / 8 / 2016 Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin. 2021. *Profil Pondok Ro'iyatul Mujahidin*.



- Putri, Arifani Rakhma, Ganjar Samudro, dan Dwi Siwi Handayani. 2012. Penentuan Rasio BOD/COD Optimal pada Reaktor Aerob, Fakultatif, dan Anaerob.
- Sasse, Ludwig. 2009. *DEWATS Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries – Practical Guide*. Jerman: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA).
- Soeparman, dan Suparmin. 2001. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Tchobanoglous, George, Franklin L. Burton, H. David Stensel. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Singapur: McGraw Hill, Inc.

