

STUDI PERENCANAAN BANGUN RUANG TIGA DIMENSI INSTALANSI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI PERUMAHAN GRIYA ANJUK LADANG KAB. NGANJUK

Ichsan Ro'uf All Khomaini¹, Anita Rahmawati², Ade Fitriyanti³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail : 21801051247@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail : anita.rahmawati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail : adefitriyanti@unisma.ac.id

ABSTRACT

The rapid growth of human population across different sectors leads to inevitable waste generation from all human activities. Household waste requires particular attention as improper management can significantly impact environmental quality. Poor waste treatment practices result in various adverse environmental consequences (Jannah et al, 2020). Water contamination levels in major Indonesian cities, particularly Nganjuk, continue to rise. This pollution stems from human activities, including industrial facilities that discharge waste directly into water sources such as reservoirs, lakes, waterways, and oceans. Additionally, domestic sewage from residential areas flowing untreated into rivers or ground surfaces represents another major contributing factor (Rahmawati and Warsito - 2020). Consequently, there is urgent need developing a wastewater distribution network and community-based treatment system for the Griya Anjuk Fields Housing Development in Nganjuk Village, Nganjuk Regency. The proposed treatment approach utilizes ABR (Anaerobic Baffled Reactor) technology, selected for its cost-effective operation, superior treatment performance, and minimal land requirements. Water quality analysis conducted at the Griya Anjuk Field Housing Development reveals that current wastewater conditions fail to meet established quality benchmarks.

Keyword : Waste Water, Quality Standards, IPAL, ABR .

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah domestik adalah air sisa dari aktivitas rumah tangga. Kompleks Perumahan Griya Anjuk Ladang yang berlokasi di Kelurahan Nganjuk, Kabupaten Nganjuk, merupakan kawasan hunian yang asri karena posisinya yang berdekatan dengan area pertanian padi [1]. Saat ini, kompleks perumahan Griya Anjuk Ladang memiliki area seluas 7 hektar dengan total 530 unit hunian. Berdasarkan observasi lapangan, penduduk di Kompleks Perumahan Griya Anjuk Ladang ternyata masih sering membuang air limbah non-toilet (*grey water*) secara langsung ke sistem drainase karena belum tersedia infrastruktur distribusi dan pengolahan air limbah yang belum memadai. Sementara itu, untuk pengelolaan limbah toilet (*black water*), masyarakat setempat telah menggunakan sistem tangki septik.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Belum adanya system pembuangan air limbah yang ramah lingkungan di perumahan griya anjuk lading kabupaten Nganjuk.
2. Di Perumahan Griya Anjuk Ladang Kabupaten Nganjuk masih membuang air Limbah domestik yang ditampung di septic tank tanpa pembuangan aman ke tanah atau sistem lain.
3. Belum adanya penerapan Teknologi pengelolaan air limbah domestik dengan metode biofilter up flow.

1.3 Rumusan Masalah

1. Berapa debit air limbah yang terbuang di perumahan Griya Anjuk Ladang?
2. Bagaimana kondisi air limbah domestik di perumahan Griya Anjuk Ladang?
3. Bagaimana model instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang dapat diterapkan di

Perumahan Griya Anjuk Ladang menggunakan sistem pengelolaan ABR?

4. Bagaimana standard operating procedure (SOP) beserta sistem tanggap darurat yang akan diterapkan terhadap SPAL dan IPAL?

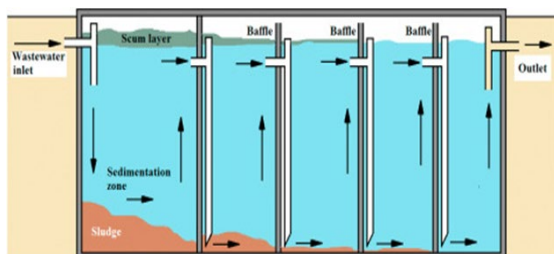
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

Air limbah domestik merupakan air buangan yang dihasilkan dari kegiatan komersial atau aktivitas di kawasan pemukiman, termasuk restoran, gedung perkantoran, usaha bisnis, kompleks apartemen, dan area perumahan. Contoh air limbah ini meliputi kotoran manusia, urine, air bekas dari kamar mandi, serta sisa-sisa aktivitas dapur rumah tangga. Air limbah dari daerah perkotaan merupakan sumber daya air yang berpotensi dimanfaatkan untuk berbagai keperluan [1]. Namun, kualitas air limbah perkotaan belum memenuhi standar yang diperlukan untuk berbagai kebutuhan, sehingga menghambat upaya pemanfaatan kembali air limbah tersebut. Hal ini menandakan bahwa air limbah mengandung beragam jenis polutan yang memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan kembali. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kontaminan yang dapat diterima dalam kualitas air [1].

