

Perencanaan Instalasi Pengolah Air Limbah Komunal Domestik Dengan Unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) Di Desa Mojosari, Kecamatan Kauman Kabupaten Tulungagung

(Domestic Waste Water Treatment Planning With *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) Unit In Mojosari Village, Kauman District, Tulungagung City)

¹⁾Dandhy Agus Bayhaqi, ²⁾Candra Dwi Ratna Wulandari, ³⁾Evy Hendriarianti

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang
Jalan Bendungan Sigura-Gura No.2, Sumbersari, Lowokwaru, Kota Malang

E-mail: ¹⁾agusdandhy48@gmail.com ²⁾candra_wulandari@lecturer.itn.ac.id

³⁾evyhendriarianti@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK: Desa Mojosari, Kecamatan Kauman, Kabupaten Tulungagung tergolong dalam desa dengan sistem sanitasi yang kurang memadai, hal ini digambarkan dengan hampir seluruh rumah mengarahkan pipa pembuangan limbah *greywater* ke saluran drainase yang outputnya badan air. Penelitian ini bertujuan memberikan solusi pengolahan air limbah domestik sebelum dibuang langsung ke badan air, dengan membuat desain Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) Komunal menggunakan unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). didasarkan pada banyaknya kemudahan dalam operasional dan perawatan.

Perhitungan IPAL unit ABR terbagi berdasarkan perhitungan debit air limbah rata-rata yaitu IPAL Tipe A dengan debit 61392 lt/hari, IPAL Tipe B dengan debit 54944 lt/hari dan 56336 lt/hari, IPAL Tipe C dengan debit 46816 lt/hari dan 48672 lt/hari, serta IPAL Tipe D dengan debit 22384 lt/hari.

Efisiensi removal TSS dihasilkan 60% di semua tipe IPAL, removal COD dan BOD di IPAL tipe A yaitu 84,46% dan 90,80%, removal COD dan BOD di IPAL tipe B 86,42% dan 92,28%, removal COD dan BOD di IPAL tipe C 86,42% dan 92,28, removal COD dan BOD di IPAL tipe D 87,41% dan 93,01%.

Kata Kunci: *Air Limbah, ABR, COD, BOD, TSS*

ABSTRAK: Mojosari Village, Kauman District, Tulungagung City is classified as a village with an inadequate sanitation system, this is illustrated by almost all houses directing the waste pipe *greywater* to a drainage channel whose output is a body of water. This study aims to provide a solution for domestic wastewater treatment before being discharged directly into the water body, by designing a Communal Wastewater Treatment Plant (IPAL) using *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) unit. based on the many ease in operation and maintenance.

The calculation of IPAL for ABR units is divided based on the calculation of the average wastewater discharge, namely IPAL Type A with a discharge of 61392 lt / day, IPAL Type B with a debit of 54944 lt / day and 56336 lt / day, IPAL Type C with a discharge of 46816 l / day and 48672 lt / day, as well as IPAL Type D with a debit of 22384 l / day.

TSS removal efficiency resulted in 60% in all types of WWTP, removal of COD and BOD in IPAL type A, namely 84.46% and 90.80%, removal of COD and BOD in IPAL type B 86.42% and 92.28%, removal of COD and BOD in IPAL type C 86.42% and 92.28, removal of COD and BOD in IPAL type D 87.41% and 93.01%.

Keywords: *Wastewater, ABR, COD, BOD, TSS*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada era modern sudah berkembang dengan pesat, sehingga kebutuhan kesehatan lingkungan diharapkan mampu tercapai dengan mudah. Perkembangan teknologi yang dibarengi pertumbuhan penduduk yang sangat besar pula, maka kesehatan lingkungan sebagai tujuan utama pembangunan akan terkena dampak. Karena pertumbuhan penduduk berarti akan mengurangi keberadaan lahan kosong yang sebelumnya banyak tersedia. Akibatnya kurangnya daerah resapan serta menurunnya akses sanitasi yang sehat kepada masyarakat. Diperlukan teknologi berbentuk fasilitas lingkungan untuk membantu mempertahankan kualitas lingkungan yang sehat.

