

**PERENCANAAN BANGUNAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR  
LIMBAH (IPAL) KOMUNAL DOMESTIK DENGAN PROSES  
ANAEROBIC BAFFLED REACTOR (ABR) PADA ASRAMA PON-PES  
TERPADU NURUL MUSTHOFA DI KABUPATEN TABALONG  
KALIMANTAN SELATAN**

**Chairul Abdi, Riza Miftahul Khair, Titis Sofi Hanifa**

*Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat,  
Jl. A.Yani Km 36 Banjarbaru, 70714 Indonesia  
E-mail : chairulabdi@ulm.ac.id*

**ABSTRAK**

*Pondok pesantren menyediakan asrama sebagai tempat menghuni para siswa. Beberapa kegiatan di asrama ini menghasilkan limbah. Semakin banyak penghuni yang menempati asrama semakin banyak pula limbah yang dihasilkan, salah satunya adalah limbah cair hasil dari kegiatan MCK. Pondok pesantren Nurul Musthofa memiliki jumlah penghuni dengan kapasitas maksimal 475 orang, sehingga apabila penghuni tersebut memenuhi kapasitas terbanyak, maka limbah yang akan dihasilkan adalah 45,6 m<sup>3</sup>/hari. Pondok pesantren ini memiliki beberapa sarana sanitasi yang kurang layak, oleh sebab itu perlu adanya upaya perbaikan sanitasi yakni merencanakan instalasi pengolahan air limbah domestik yakni Anaerobic Baffled Reactor (ABR). Kualitas air limbah domestik BOD, COD, TSS, pH yang digunakan sebagai perencanaan yaitu 167mg/l, 469mg/l, 209mg/l, 7. ABR yang akan direncanakan memiliki 5 kompartemen dengan total dimensinya panjang, lebar, dan kedalaman adalah 9,85 meter, 2.8 meter, dan 2.3 meter. Biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan ABR ini adalah Rp.225.000.000,00, dengan waktu kegiatan pembangunan yang direncanakan adalah 5 bulan.*

**Kata Kunci :** *Anaerobic Baffled Reactor, Air Limbah domestic, Asrama, Pondok Pesantren.*

**ABSTRACT**

*The Boarding school provides the dormitory as a living place for the students. Some of the activities in the dorm produce the wast. The more people who live in the dorm, the more waste that will be produce, whice one is the wastewater from Bathing, Washing, and to defecate. Nurul Musthofa Boarding school has the occupants by maximal capacity of 475 people, if the occupants fill the most excessily capacity, the the wastewater that will be produced is 45.6 m<sup>3</sup>/day. This Boarding school has some inapproviat sanitation facilities, therefore it needs an improvement of the sanitation, that is to design the Wastewater Treatment Plant Anaerobic Baffled Reactor (ABR). The quality of domestic wastewater BOD, COD, TSS, pH used as planning is 167mg/l, 469mg/l, 209mg/l, 7. ABR planned to have 5 compartementswith a total dimesion of length, width, and depth is 9,85 meter, 2.8 meter, dan 2.3 meter. The cost needed for the construction of this ABR is Rp.225.000.000,00*

**Keywords :** *Anaerobic Baffled Reactor, the boarding school, the dormitory, wastewater.*

## 1. PENDAHULUAN

Pondok Pesantren Tahfidz Nurul Musthofa merupakan salah satu sekolah berbasis pondok di Kabupaten Tabalong yang menyediakan asrama sebagai tempat untuk menghuni para santri dan santriwati. Jumlah penghuni maksimal asrama menggunakan perhitungan kapasitas gedung dan rencana pembangunan pada pondok pesantren. Berdasarkan pendekatan tersebut didapatkan jumlah penghuni maksimal pondok pesantren 475 orang dengan jumlah debit air limbah domestik yang dihasilkan sebesar  $45,6 \text{ m}^3/\text{hari}$ .