2.2 Anaerobic Baffled Reactor

Anaerobic baffled reactor (ABR), merupakan sistem pengolahan limbah cair yang menggabungkan proses fisik dan biologis di dalam bak pengendapan. ABR bertujuan meningkatkan efektivitas penghilangan zat padat yang larut maupun yang tidak mengendap [2].



Gambar 1. Anaerobic Baffled Reactor

Sumber: Morel & Diner, 2006

Dalam sistem ini, ruang sedimentasi berfungsi sebagai tahap pra-pengolahan

air limbah, sedangkan sekat atau baffle berperan menciptakan turbulensi. Air limbah dialirkan melalui lumpur yang aktif dalam proses pengolahan. Sistem ABR memiliki karakteristik dimana *Solid Retention Time* (SRT) dan *Hydraulic Retention Time* (HRT) memiliki nilai yang berbeda.

Tingginya tingkat pengolahan disebabkan oleh interaksi antara air limbah dengan lumpur serta nilai SRT tinggi, yang mengakibatkan produksi berupa lumpur aktif menjadi rendah. ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) adalah teknologi pengolahan yangmana dirancang dengan kompartemen pengendapan yang diikuti oleh sejumlah reaktor sekat vertikal, sehingga aliran air bergerak secara *upflow* atau dari bawah ke atas [2].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Studi ini melakukan analisis terhadap sistem IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) menggunakan teknologi ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) yang berlokasi di Kompleks Perumahan Griya Anjuk Ladang, Kecamatan Nganjuk, Kabupaten Nganjuk.



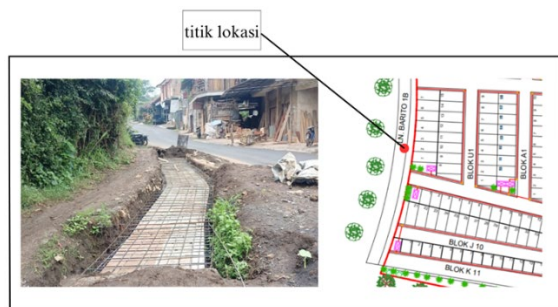
Gambar 2. Denah Lokasi Penelitian

Sumber: Google Earth



Gambar 3. Lokasi Perencanaan IPAL

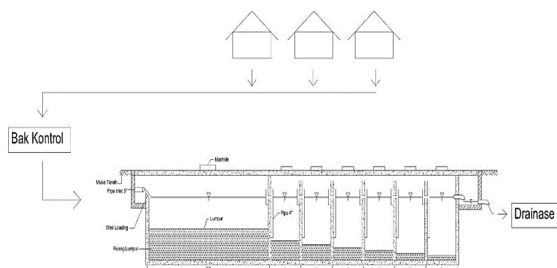
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024



Gambar 4. Saluran Drainase
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024

3.1 Kinerja Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik

Tahap awal pengolahan air limbah cair domestik dimulai dengan mengalirkan air limbah rumah tangga melalui sistem perpipaan menuju bak kontrol. Dari bak kontrol, air kemudian disalurkan ke sistem pengolahan air limbah ABR yang terdiri dari area pengendapan dan ruang kompartemen.



Gambar 5. Kinerja Pengolahan Air Limbah Domestik
Sumber: Autocad

Di area pengendapan, berlangsung proses sedimentasi yang menyebabkan penurunan standar parameter TSS dan kandungan minyak lemak. Selanjutnya, cairan limbah memasuki area kompartemen dimana akan mengalami proses pengurangan nilai BOD dan COD. Setelah melalui proses pengolahan, cairan limbah yang telah diolah, kemudian dialirkan keluar melewati saluran keluaran menuju sistem drainase.