Pengolahan air limbah domestik pada prinsipnya digunakan untuk menurunkan pencemar organik, membunuh organisme patogen, menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun, dan bahan pencemar yang tidak dapat terdegradasi secara alami. (Endah, 2014)

Desa Mojosari merupakan desa yang terletak di Kecamatan Kauman, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur dengan luas 1,52 km² dan mempunyai jumlah penduduk sebesar 3796 jiwa. (BPS, 2019). Desa ini minim pengetahuan mengenai bentuk kesehatan lingkungan, yang digambarkan dengan fasilitas pengolahan air limbah domestik yang belum memadai di Desa Mojosari, yaitu 70% dari masyarakat Desa Mojosari sudah memiliki pengolahan air limbah *black water* di rumahnya masing-masing berupa *septic tank*. Namun tata letak *septic tank* tidak memperhatikan standar yang berlaku sehingga tidak sedikit masyarakat yang mempunyai sumber air baku di rumahnya berupa sumur yang harus ditutup karena akibat merembesnya air dari *septic tank* ke sumur. Untuk limpasan air limbah domestik *grey water* sama sekali belum adanya pengolahan lebih lanjut, sehingga masyarakat hanya menggunakan pipa PVC sebagai saluran pembuangan ke aliran air terdekat yang merupakan anak sungai ataupun ke saluran air yang fungsi aslinya dipergunakan sebagai saluran air hujan.

Lahan yang ada di badan sungai sangat minim yang berkisar $\pm 5\text{m} \times 3\text{m}$ jika akan dibangun Instalasi Pengolah Air Limbah. Berdasarkan pada kondisi eksisting yang diketahui, maka dilakukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal

Domestik dengan menggunakan unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), karena keunggulannya dalam kemudahan pengoperasian karena tidak membutuhkan tenaga operasional khusus, stabil dan tahan terhadap hidrolis serta *organic shock loading*, mudah dalam perawatan karena hanya butuh dilakukan pengurasan setiap 2-3 tahun sekali, sehingga biaya pemeliharaan yang dikeluarkan relatif murah.

METODOLOGI

A. Lokasi Perencanaan

Dilakukan pada masing-masing Rukun Warga Desa Mojosari, Kecamatan Kauman, Kabupaten Tulungagung, yang mempunyai jumlah 6 RW.

B. Metode Perencanaan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam perencanaan IPAL Komunal Domestik, diantaranya:

- Perhitungan Proyeksi
- Perhitungan Kebutuhan Air Bersih dan Debit Air Limbah
- Perhitungan Karakteristik dan Dimensi IPAL Komunal Domestik
- *Mass Balance*
- Pembantuan Sketsa Bangunan

C. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam perencanaan IPAL Komunal Domestik diantaranya ada data primer dan data sekunder. Data primer meliputi karakteristik air limbah domestik yang didapat melalui sampling pada *outlet* saluran pembuangan masing-masing RW, selanjutnya dilakukan analisis di Laboratorium Lingkungan DLH Kabupaten Tulungagung dan jumlah fasilitas umum yang ada di Desa Mojosari.

Data sekunder dibutuhkan meliputi jumlah penduduk Desa Mojosari yang dibagi dalam RW dengan interval tahun 5 tahun terakhir, peta wilayah administrasi desa, dan baku mutu air limbah domestik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi Perencanaan

Desa Mojosari merupakan desa diantara 13 desa lainnya yang termasuk dalam wilayah administrasi Kecamatan Kauman, Kabupaten Tulungagung serta mempunyai 2 dusun yaitu Dusun Bancaan dan Dusun Krajan.

Secara astronomis Desa Mojosari terletak pada $8^{\circ}02'37,66''\text{S}$ dan $111^{\circ}51'30,3''\text{E}$, secara geografis berada pada ketinggian ± 103 meter

diatas permukaan laut dengan luas wilayah 1,38 km². Pusat pemerintahan Desa Mojosari terletak di RT.001 RW.005 Dusun Krajan yang menempati luas lahan 0,6 Ha Secara administrasi Desa Mojosari berbatasan dengan beberapa desa, yaitu:

Sebelah Utara	: Desa Banaran dan Desa Jatimulyo
Sebelah Timur	: Desa Sidorejo
Sebelah Selatan	: Desa Bolorejo dan Desa Kalangbret
Sebelan Barat	: Desa Karangnom