Jenis air limbah yang dihasilkan oleh asrama ini berupa *greywater* dan *blackwater*. Air limbah dengan jenis *Blackwater* dari kegiatan kakus umumnya ditampung dalam tangki septik, sedangkan untuk air limbah dengan jenis *greywater* hasil dari kegiatan mandi dan cuci, langsung dialirkan ke permukaan tanah dan danau buatan sehingga tidak melalui tahap pengaliran di drainase terlebih dahulu. Meskipun air limbah jenis *grey water* sebagian besar merupakan bahan organik yang mudah terdegradasi, namun secara kuantitas cenderung semakin meningkat sejalan dengan banyaknya penghuni pada sebuah asrama. Menurut Wulandari & Puji (2014) apabila jumlah air limbah domestik (*blackwater* dan *greywater*) yang dihasilkan serta dibuang melebihi dari kemampuan lingkungan untuk menerimanya, maka akan terjadi kerusakan lingkungan dan dapat meningkatkan potensi masyarakat terkena penyakit (Khairina, N. 2015). Dengan begitu untuk mencegah dampak dari pencemaran limbah domestik tersebut diharapkan pondok pesantren memiliki kualitas sanitasi yang layak serta terdapat Instalasi Pengolahan Air Limbah domestik (IPAL).

Berbagai permasalahan yang ditimbulkan oleh air limbah domestik, perlu adanya pengolahan air limbah untuk mengurangi kandungan, padatan tersuspensi, mikroba patogen, senyawa organik (Wulandari P.R.2014). Pengolahan air limbah terdapat 2 sistem, yaitu dengan sistem terpusat dan setempat. Kabupaten Tabalong saat ini belum memiliki IPAL dengan sistem terpusat, sehingga IPAL komunal dengan sistem setempatlah yang dapat digunakan. Sistem setempat (on-site) merupakan sistem pengolahan dimana fasilitas instalasi pengolahan berada didalam batas tanah yang dimiliki (Simanjuntak,E., dkk. 2014).

Perencanaan kali ini, akan dirancang instalasi pengolahan air limbah dengan unit ABR sebagai unit alternatif untuk mengolah limbah cair domestik yang dihasilkan oleh kegiatan di asrama. Perencanaan ABR akan disesuaikan dengan ketersediaan lahan yang ada, debit air limbah yang dihasilkan, kemudahan dalam operasional dan perawatan, aspek finansial serta efisiensi dalam pengolahan air limbah. ABR memiliki keunggulan dimana dalam proses pengolahan air limbah memiliki efisiensi yang tinggi, seperti pada penelitian Razif & Hamid (2014) efisiensi removal Tanki septic dengan ABR sebesar 89,9% untuk COD dan 94,6% untuk BOD. Dari segi konstruksi unit ABR ini tidak membutuhkan lahan yang luas dan dapat dibangun di bawah permukaan tanah, sehingga cocok digunakan pada lahan yang terbatas.

## 2. METODE PERENCANAAN

Dalam menyelesaikan perencanaan diperlukan langkah-langkah yang sistematis agar penyelesaiannya dapat berjalan dengan baik. Pengolahan data dapat dilakukan setelah melakukan studi pustaka dan literatur serta observasi lapangan secara langsung, hal ini bertujuan agar diperolehnya gambaran permasalahan yang ada di lokasi sehingga didapatkan ide suatu perencanaan.

Data yang telah dikumpulkan akan diolah meliputi :

1. Analisis penentuan letak dan lokasi perencanaan IPAL komunal.
2. Perhitungan debit air limbah yang dihasilkan dengan mengasumsikan sebesar 80% dari penggunaan air bersih dan jumlah penghuni maksimal yang ada di asrama pondok pesantren.
3. Perencanaan ABR sesuai dengan penetapan kriteria desain dari sumber pustaka.
4. Merencanakan jaringan perpipaan berdasarkan letak IPAL komunal dengan sarana MCK.
5. Merencanakan anggaran biaya yang diperlukan dalam perencanaan IPAL komunal berdasarkan pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kabupaten Tabalong Tahun 2017.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Gambaran Umum Lokasi Perencanaan

Lokasi yang digunakan sebagai tempat perencanaan ini berada di asrama tepatnya pada Pondok Pesantren Terpadu Nurul Musthofa Jalan Mabuun Raya Komplek Swadarma Lestari Kecamatan Murung Pudak Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan. Wilayah Kecamatan Murung pudak memiliki kondisi topografi dengan tingkat kemiringan 0-8%, serta masuk dalam kategori dataran rendah dengan ketinggian 7-25 m dibawah permukaan laut.