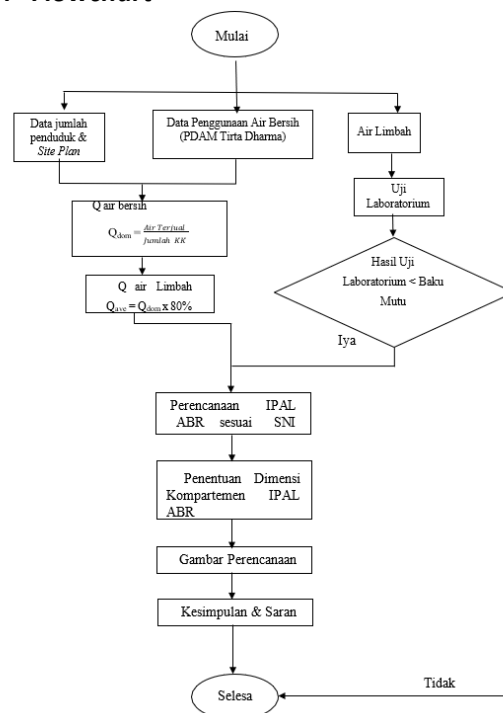
3.2 Kerangka Penelitian

Dalam studi ini, eksperimen dilaksanakan melalui pengambilan sampel air limbah rumah tangga secara langsung untuk menganalisis parameter pH, BOD, COD, TSS, serta kandungan minyak dan lemak melalui pengujian laboratorium, kemudian menetapkan alternatif sistem IPAL yang tepat.

3.3 Parameter Penelitian

Dalam Penelitian ini menggunakan parameter utama limbah domestik yang mencakup kadar pH, BOD, TSS, dan COD, sementara parameter tambahan yang digunakan adalah kandungan minyak dan lemak. Standar baku mutu air limbah yang dijadikan rujukan berlandaskan Ditjen Cipta Karya.2006 [4] tentang Air Limbah Domestik(*grey water*).

3.4 Flowchart



Gambar 6. Flowchart Penelitian
Sumber: Data Pribadi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Debit Air Limbah

Berdasarkan table 1, diambil data terbesar, yaitu pada tahun 2024 dengan jumlah air terdistribusi $5.651.785\text{m}^3$ dan jumlah pelanggan sebanyak 20.248 KK. Perhitungan mencari debit air bersih sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{- } Q_{\text{dom air bersih 2024}} &= (\text{airterjual}) / (\text{jumlah pelanggan}) \\ &= 5.651.785 / 20.248 \\ &= 279,128 \text{ m}^3/\text{KK.tahun} \\ &= 279.128 \text{ lt}/\text{KK.tahun} \end{aligned}$$

Debit air bersih yang diperoleh per orang dengan asumsi didalam 1 KK (Kartu Keluarga) terdiri dari 5 orang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{- } Q_{\text{dom air bersih 2024}} &= 279.128 / 5 \text{ lt/orang.tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 55.825,6 \text{ lt/orang.tahun} \\
 &= 55.825,6/365 \text{ lt/orang.hari} \\
 &= 152,95 \text{ lt/orang.hari}
 \end{aligned}$$

Tabel.1 Produksi Air PDAM Kabupaten Nganjuk

Tahun	Produksi Air	Penjualan Air	Jumlah Pelanggan
	m ³	m ³	KK
2020	5.220.306	4.944.714	18.058
2021	5.868.473	5.216.284	18.546
2022	6.402.160	5.753.446	19.906
2023	7.356.879	5.508.265	20.230
2024	7.490.032	5.651.785	20.248

Sumber: Data PDAM Kabupaten Nganjuk,2024

4.2 Perhitungan Greywater

Debit air limbah yang dihasilkan berkisar antara 60% hingga 80% dari total penggunaan air bersih. Sementara itu, sekitar 80% dari konsumsi air bersih berubah menjadi air limbah, dan sebanyak 75% dari total air limbah tersebut merupakan grey water. Oleh karena itu, dalam perencanaan penelitian ini digunakan persentase 80% untuk air limbah, sehingga diperoleh volume air limbah per individu sebagai berikut:

- Qave air limbah = 152,95 lt/orang.hari x 80%
= 122,36 lt/orang.hari
- Qave greywater = Qave air limbah x 75%
= 122,36 lt/orang.hari x 75%
= 91,77 lt/orang.hari

Berdasarkan hasil kalkulasi tersebut, diperoleh debit air limbah *greywater* sebesar 91,77 liter/org.hari dari penggunaan air bersih. Sistem IPAL yang dirancang untuk Kompleks Perumahan Griya Anjuk Ladang didesain dengan kapasitas 263 KK (Kepala Keluarga) dengan estimasi 1 KK terdiri dari 5 orang (sesuai standar Kementerian Lingkungan Hidup), sehingga setiap unit IPAL dapat melayani 1315 orang. Dengan demikian, debit rata-rata yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