B. Proyeksi Penduduk

Sebelum melakukan perhitungan proyeksi penduduk diperlukan uji korelasi, fungsinya untuk mendapatkan metode yang tepat dalam perhitungan proyeksi penduduk. Rumus untuk mencari nilai korelasi, yaitu:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]}}$$

Total penduduk Desa Mojosari dalam kurun waktu 5 tahun dimulai dari 2014 sampai 2019, disajikan dalam tabel 1 berikut:

Tabel 1. Jumlah Penduduk Desa Mojosari Tahun 2014-2019

Tahun	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk
2014	3634	-
2015	3642	8
2016	3649	7
2017	3655	6
2018	3655	0

Sumber: Kecamatan Kauman Dalam Angka, 2019

Hasil uji korelasi diambil nilai yang terkecil, maka dari perhitungan uji korelasi ditentukan proyeksi penduduk menggunakan metode geometrik.

Tabel 2. Persebaran Penduduk RW Desa Mojosari Tahun 2019

Wilayah	Jumlah Penduduk (Jiwa)
RW.001	724
RW.002	641
RW.003	724
RW.004	213
RW.005	832
RW.006	683

Sumber: Laporan Penyelenggaraan Pemerintah Desa, 2019

Jumlah penduduk diproyeksikan dalam jangka 11 tahun. Rumus perhitungan proyeksi penduduk dengan metode geometrik, sebagai berikut:

$$P_n = P_o \times (1+R)^{(T)}$$

$$R = (P_o/P_t)^{(1/(n-1))} - 1$$

Hasil proyeksi penduduk pada tahun perencanaan disajikan dalam tabel 4. Berikut:

Tabel 3. Proyeksi Penduduk Pada Tahun Perencanaan

Wilayah	Tahun			
	2021	2024	2027	2030
RW.001	726	729	732	736
RW.002	643	646	648	651
RW.003	726	729	732	736
RW.004	214	215	215	216
RW.005	834	838	842	845
RW.006	685	688	691	694

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

C. Pemakaian Air Bersih Pada Tahun Perencanaan

Berdasarkan kriteria perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas Perencanaan Umum tahun 1996, Desa Mojosari dengan jumlah penduduk sebesar 3655 jiwa (Kecamatan Kauman dalam Angka, 2019) masuk dalam kategori Desa, maka kebutuhan air rata-rata diperoleh 60-80 lt/jiwa/hari. Pada perhitungan pemakaian air bersih domestik digunakan nilai kebutuhan maksimum yaitu 80 lt/jiwa/hari.

Perhitungan pemakaian air bersih non domestik didasarkan pada kriteria desain, diperoleh nilai pada fasilitas umum:

Tabel 4. Perhitungan Kebutuhan Air Domestik Tahun Perencanaan

RW	Kebutuhan Air (lt/hari)			
	2021	2024	2027	2030
001	58080	58320	58560	58880
002	51440	51680	51840	52080
003	58080	58320	58560	58880
004	17120	17200	17200	17280
005	66720	67040	67360	67600
006	54800	55040	55280	55520

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Tabel 5. Perhitungan Kebutuhan Air Non Domestik Tahun Perencanaan

RW	Kebutuhan Air (lt/hari)			
	2021	2024	2027	2030
001	9800	9800	9800	9800
002	8680	8720	8760	8760
003	11420	11460	11500	11540
004	10700	10700	10700	10700

005	9120	9130	9130	9140
006	3000	3000	3000	3000

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Selanjutnya menghitung kebutuhan air bersih rata-rata, yang berfungsi untuk memperkirakan keseluruhan kebutuhan air pada wilayah perencanaan. Perhitungan kebutuhan air rata-rata dapat dicari dengan:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air bersih rata-rata} &= \text{kebutuhan air domestik} + \text{kebutuhan air non domestik} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan sesuai pada tabel berikut

Tabel 6. Kebutuhan Air Rata-Rata Tahun Perencanaan

RW	Kebutuhan Air (lt/hari)			
	2021	2024	2027	2030
001	67880	68120	68360	68680
002	60120	60400	60600	60840
003	69500	69780	70060	70420
004	27820	27900	27900	27980
005	75840	76170	76490	76740
006	57800	58040	58280	58520

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

D. Kuantitas Air Buangan

Air limbah dihasilkan dari aktifitas domestik dan non domestik. Debit air limbah dapat dicari dengan mangasumsikan 80% dari kebutuhan air bersih rata-rata. Dalam tabel 8. disajikan debit air limbah pada tahun perencanaan.