(Sumber : Google Earth 2016)

**Gambar 1.** Lokasi Perencanaan

#### 3.2 Kebutuhan Air Bersih dan Debit Air Limbah Domestik

Dalam merencanakan instalasi pengolahan air limbah diperlukan informasi mengenai debit air limbah yang didapat dari perhitungan teoritis kebutuhan air bersih di lokasi perencanaan dan jumlah maksimal penghuni asrama. Perhitungan teoritis untuk kebutuhan air bersih serta debit air limbah digunakan, karena pondok pesantren ini terbilang baru dan masih dalam tahap perkembangan serta pembangunan gedung tambahan, sehingga jumlah penghuni asrama pada saat ini masih belum maksimal. Beberapa data dan informasi diperlukan untuk bahan perhitungan teoritis nilai debit air limbah yang dihasilkan.

Hasil dari observasi dan wawancara dengan pengurus pondok pesantren didapat berupa data jumlah gedung, rencana pembangunan gedung kedepannya, serta jumlah kamar pada asrama. Dari data dan informasi yang ada maka didapatlah berupa data jumlah gedung, yaitu terdapat 3 gedung, yang mana 2 gedung rencananya akan digunakan sebagai asrama dan satu gedung yang lain di fungsikan sebagai ruang pembelajaran. Gedung yang akan digunakan sebagai asrama memiliki jumlah kamar 19 ruang dan 1 ruang lagi digunakan sebagai gudang penyimpanan. Untuk 1 ruangan kamar pada gedung asrama dapat memuat penghuni maksimal yaitu 25 orang, sehingga didapat untuk jumlah penghuni maksimal di asrama pondok pesantren ini adalah 475 orang.

Untuk mendapatkan nilai debit air limbah diperlukan juga informasi tentang kebutuhan air bersih tiap penghuni perharinya, yang mana diambil berdasarkan dari SNI 03-7065-2005, yang mana kebutuhan air bersih untuk asrama adalah 120 L/penghuni/hari. Sehingga dari data-data yang telah tersedia, didapatlah jumlah debit air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan-kegiatan yang ada di asrama, dengan menggunakan rumus (2.1). Debit air limbah yang dihasilkan yaitu 45.6 m<sup>3</sup>/hari, dengan debit puncaknya adalah 3.27 m<sup>3</sup>/jam.

### 3.3 Analisis Kualitas Air Limbah Domestik

Analisis kualitas air limbah domestik dilakukan langsung dilapangan serta di Laboratorium Lingkungan Kabupaten HST. Pengambilan sampel dilakukan di bak septictank yang ada di Pondok Pesantren Terpadu Nurul Musthofa. Data kualitas air limbah domestik ini akan digunakan sebagai data untuk perencanaan bangunan instalasi pengolahan air limbah komunal dengan perhitungan detail unit-unit instalasi pengolahan.

**Tabel 1** Hasil Kualitas Air limbah Domestik

No	Parameter	Unit	Metode Analisa	Baku mutu	Hasil
1	Total Suspended Solid (TSS)	Mg/L	SNI 06-6989.3-2004	30	209
2	BOD <sub>5</sub>	Mg/L	Titirasi Winkler	30	167
3	COD	Mg/L	SNI 6989.2:2009	100	469
Mikrobiologi					
4	E-Coli	Jml/100MI	MPN	3000	>1600
5	pH		pH Test Paper	6-9	7
6	Temperatur	°C	Thermometer		28

Dari hasil data kualitas air limbah domestik diatas didapat nilai dengan kadar TSS yang tinggi yaitu 209 mg/L, BOD<sub>5</sub> 167 mg/L, COD 469 mg/L dan E-coli lebih dari 1600 jumlah/100ml, untuk parameter pH masih berada pada nilai yang normal, namun beberapa parameter yang lain memiliki nilai yang berada diatas baku mutu, sehingga diperlukan pengolahan air limbah domestik agar tidak terjadi pencemaran pada lingkungan sekitar, ditambah lagi dengan jumlah debit air limbah yang dihasilkan termasuk besar. Untuk mengolah air limbah domestik tersebut diperlukannya suatu instalasi pengolahan air limbah, yaitu berupa bangunan unit IPAL komunal dengan proses Anaerobic Baffled Reactor (ABR). Pemilihan untuk menggunakan bangunan IPAL komunal ABR sebagai unit pengolah air limbah domestik ini didapat dari pertimbangan beberapa kelebihan yang dimilikinya yaitu mampu mengolah air limbah dengan tingkat efisiensi yang tinggi serta biaya desain dan operasionalnya yang rendah (Hahn, Martha,dkk. 2015).