- Qave= debit perorang x jumlah orang
= 91,77 lt/orang.hari x 1315 orang
= 120.677,6 lt/hari
= 120,68 m³/hari

4.3 Hasil Uji Laboratorium

Tabel.2 Karakteristik limbah cair hasil sampling

Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil	Acuan Metode	Keterangan
pH	-	06-Sep	6,75	SNI 6989.3.2019	Aman
BOD	mg/Lt	30	35	APHA, Section 5210-B 2017	Tidak aman
COD	mg/Lt	100	152	APHA, Section 5210-B 2017	Tidak aman
TSS	mg/Lt	30-Jan	105	SNI 6989.3-2019	Tidak aman
Minyak & Lemak	mg/Lt	5	17	IKM/ 7.2.17/DLH	Tidak aman

Sumber: Lab. Dinas Lingkungan Hidup Kab. Nganjuk, 2024

4.4 Grease Trap

Persentase pengolahan minyak dan lemak pada kompartemen *grease trap* sebesar 95%. Berikut adalah perhitungan konsentrasi effluent air limbah:

- Konsentrasi minyak&lemak awal = 17 mg/Lt
- Persentase pengolahan = 95%
- Konsentrasi minyak&lemak outlet = (100 – 95) % x 17 mg/Lt
= 0,85 mg/Lt

Hasil yang diperoleh sudah memenuhi baku mutu yaitu 0,85 mg/Lt dari batas maksimum 5 mg/Lt.

4.5 Perhitungan Anaerobic Baffled Reactor

Dalam perencanaan penelitian ini, sistem pengolahan limbah cair yang diterapkan menggunakan teknologi *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). Proses perhitungannya dibagi ke dalam dua tahap, yaitu tahap zona pengendapan dan tahap zona kompartemen.

Debit Air Limbah

- Qave = 120,68 m³/hari
- Factor peak = $5/(p)^{0,2}$
= $5/(1315)^{0,2}$
= 1,19
- Qpeak = Qave x factor.peak
= 120,68 m³/hari x 1,19
= 143,61 m³/hari
- Qperjam = Qave/(waktu pengairan)
= (120,68 m³/hari)/(24 jam/hari)
= 5,1 m³/jam

4.6 Ruang Pengendap

Pengendapan akan membutuhkan waktu yang direncanakan selama 3 jam (kriteria 2-6jam), Setelah fase tersebut diketahui td & konsentrasi kadar awal, maka dapat diperoleh persentase (%)removal COD, BOD, dan TSS.

- Perkiraan persentase removal COD = $(\text{rasioSS}/\text{COD})/0,6 \times \text{factor removal} = 0,42/0,6 \times 0,4 \rightarrow 28\%$
- Perkiraan persentase removal BOD = $(\text{faktor BODS})/\text{COD} \times \text{COD} = 1,06 \times 28\% = 30\%$.
- Perkiraan persentase removal TSS = waktu tinggal selama 3 jam = 65%

Perhitungan Effluent BOD, COD, dan TSS

- BOD = $(100 - 30) \% \times 35 \text{ mg/lit} = 24,5 \text{ mg/lit}$
- COD = $(100 - 28) \% \times 152 \text{ mg/lit} = 109,44 \text{ mg/lit}$
- TSS = $(100 - 65) \% \times 105 \text{ mg/lit} = 36,75 \text{ mg/lit}$

Massa lumpur BOD, COD, dan TSS

- Massa BOD = $\text{removalBOD} \times \text{kadarBOD} \times \text{Qpeak} = 30\% \times 0,035 \text{ Kg/lit} \times 143,61 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,51 \text{ kg/hari}$
- Massa COD = $\text{removalCOD} \times \text{kadarCOD} \times \text{Qpeak} = 28\% \times 0,152 \text{ Kg/lit} \times 143,61 \text{ m}^3/\text{hari} = 6,12 \text{ Kg/hari}$
- Massa TSS = $\text{removalTSS} \times \text{kadarTSS} \times \text{Qpeak} = 65\% \times 0,105 \text{ Kg/L} \times 143,61 \text{ m}^3/\text{hari} = 9,81 \text{ Kg/hari}$