Tabel 7. Debit Air Limbah pada Tahun Perencanaan

RW	Debit Air Limbah (lt/hari)			
	2021	2024	2027	2030
001	54304	54496	54688	54944
002	48096	48320	48480	48672
003	55600	55824	56048	56336
004	22256	22320	22320	22384
005	60672	60936	61192	61392
006	46240	46432	46624	46816

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Berdasarkan perhitungan debit air limbah, desain IPAL Komunal dikelompokkan menjadi 4 tipe, yaitu:

- RW.005 IPAL tipe A
- RW.001 dan RW.003 IPAL tipe B
- RW.006 dan RW.002 IPAL tipe C
- RW.004 IPAL tipe D

Aliran debit air limbah mengalami naik turun, maka ada perhitungan debit maksimum (Q.peak) dan debit minimum (Q.min). Rumus

perhitungan dapat menggunakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{\text{peak}} &= f_{\text{peak}} \times Q_{\text{ave}} \\ Q_{\text{min}} &= 0,2 \times P^{1/6} \times Q_{\text{ave}} \\ f_{\text{peak}} &= (18 + P^{0,5}) / (4 + P^{0,5}) \end{aligned}$$

E. Kualitas Air Limbah

Karakteristik air limbah diketahui melalui uji analisis yang dilakukan oleh pihak analis Laboratorium Lingkungan DLH Kabupaten Tulungagung. Sampel air limbah diambil pada outlet saluran pembuangan yang mewakili masing-masing RW Desa Mojosari. Kualitas air limbah dibandingkan dengan baku mutu yang ada di PERGUB Jatim No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, yang harus sesuai atau dibawah dari nilai yang ditetapkan, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= 30 \text{ mg/l} \\ \text{COD} &= 50 \text{ mg/l} \\ \text{TSS} &= 50 \text{ mg/l} \\ \text{pH} &= 6-9 \end{aligned}$$

Tabel 8. Kualitas Air Limbah Desa Mojosari

RW	Parameter (mg/l)			
	pH	COD	TSS	BOD
001	7,24	>LD*	191	>405
002	7,86	106	32	96
003	7,67	96	41,7	132
004	7,46	282	62	176
005	7,43	107	38	69,3
006	7,36	170	66	116

*LD = 40-400 mg/l

Sumber: Analisa Laboratorium Lingkungan DLH Kabupaten Tulungagung, 2020

F. Perhitungan Desain IPAL

Kriteria desain perencanaan IPAL Domestik dengan metode ABR mengacu pada Sasse, 1998, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rasio SS/COD} &= 0,35 - 0,45 \\ \text{HRT bak pengendap} &= 1,5 \text{ jam} \\ \text{Velocity upflow} &= 1,4 - 2 \text{ m/jam} \\ \text{P. kompartemen} &= <50-60\% \text{ dari tinggi} \\ \text{Beban organik} &= <3 \text{ kg.COD/m}^3.\text{hari} \\ \text{HRT} &= \geq 8 \text{ jam} \end{aligned}$$

Perhitungan persentase removal parameter air limbah dan dimensi air limbah dilakukan berdasarkan pengelompokan debit air limbah sesuai tabel 8 diatas. Seluruh desain IPAL direncanakan untuk memenuhi kriteria berikut:

$$\begin{aligned} \text{Suhu pengolahan} &= 30^\circ\text{C} \\ \text{Pengurasan lumpur} &= 12 \text{ bulan} \\ \text{Td tangka pengendap} &= 3 \text{ jam} \\ \text{Rasio SS/COD} &= 0,42 \\ \text{Kedalaman} &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah kompartemen = 6 buah
Waktu pengaliran = 1,5 m/jam
Sesuai dengan kriteria desain, dimensi, dan efisiensi removal IPAL unit ABR, perhitungan dapat dilakukan dengan langkah-langkah:

1. Menentukan debit air limbah yang akan masuk ke IPAL

Karena pengolahan dilakukan selama 24 jam, maka nilai Q per jam masing-masing:
Q per jam = Qave / waktu pengaliran