### 3.4 Analisis pemilihan Lokasi IPAL Komunal

Analisis pemilihan lokasi IPAL komunal didasarkan beberapa aspek dan persyaratan, salah satunya yang dicantumkan oleh SNI 03-2398-2002, yang mana jarak IPAL Komunal dengan sumur minimal 10 m, jarak IPAL Komunal dengan bangunan sekitar minimal 1.5 m, serta jarak dari pipa air bersih minimal 3m. Penggunaan lahan disekitar lokasi perencanaan sebagian besar didominasi untuk daerah gedung sekolah serta pemukiman penduduk. Selain itu, diwilayah ini terdapat juga badan air berupa danau buatan milik pondok serta anak sungai. Dengan demikian konsep yang akan diterapkan adalah tidak adanya air limbah yang dibuang ke badan air sebelum terolah. Dari hasil pengamatan dan observasi di lapangan didapatkan area yang akan digunakan untuk ketersediaan lahan perencanaan IPAL komunal yaitu 20 m x 10m.



Gambar 2. Lokasi Rencana untuk Bangunan IPAL ABR

### 3.5 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Kriteria

Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal memiliki beberapa unit pengolahan yang akan direncanakan yaitu bak pengendap dan bak kompartemen. Perencanaan bangunan instalasi tersebut harus disesuaikan dengan kriteria desain yang telah ditentukan. Kriteria desain yang digunakan untuk merencanakan ABR yaitu :

Tabel 2. Kriteria Desain ABR

Kriteria Desain	Satuan	Nilai	Sumber
Organic Loading Rate (OLR)	kgCOD/m <sup>3</sup> .hari	< 3	Sasse (2009)
Kecepatan Airan (Vup)	m/jam	< 2	Sasse (2009)
Hydraulic Retention Time (HRT)	Jam	> 8 (8-20)	Sasse (2009)
Rasio COD/BOD	-	1.5-3.5	Sasse (2009)
Panjang bak	Dari kedalaman	50-60 %	PermenPUPR04 (2017)

a. Bak Pengendap

Pengolahan awal umumnya dilakukan dengan menggunakan unit Bak pengendap. Bak pengendap ini berfungsi sebagai proses pengendapan awal partikel diskrit maupun tersuspensi sehingga mampu mengurangi beban air limbah yang akan masuk ke unit pengolahan selanjutnya (Hamid & Razif, 2014).

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan untuk Perencanaan Bak pengendap

Hasil	Nilai	Kriteria Desain (sasse,2009)	Satuan
Waktu pegurasan	2	2-3	Tahun
HRT	2.5	2-4	Jam
Effluen COD	342.96		Mg/l
Effluen BOD <sub>5</sub>	119.43		Mg/l
Effluen TSS	137.47		Mg/l
Vol Aktual (cek)	19.9		m <sup>3</sup>
Panjang (p)	3.5		M
Lebar (l)	2.5		M
Kedalaman (h)	2		M
Vh	0.00006	Vs > Vh	m/det
Vs	0.033	Vs > Vh	m/det
SS/COD	0.43	0.35 - 0.45	-

Pada bak pengendap ini akan dihasilkan lumpur hasil proses pengendapan, yang mana lumpur ini akan dikuras minimal 24 bulan sekali dipilih sesuai dengan yang direncanakan dengan volume lumpur 5.08 m<sup>3</sup>.

HRT bak pengendap yang dipilih yaitu 2.5 jam, dengan hasil penyisihan COD sebanyak 27% dengan effluent 342.96 mg/l, penyisihan BOD sebanyak 28% dengan hasil effluent 119.43 mg/l dan penyisihan TSS sebanyak 71% dengan hasil effluent 137.47 mg/l. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan dimensi dari bak pengendap yaitu lebar bak 2.5 m, panjang bak 3.5 m serta kedalaman bak yang ditentukan yaitu 2 m. Hasil nilai Vs (kecepatan mengendap lumpur) yang didapat pada bak pengendap lebih tinggi dari pada Vh (kecepatan aliran) sehingga lumpur yang mengendap tidak akan terangkat kembali atau mengapung, dengan nilai Vs adalah 0.033 m/det dan Vh adalah 0.000060 m/det.

b. Bak Kompartemen

Bak kompartemen pada ABR mampu mengolah berbagai macam pencemar pada air limbah domestik. Dalam perhitungan dimensi ABR, hal yang perlu diperhatikan adalah kecepatan aliran.