Massa Lumpur yang dihasilkan

- Massa lumpur dihasilkan = $\text{lumpur TSS} \times \text{durasi pengurasan} = 9,81 \text{ Kg/hari} \times 365 \text{ hari} \times 2 \text{ tahun} = 7161,3 \text{ Kg/tahun}$
- Stabilisasi lumpur selama 2 tahun = $62\% \times \text{produksi lumpur} = 62\% \times 7161,3 \text{ Kg/tahun} = 4440 \text{ Kg/tahun}$

Lumpur yang telah mengendap berasal suatu massa TSS yang telah terremoval. Lumpur yang memiliki kandungan kadar 5%. Perhitungan volume lumpur dapat dilakukan dengan melalui persamaan berikut:

- Densitas Lumpur = $((\% \text{ solid} \times \rho_{\text{solid}}) + (\% \text{ air} \times \rho_{\text{air}})) / (100\%) = ((5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)) / (100\%) = 1,08 \text{ Kg/lit}$
- Volume Lumpur = $(\text{stabilisasi lumpur 1 tahun}) / (\rho_{\text{lumpur}}) = (4440 \text{ kg}) / (1,08 \text{ kg/lit})$

$$= 4111 \text{ lt} \\ = 4,11 \text{ m}^3$$

Dimensi Ruang Pengendap (*Settling Zone*)

Rencana kedalaman air ruang pengendap ABR:

- Kemampuan gali = 4m
- Tinggi ABR rencana (H) = 1,5m
- Lebar ABR rencana = 2m
- Freeboard. = $1/3h = 0,5\text{m}$
- Tebal dinding bawah = 15cm
- Tebal dinding atas = 15cm

a) Dimensi ruang pada kompartemen

- Td = 3 jam
- Qpeak = $143,61 \text{ m}^3/\text{hari} = 5,98 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Volume. = $\text{Qpeak} \times \text{td} = 5,98 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam} = 17,94 \text{ m}^3$
- A surface = $\text{volume}/\text{H} = 17,94 \text{ m}^3/1,5\text{m} = 12,4 \text{ m}^2$
- Lebar *settling zone* = 2m
- Panjang *settling zone* = $\text{volume}/(\text{lebar} \times \text{kedalaman}) = 17,94 \text{ m}^3/(2\text{m} \times 1,5\text{m}) = 5,98 \text{ m} \rightarrow 6\text{m}$

b) Ruang Lumpur Kompartemen (*settling zone*)

- Volume ruang lumpur = $4,11 \text{ m}^3$
- A surface = $\text{V ruang lumpur}/\text{tinggi ABR} = 4,11 \text{ m}^3/1,5 \text{ m} = 2,74 \text{ m}^2$
- Panjang ruang lumpur = $\text{A surface}/\text{lebar ABR} = 2,74 \text{ m}^2/2\text{m} = 1,37 \text{ m} \rightarrow 1,5 \text{ m}$

4.7 Kompartemen II

Setelahnya melewati kompartemen (II), maka effluent; BOD, COD, dan TSS yang telah diperoleh:

- BOD eff = 24,5mg/lit
- COD eff = 109,44mg/lit
- TSS eff = 36,75mg/lit

Direncanakan ukuran untuk lebar dari kompartemen II sama dengan kompartemen I dan Panjang tiap bagian untuk kompartemen II yaitu $\frac{1}{2}$ dari tinggi ABR karena merupakan kriteria design ABR, dimana ketika terlalu panjang dikhawatirkan akan mengalami *dead zone*, maka dari itu, kecepatan air yang naik menjadi lebih lambat. Perencanaan design kompartemen II:

- Lebar = 2m,
 - Tinggi ABR = 1,5m
 - HLR = $30\text{m}^3/\text{m}^2\text{hari}$ (kriteria 16,8 – $38,4\text{m}^3/\text{m}^2\text{hari}$)
 - HRT = 10jam (kriteria 6 – 20 jam)
 - a) Luas ABR Kompartemen II.
 - $A_{\text{surface}} = Q_{\text{peak}}/\text{HLR}$
 $= (143,61\text{ m}^3/\text{hari})/(30\text{ m}^3/\text{m}^2\text{hari})$
 $= 4,8\text{m}^2$
 - b) Panjang Kompartemen = $(A_{\text{surface}}) / \text{lebar}$
 $= 4,8\text{ m}^2 / (2\text{ m}) = 2,4\text{ m}$
 - c) H total (tinggi ABR kompartemen II)
 - $H_{\text{total}} = \text{HLR} \times \text{HRT}$
 $= 30\text{m}^3/\text{m}^2\text{hari} \times 10\text{jam}$
 $= 12,5\text{m}$
 - d) Jumlah Kompartemen II ABR
 - Jumlah kompartemen
 $= (H_{\text{total}})/\text{lebar}$
 $= (12,5\text{m})/(2\text{m})$
 $= 6\text{kompartemen}$
 - e) Check HRT
 - HRT,
 $= (\text{volume kompartemen II}) / (Q \text{ perjam})$
 $= (p \times l \times h \times \text{jumlah kompartemen II})/Q_{\text{perjam}}$
 $= (2,4\text{m} \times 2\text{m} \times 1,5\text{m} \times 6)/(5,1\text{ m}^3/\text{jam})$
 $= 8,5\text{ jam} \rightarrow \text{Ok!}$
- HRT 14,4jam dianggap memenuhi dikarenakan sesuai dengan kriteria design HRT yang berada pada range 6-20jam.
- f) Jumlah kompartemen total ABR
 - $n = \text{Jumlah keseluruhan kompartemen}$
 $= \text{kompartemen I} + \text{kompartemen II}$
 $= 1 + 6 = 7\text{ kompartemen ABR}$
 - g) Cek V_{up}
 - $V_{\text{up}} = Q_{\text{peak}}/(A_{\text{cross}})$
 $= Q_{\text{peak}}/(p \times l \times \text{jumlah kompartemen})$
 $= (143,61\text{ m}^3/\text{hari})/(2,4\text{m} \times 2\text{m} \times 6)$
 $= 4,99\text{m}/\text{hari}$
 $= 0,2\text{m}/\text{jam} \rightarrow \text{Ok! (kriteria } \leq 2\text{ jam)}$
- (Jika V_{up} lebih dari 2 jam, maka yang terjadi adalah pengendapan terlalu lama sehingga penyisihan lumpur tidak maksimal)
- h) Dimensi keseluruhan ABR
 - Panjang ABR:
 $= \text{Komp I} + \text{Komp II} + \dots + ((n+1) \times \text{tebal dinding})$
 $= 1,37\text{m} + (2,4 \times 6\text{buah}) + ((6+1) \times 0,15\text{m})$
 $= 16,97\text{m}$
 - Lebar ABR:
 $= \text{Lebar desain ABR} + (2 \times \text{tebal dinding})$
 $= (2\text{m} \times 7\text{buah}) + (2 \times 0,15\text{m})$
 $= 14,3\text{m}.$

4.8 Perhitungan Pipa Inlet dan Outlet

Dalam penelitian ini, setiap kompartemen dirancang menggunakan empat unit pipa. Pipa *inlet & outlet* pada sistem ABR menggunakan pipa PVC berukuran 5 inci, dengan diameter luar 140 mm dan diameter dalam 125 mm. Oleh karena itu, kecepatan aliran dalam pipa dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

- $Q_{\text{ave}} = 120,68\text{m}^3/\text{hari} \rightarrow 0,001397\text{m}^3/\text{detik}$
- Diameter dalam pipa = 0,125m (PVC 5")
- $A_{\text{surface}} = \frac{1}{4} \pi D^2$
 $= \frac{1}{4} \pi (0,125)^2$
 $= 0,01226\text{ m}^2$
- $V = Q/A$
 $= (0,001397\text{ m}^3/\text{detik})/(0,01226\text{ m}^2)$
 $= 0,11\text{ m}/\text{detik}.$

Maka aliran pada pipa *inlet & outlet* memiliki kecepatan sebesar 0,11m/detik.

Diameter partikel diasumsikan 0,005 mm

- Percepatan gravitasi = $9,81\text{ m/s}^2$
- Massa jenis padatan
 $= ((\% \text{ solid} \times \rho_{\text{solid}}) + (\% \text{ air} \times \rho_{\text{air}}))/(100\%)$
 $= ((5\% \times 2,65) + (95\% \times 1))/(100\%).$
 $= 1,08\text{kg}/\text{lt}$

4.9 Profil Hidrolis

Teknologi *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) menerapkan konsep aliran naik-turun (*up-flow* dan *down-flow*). Oleh karena itu, dalam penelitian ini direncanakan pemasangan empat unit pipa PVC berukuran 4 inci di setiap kompartemen. Pipa PVC berukuran 4 inci memiliki diameter luar 114 mm dan diameter dalam 100 mm. Kecepatan aliran dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