✚ IPAL Tipe A

Q per jam = 61392 liter/hari 24 jam
= 2,558 m³/jam

✚ IPAL Tipe B

Q per jam = 55824 liter/hari 24 jam
= 2,326 m³/jam

✚ IPAL Tipe C

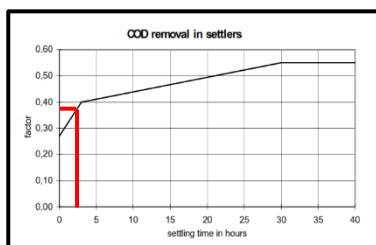
Q per jam = 55824 liter/hari 24 jam
= 2,326 m³/jam

✚ IPAL Tipe D

Q per jam = 55824 liter/hari 24 jam
= 2,326 m³/jam

2. Perhitungan Persentase Removal Bak Pengendap

Faktor removal didapat dari gambar grafik COD removal, dengan menarik garis sumbu x yang menunjukkan waktu tinggal sampai bersinggungan pada garis. berikut



Gb. 1. Grafik COD_{rem} Bak Pengendap

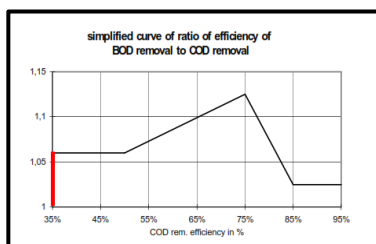
Faktor removal didapat 0,38

$$\text{COD}_{\text{rem}} = (\text{rasio SS/COD}/0,6) \times f.\text{rem}$$

$$\text{COD}_{\text{rem}} = (0,42/0,6) \times 0,38$$

$$\text{COD}_{\text{rem}} = 0,266 = 26,6\%$$

Faktor removal BOD didapat dari grafik hubungan COD_{rem} dengan faktor BOD/COD sebagai berikut



Gb. 2. Rasio Efisiensi BOD_{rem}/COD_{rem}

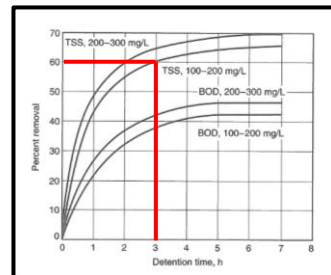
Faktor removal BOD didapat 1,06

$$\text{BOD}_{\text{rem}} = f.\text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}} \times \text{COD}_{\text{rem}}$$

$$\text{BOD}_{\text{rem}} = 1,06 \times 26,6\%$$

$$\text{BOD}_{\text{rem}} = 28,20\%$$

Persentase TSS_{rem} didapat melalui grafik removal TSS dan BOD dengan menarik garis sumbu x sampai menyinggung grafik dengan nilai kualitas TSS yang diketahui, sebagai berikut:



Gb. 3. Persentase Removal TSS dan BOD

Nilai TSS air limbah rata-rata termasuk dalam range 100-200 mg/l maka didapat nilai TSS_{rem} sebesar 60%.

3. Perhitungan Dimensi IPAL

Kedalaman IPAL direncanakan 2 m, yang dapat menentukan panjang, lebar, dan luasan kompartemen IPAL

✚ IPAL Tipe A

$$\begin{aligned} P. \text{ kompartemen} &= 60\% \times 2 \text{ m} \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L. \text{ kompartemen} &= Q \text{ perjam} / V_{\text{up}} \\ &= 2,558 / 1,5 = 1,71 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l. \text{ kompartemen} &= 1,71 \text{ m}^2 / 1,2 \text{ m} \\ &= 1,43 \end{aligned}$$

✚ IPAL Tipe B

$$\begin{aligned} P. \text{ kompartemen} &= 60\% \times 2 \text{ m} \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L. \text{ kompartemen} &= Q \text{ perjam} / V_{\text{up}} \\ &= 2,558 / 1,5 = 1,71 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l. \text{ kompartemen} &= 1,71 \text{ m}^2 / 1,2 \text{ m} \\ &= 1,43 \text{ m} \end{aligned}$$