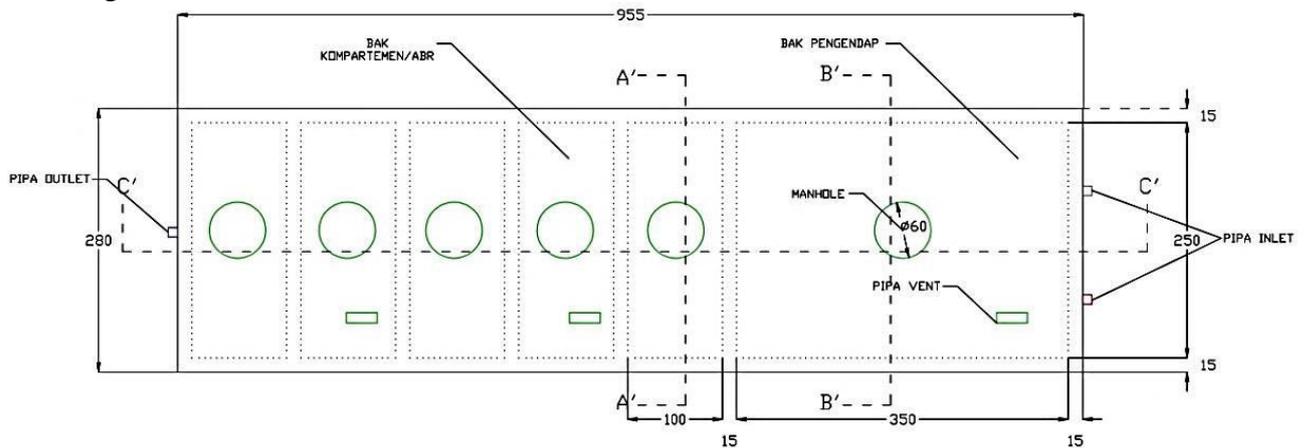
**Tabel 4.** Hasil Perhitungan untuk Perencanaan Bak Kompartemen

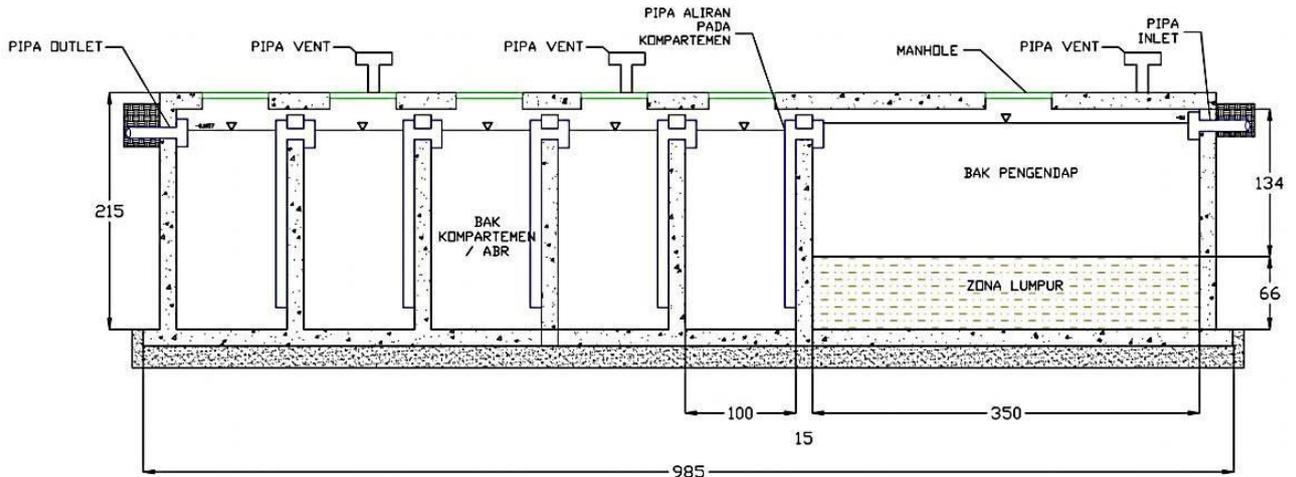
Hasil	Nilai	Kriteria Desain (sasse,2009)	Satuan
Jumlah Kompartemen	5		Bak
Rasio COD/BOD	2.87	1.5 – 3.5	-
HRT	15.7	> 8 (8-20)	Jam
Effluen COD	54.51		Mg/l