- Jumlah total pipa = 4 unit
- Jumlah kompartemen = 6 unit
- $Q = 120,68\text{m}^3/\text{hari} \rightarrow 0,001397\text{m}^3/\text{detik}$
- $Q \text{ tiap pipa} = (0,001397\text{ m}^3/\text{detik}) / 4$
 $= 0,000349\text{ m}^3/\text{detik}$
- Diameter = 0,1 m (PVC 4")
- $A_{\text{surface}} = \frac{1}{4} \pi D^2$
 $= \frac{1}{4} \pi \times 0,1^2$
 $= 0,00785\text{ m}^2$
- $V = Q_{\text{pipa}}/A$
 $= (0,000349\text{m}^3/\text{detik})/(0,00785\text{m}^2).$
 $= 0,044\text{m}/\text{detik}.$

4.10 Perhitungan Perencanaan Pembangunan ABR

Dalam perencanaan ini, kemiringan saluran pipa untuk penyaluran limbah cair ditetapkan sebesar 0,0064m/m, berarti terjadi penurunan 0,0064 meter setiap 1 meter panjang pipa. Panjang total pipa dari area perumahan menuju instalasi pengolahan limbah (IPAL) ABR adalah 105 meter. Berdasarkan hasil survei lapangan, lokasi IPAL direncanakan berada pada elevasi+5,0 meter. Sehingga rata-rata ketinggian outlet pipa rumah terhadap permukaan tanah sebesar 18cm (0,18 m), sedangkan jarak vertikal antara outlet pipa dan permukaan air saluran adalah 75 cm (0,75 m). Dengan slope pipa sebesar 0,0064 m/m dan panjang pipa 105 meter, maka selisih elevasi antara titik awal dan titik akhir pipa dapat dihitung sebagai berikut

- Perbedaan tinggi (Δt)
= $105 \text{ m} \times 0,0064 \text{ m/m}$
= 0,672 m

Ini berarti titik akhir pipa (di IPAL) lebih rendah 0,672 meter dari titik awal pipa (di rumah).

- Ketinggian titik awal pipa
= tinggi outlet pipa rumah + muka air saluran
= $0,18 \text{ m} + 0,75 \text{ m}$
= 0,93 m
- Ketinggian titik akhir pipa
= $0,93 \text{ m} - 0,672 \text{ m}$
= 0,258 m
- Perbedaan elevasi antara permukaan tanah di lokasi IPAL dan titik awal pipa
= elevasi IPAL – ketinggian awal pipa
= $5 \text{ m} - 0,93 \text{ m}$
= 4,07 m
- Ketinggian titik akhir pada pipa permukaan di atas tanah di lokasi IPAL
= perbedaan elevasi – titik akhir pipa
= $4,07 \text{ m} - 0,672 \text{ m}$
= 3,398 m
- Kedalaman penggalian total
= ketinggian titik akhir pipa di lokasi i + tinggi bangunan ABR
= $3,398 \text{ m} + 1,5 \text{ m}$
= 4,898 m (diambil 5 m)

4.11 Standart Operating Procedure (SOP) untuk IPAL dan SPAL

SOP bertujuan untuk memberikan panduan langkah demi langkah dalam

pengoperasian dan pemeliharaan IPAL dan SPAL secara rutin. Berikut beberapa aspek penting yang perlu dicakup dalam SOP:

a) Pengoperasian Harian :

- Pemeriksaan visual: Memeriksa kondisi fisik IPAL, seperti kebocoran, kerusakan peralatan, dan penumpukan sampah.
- Pengukuran parameter kualitas air: Mengukur pH, BOD, COD, TSS, dan parameter lain yang relevan secara berkala.
- Pengaturan aliran: Memastikan aliran air limbah masuk dan keluar IPAL sesuai dengan kapasitas desain.
- Pengoperasian peralatan: Mengoperasikan pompa, blower, mixer, dan peralatan lain sesuai prosedur.
- Pencatatan data: Mencatat data hasil pengukuran dan pengoperasian dalam logbook.

b) Pemeliharaan Rutin :

- Pembersihan bak/kolam: Membersihkan bak sedimentasi, bak aerasi, dan kolam stabilisasi secara berkala untuk mencegah penumpukan lumpur dan sampah.
- Perawatan peralatan mekanis: Melakukan pelumasan, penggantian suku cadang, dan perbaikan peralatan secara teratur.
- Kalibrasi alat ukur: Memastikan alat ukur berfungsi dengan akurat.
- Pengelolaan lumpur: Mengelola lumpur hasil pengolahan, termasuk pengeringan dan pembuangan yang aman.