✚ IPAL Tipe C

$$\begin{aligned} P. \text{ kompartemen} &= 60\% \times 2 \text{ m} \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L. \text{ kompartemen} &= Q \text{ perjam} / V_{\text{up}} \\ &= 2,558 / 1,5 = 1,71 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l. \text{ kompartemen} &= 1,71 \text{ m}^2 / 1,2 \text{ m} \\ &= 1,43 \text{ m} \end{aligned}$$

✚ IPAL Tipe A

$$\begin{aligned} P. \text{ kompartemen} &= 60\% \times 2 \text{ m} \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L. \text{ kompartemen} &= Q \text{ perjam} / V_{\text{up}} \\ &= 2,558 / 1,5 = 1,71 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

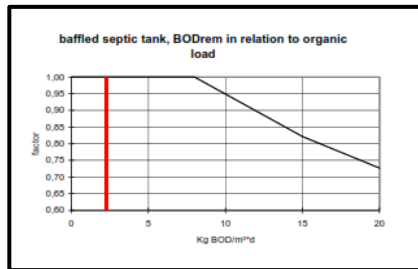
$$\begin{aligned} l. \text{ kompartemen} &= 1,71 / 1,2 = 1,43 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Perhitungan Persentase Removal Unit ABR

Untuk mengetahui persentase COD_{rem} menurut (Sasse, 1998) dipengaruhi oleh nilai $f_{overload}$, $f_{strenght}$, f_{temp} , f_{HRT} dimana nilai faktor tersebut dicari menggunakan grafik berdasarkan nilai yang sudah ada.

$f_{overload}$

Didapatkan dari laju BOD yang masuk dalam ABR. Nilai dari seluruh tipe IPAL sebesar $0,31 \text{ kg.BOD/m}^3\text{.hari}$, maka didapatkan $f_{overload}$ yaitu **1,00**.

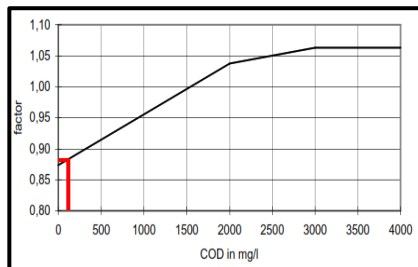


Gb. 4. Grafik f_{OLR} unit ABR

$f_{strenght}$

Nilai $f_{strenght}$ dipengaruhi oleh nilai COD yang masuk dalam unit ABR, maka setiap tipe IPAL memiliki nilai sendiri. Berikut perolehan nilai $f_{strenght}$:

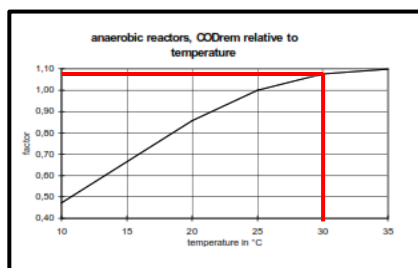
IPAL tipe A COD_{in} 78,54 mg/l	= 0,86
IPAL tipe B COD_{in} 70,46 mg/l	= 0,88
IPAL tipe C COD_{in} 77,80 mg/l	= 0,88
IPAL tipe D COD_{in} 206,98 mg/l	= 0,89



Gb. 5. Grafik Karakteristik Air Limbah

$f_{temperatur}$

Suhu pengolahan yang direncanakan pada seluruh tipe IPAL sebesar 30°C , maka nilai didapat sebesar **1,09**.



Gb. 6. Grafik f_{suhu} unit ABR

f_{HRT}

Didasarkan pada waktu tinggal air limbah dalam bak unit ABR. Pada semua tipe IPAL direncanakan HRT selama 15 jam, didapat nilai f_{HRT} yaitu **0,85**.



Gb. 7. Grafik hubungan HRT dengan BOD_{rem}

Perhitungan COD_{rem} di ABR didapat dari nilai faktor, selanjutnya dapat ditentukan persentase COD_{rem} total masing-masing IPAL.