Hasil	Nilai	Kriteria Desain (sasse,2009)	Satuan
Effluen BOD <sub>5</sub>	16.47		Mg/l
Effluen TSS	23.44		Mg/l
Vol Aktual (cek)	25		m <sup>3</sup>
Panjang (p)	1	50-60% Kedalaman	M
Lebar (l)	2.5		M
Kedalaman (h)	2		M
OLR	0.86	< 3	KgCOD/m <sup>3</sup> .hari
Kec. Aliran (Vup)	1.3	< 2	m/jam
Produksi Gas	2.32		m <sup>3</sup> /jam

Pada unit ABR akan direncanakan memiliki 5 kompartemen bak, yang mana penentuan jumlah kompartemen tersebut disesuaikan dengan ketersediaan lahan serta HRT optimal yang mana akan mempengaruhi hasil effluent pada pengolahan di bak ABR. Pada perencanaan bak ABR, akan ditentukan HRT nya yaitu 15.7 jam, dengan hasil penyisihan total yang didapat adalah COD sebanyak 88% ,penyisihan BOD sebanyak 90% dan penyisihan TSS sebanyak 89%. Dari total penyisihan tiap parameter tersebut, menghasilkan effluent COD 54.51 mg/l, BOD 16.47 mg/l, serta TSS 23.44 mg/l.

Dimensi bak ABR yang akan direncanakan yaitu dengan lebar bak ABR 2.5 m , panjang ABR per kompartemen 1 m, serta kedalaman ABR yang ditentukan yaitu 2 m. Produksi gas yang akan dihasilkan pada perencanaan ABR ini yaitu sebesar 2.22 m<sup>3</sup>/jam Nilai OLR atau organic loading rate pada ABR yang akan direncanakan adalah 0.8666 COD/m<sup>3</sup>.hari, sedangkan nilai untuk kecepatan up-vlow atau Vup didapat yaitu 1.3 m/jam, yang mana hasil tersebut telah memenuhi kriteria desain untuk perencanaan bangunan ABR.

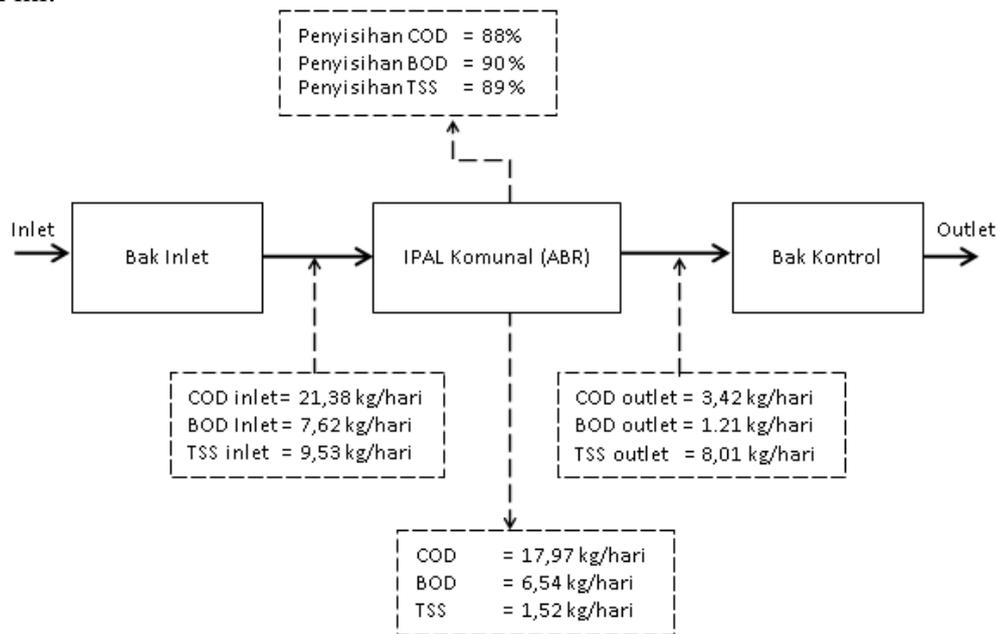




Gambar 3. Denah dan Potongan IPAL Komunal ABR

### 3.5 Kesetimbangan Massa (Mass Balance)

Perhitungan kesetimbangan massa atau mass balance dibutuhkan untuk melihat aliran bahan masuk dan keluar dalam suatu proses yang mana berisi kuantitas komponen-komponen serta proses secara keseluruhan. Hasil perhitungan mass balance dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Diagram Mass Balance dengan Nilai Penyisihan Total