c) Pengambilan Sampel dan Analisis Laboratorium :

- Prosedur pengambilan sampel air limbah yang representatif.
- Metode analisis laboratorium yang digunakan.
- Frekuensi pengambilan sampel.
- Pencatatan dan pelaporan hasil analisis.

d) Penggunaan Bahan Kimia (Jika Ada)

- Prosedur penyimpanan dan penanganan bahan kimia yang aman.
- Dosis dan cara penggunaan bahan kimia dalam proses pengolahan.
- Prosedur penanganan tumpahan bahan kimia.

4.12 Sistem Tanggap Darurat untuk IPAL dan SPAL

Contoh Spesifik Prosedur Tanggap Darurat:

- a) Jika terjadi kebocoran pada bak IPAL:
 - Hentikan aliran limbah masuk ke bak yang bocor.
 - Isolasi area sekitar kebocoran untuk mencegah penyebaran limbah.
 - Lakukan perbaikan sementara jika memungkinkan.
 - Laporkan kejadian kepada atasan dan pihak terkait.
 - Lakukan perbaikan permanen secepatnya.
- b) Jika terjadi lonjakan pH air limbah:
 - Ukur pH secara berkala untuk memantau perubahan.
 - Identifikasi penyebab lonjakan pH (misalnya, limbah industri yang masuk secara tiba-tiba).
 - Lakukan penyesuaian dosis bahan kimia penetral pH dengan hati-hati.
 - Pantau kembali pH hingga kembali ke rentang yang normal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Besar debit air limbah domestik (*grey water*) yang terletak di Perumahan Griya Anjuk Ladang Kabupaten Nganjuk sebesar 120,68 m³/hari.
2. Kondisi air limbah domestik di Perumahan Griya Anjuk Ladang kabupaten Nganjuk tergolong kurang baik karena tidak memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Namun dengan pengolahan ABR dapat mengalami penurunan seperti,
 - BOD sebesar 35 mg/l menjadi 24,5 mg/l
 - COD sebesar 105 mg/l menjadi 109,44 mg/l
 - TSS sebesar 105 mg/l menjadi 36,75 mg/l
3. Dimensi desain perencanaan Unit yakni dapat menampung 263 KK terdiri dari tangki pengendap dan 6 unit kompartemen dengan total panjang 7,5 m, lebar 2 m, dan tinggi 1,5 m.
4. Standart Operating Procedure (SOP) untuk IPAL dan SPAL
 - Pengoperasian Harian
 - Pemeliharaan Rutin

- Pengambilan Sampel dan Analisis Laboratorium

Sistem Tanggap Darurat untuk IPAL/SPAL

- Kualitas Air Limbah Melebihi Baku Mutu
- Segera lakukan perbaikan Kebocoran atau Kerusakan Struktur IPAL

5.2 SARAN

1. Apabila pembangunan ABR akan direalisasikan harus dikaji ulang dengan data yang telah diperoleh lapangan yang bertujuan mendapatkan hasil yang optimal, maka dari itu hasil perencanaan akan lebih efektif dan efisien di kawasan Perumahan Griya Anjuk Ladang, Kabupaten Nganjuk.
2. Akan lebih bagus jika ditambah dengan teknologi HAPS(*Hybrid Aero Plant Reactor System*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahmawati, Anita, and Warsito-.2020. "Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk Menghasilkan Air Bersih pada Perumahan Green Tombro Kota Malang." *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi yang Ramah Lingkungan* 4(1):1–8. doi: 10.26760/jrh.v4i1.1-8.
- [2] Rarasari, Desak, and I. Wayan Restu. 2024. "Efektivitas Pengolahan Cairan Limbah Domestik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah(IPAL) Suwung-Denpasar Bali. Request PDF." *ResearchGate*. doi: 10.24843/jmas.,2019.v05.i02.p01.
- [3] Fardiyan, Feri, Eko Noerhayati, and Bambang Suprpto. 2021. "Perencanaan Instalasi Pengolah Air Limbah Domestik di Daerah Perumahan Green Tombro Malang Jawa Timur." *Jurnal Rekayasa Sipil* 9(4):322–31.
- [4] Ditjen Cipta Karya.2006. "Peraturan Menteri(PERMEN) Pekerjaan Umum." Kementerian PUPR.