IPAL tipe A

$$\%COD_{rem} \text{ ABR} = 1,0 \times 0,86 \times 1,09 \times 0,85 = 79,68\%$$

$$\%COD_{rem} \text{ total}$$

$$= ((COD_{inf} - COD_{ef} \text{ ABR}) / COD_{inf}) \times 100\% \\ = ((107 - 12,21) / 107) \times 100\% = 88,59\%$$

IPAL tipe B

$$\%COD_{rem} \text{ ABR} = 1,0 \times 0,88 \times 1,09 \times 0,85 = 81,53\%$$

$$\%COD_{rem} \text{ total}$$

$$= ((COD_{inf} - COD_{ef} \text{ ABR}) / COD_{inf}) \times 100\% \\ = ((96 - 9,57) / 96) \times 100\% = 90,03\%$$

IPAL tipe C

$$\%COD_{rem} \text{ ABR} = 1,0 \times 0,88 \times 1,09 \times 0,85 = 81,53\%$$

$$\%COD_{rem} \text{ total}$$

$$= ((COD_{inf} - COD_{ef} \text{ ABR}) / COD_{inf}) \times 100\% \\ = ((106 - 10,57) / 106) \times 100\% = 90,03\%$$

IPAL tipe D

$$\%COD_{rem} \text{ ABR} = 1,0 \times 0,89 \times 1,09 \times 0,85 = 82,46\%$$

$$\%COD_{rem} \text{ total}$$

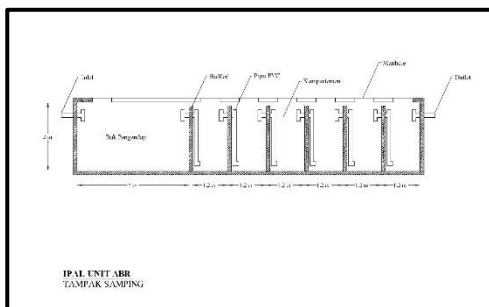
$$= ((COD_{inf} - COD_{ef} \text{ ABR}) / COD_{inf}) \times 100\% \\ = ((282 - 26,10) / 282) \times 100\% = 90,74\%$$

Perhitungan BOD_{rem} total diperlukan nilai f_{rasio} BOD_{rem}/COD_{rem} yang didapatkan dari grafik **gb.2. Rasio Efisiensi BOD_{rem}/COD_{rem}**

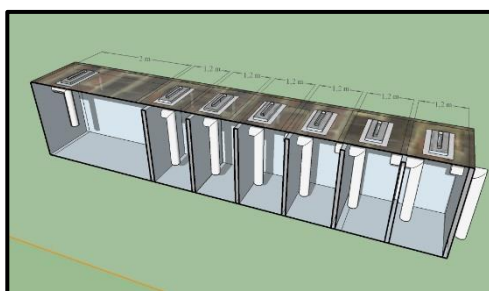
- ✚ IPAL tipe A
 $\%BOD_{rem} \text{ total}$
 $= \%COD_{rem} \text{ total} \times f. BOD_{rem}/COD_{rem}$
 $= 88,59\% \times 1,025 = 90,80\%$
- ✚ IPAL tipe B
 $\%BOD_{rem} \text{ total}$
 $= \%COD_{rem} \text{ total} \times f. BOD_{rem}/COD_{rem}$
 $= 90,03\% \times 1,025 = 92,28\%$
- ✚ IPAL tipe C
 $\%BOD_{rem} \text{ total}$
 $= \%COD_{rem} \text{ total} \times f. BOD_{rem}/COD_{rem}$
 $= 90,03\% \times 1,025 = 92,28\%$
- ✚ IPAL tipe D
 $\%BOD_{rem} \text{ total}$
 $= \%COD_{rem} \text{ total} \times f. BOD_{rem}/COD_{rem}$
 $= 90,74\% \times 1,025 = 93,01\%$

SKETSA IPAL

Desain IPAL unit ABR yang direncanakan di Desa Mojosari sama dalam segi bentuk dan fitur, yang berbeda hanya pada dimensi yang menyesuaikan lahan perencanaan dan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan.