IPAL komunal ABR yang direncanakan mampu mengolah air limbah dengan total penyisihan COD 88% dengan hasil effluennya 3.42 kg/hari, total penyisihan BOD 90 % dengan hasil effluennya 1.21 kg/hari, dan untuk total penyisihan TSS yaitu 89 % dengan hasil effluennya adalah 8.01 kg/hari.

### 3.6 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya pada perencanaan ini mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) kabupaten Tabalong 2017. Pada perencanaan bangunan IPAL komunal ABR terdapat

4 jenis pekerjaan, yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, pekerjaan beton, serta pekerjaan pipa dan accessorie. Keempat pekerjaan tersebut memiliki beberapa uraian kegiatan dengan total biayanya. Berdasarkan nilai HSPK serta volume tiap pekerjaan perencanaan bangunan ABR, maka dapat diketahui total biaya keseluruhan tiap pekerjaannya. Total rencana anggaran biaya tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5.** Total Rencana Anggaran Biaya ABR

No	Jenis Pekerjaan	Total Biaya (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	2,967,000.00
2	Pekerjaan Tanah	25,962,231.76
3	Pekerjaan Beton	105,243,298.40
4	Pekerjaan Pipa dan Accessories	90,313,484.16
<b>Total keseluruhan Biaya</b>		<b>224,486,014.32</b>
Dibulatkan		<b>225,000,000.00</b>

Berdasarkan Tabel 5. diatas rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan IPAL komunal ABR pada pondok pesantren adalah Rp. 225.000.000,00.

#### 4. KESIMPULAN

1. Debit air limbah domestik yang dihasilkan oleh kegiatan yang ada di asrama Pon-Pes Nurul Musthofa adalah 45.6 m<sup>3</sup>/hari.
2. Bangunan Instalasi Pengolahan air limbah domestik unit ABR yang direncanakan yaitu terdiri dari bak pengendap dan 5 bak kompartemen. Untuk bak pengendap memiliki dimensi lebar, panjang, kedalaman adalah 2.5 meter, 3.5 meter, dan 2 meter. Sedangkan dimensi untuk tiap bak kompartemen ABR masing-masingnya adalah 2.5 meter, 1 meter, dan 2 meter.
3. Anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan satu unit Instalasi Pengolahan Air Limbah ABR di Pon-Pes Nurul Musthofa yakni sebesar RP. 225.000.000,00.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hahn, M.J., L.A. Fuguroa. 2015. Pilot scale application of anaerobic baffled reactor for biologically enhanced primary treatment of raw municipal wastewater. *Water Research in ELSEVIER*. 87:494-502.
- Khairina, N. 2015. Perencanaan Teknologi Sanitasi sebagai Upaya bebas buang air besar sembarangan di kecamatan genten. Skripsi. Fakultas teknik sipil dan perencanaan, ITS. Surabaya
- Metcalf dan Eddy, Inc. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill, Inc: USA.

- Movahedyan. H., A. Assadi, & A. Parvaresh. 2007. Performance Evaluation Of An Anaerobic Baffled Reactor Treating Wheat Flour Starch Industry Wastewater. Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng. 4(2),77-84
- Razif, M.,& A. Hamid, 2013. Perbandingan kinerja IPAL Anaerobic Filter dengan Anaerobic Baffled Reactor untuk implementasi di Pusat Perbelanjaan Kota Surabaya. Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana XIV – ITS. ISBN 978-602-96565-7-2
- Sasse. 2009. Decentralized Wastewater Treatment System and Sanitation in Developing Countries (DEWATS). Bremen : Borda
- Simanjuntak, E. H. Widiastuti, Dkk. 2014. Peluang Investasi Infrastruktur Bidang Pekerjaan Umum.
- Singh, Shirish., dkk. 2009. Performance of an Anaerobic Baffled Reactor and Hybrid Constructed Wetland Treating High-Strength Wastewater in Nepal – A Model for DEWATS. Journal Ecological Engineering. Vol 35, 654 – 660.
- 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.