Gb. 8. Desain IPAL Tapak Samping



Gb. 9. Desain IPAL Tapak Dalam

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil perhitungan dimensi yang dilakukan berdasarkan pengelompokkan debit air limbah rata-rata, didapat:

- IPAL Komunal Tipe A (2m×1,43m×2m)
- IPAL Komunal Tipe B (1.9m×1,29m×2m)
- IPAL Komunal Tipe C (1,8m×1,13m×2m)
- IPAL Komunal Tipe D (1,5m×0,52m×2m)

Unit ABR yang direncanakan mempunyai 6 buah kompartemen dengan pengelompokkan berdasarkan nilai debit air limbah rata-rata, sehingga didapat dimensi kompartemen unit ABR sebagai berikut:

- IPAL Komunal Tipe A (1,2m×1,43m×2m)
- IPAL Komunal Tipe B (1,2m×1,29m×2m)
- IPAL Komunal Tipe C (1,2m×1,13m×2m)
- IPAL Komunal Tipe D (1,2m×0,52m×2m)

Kegiatan penelitian dan perencanaan yang dilakukan tentunya masih terdapat kekurangan terkait langkah-langkah pengerjaan. Perlu dilakukan uji pengukuran bangunan lebih detail setelah melakukan perhitungan secara teori. Dibutuhkan ketelitian dalam melakukan proses sampling air limbah, agar didapat karakteristik yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajakima, Sabam Oraendo dan Eddy S. Soedjono. 2016. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Di Kelurahan Kedung Cowek Sebagai Upaya Revitalisasi Kawasan Pesisir Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Jurnal Teknik ITS Vol.5 No,2 (ISSN: 2337-3539)
- Anonim. 1996. *Kriteria Perencanaan Pengolahan Air*. Ditjen Cipta Karya Dinas Pekerjaan Umum
- Anonim. 2005. SNI 03-7065-2005 tentang *Tata Cara Perencanaan Sistem Plumbing*. Badan Standarisasi Nasional
- Anonim. 2008. SNI 6989-59-2008 tentang *Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*. Badan Standarisasi Nasional
- Anonim. 2013. *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*. Gubernur Jawa Timur
- Anonim. 2016. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia

- Anonim. 2019. *Kecamatan Kauman Dalam Angka 2019*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Tulungagung
- Belladona, Meilani dan Hernowo Novy Yanto. 2014. *Perancangan Instalasi Pengolah Air Limbah Domestik Terpadu Pada Kawasan Kampung Nelayan Di Kota Bengkulu*. Universitas Prof. DR. Hazairin, SH. Bengkulu. Jurnal Inersia April 2014 Vol.6 No.1 (ISSN: 2086-9045)
- Fanggi, Martini S., Sudiyo Utomo, I Made Udiana. 2015. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Komunal Pada Daerah Pesisir Di Kelurahan Metina Kecamatan Lobalain Kabupaten Rote-Ndao*. Universitas Nusa Cendana. Kupang. Jurnal Teknik Sipil Vol. IV No.2
- Mubin, Fathul., Alex Bintang, Fuad Halim. 2016. *Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Di Kelurahan Istiqlal Kota Manado*. Universitas Sam Ratulangi. Manado. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.3
- Noerbambang, S.M. dkk. 1991. *Perencanaan Dan Pemeliharaan Sistem Plambing*. PT. Paradya Paramitha: Jakarta
- Putri, Arifani Rakhma., Ganjar Samudro, dan Dwi Siwi Handayani. 2013. *Penentuan Rasio BOD/COD Optimal Pada Reaktor Aerob, Fakultatif, dan Anaerob*. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang
- Saputri, Endah Septyani Hari. 2014. *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah di Rusunawa Tanah Merah II Surabaya*. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Sasse, Ludwig. 1998. *DEWATS (Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA (Bremen Overseas Research and Development Association): Bremen
- Setiawati, Ragil Tri. 2016. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya*. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Siswanto, Bias Agatha Permata. Ipung Fitri Purwanti. 2016. *Perencanaan Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Sebagai Instalasi Pengolahan Greywater di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya*. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. Jurnal Teknik ITS Vol.5, No.2. ISSN: 2337-3539
- Tangahu, Bieby Voijant. Dwi Agustiang Ningsih. 2016. *Uji Penurunan Kandungan BOD, COD, Dan Warna Pada Limbah Cair Pewarnaan Batik Menggunakan Scirpus Grossus Dan Iris Pseudacorus Dengan Sistem Pemaparan Intermittent*. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan p-ISSN:2085-1227 dan e-ISSN:2502-6119
- Wulandari, Puji Retno. 2014. *Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus Di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju-Sumatera Selatan)*. Universitas Sriwijaya. Palembang. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan ISSN: 2355-374X