

STUDI PERENCANAAN DESAIN SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI PERUMAHAN TIARA CANDI, KOTA PASURUAN

Muhammad Afifuddin Usmani¹, Eko Noerhayati² dan Anita Rahmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : usmaniafifuddin@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : eko.noerhayati@unisma.ac.id

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

ABSTRACT

The residents of the Tiara Candi Housing Complex in Pasuruan City currently discharge their domestic wastewater directly into the drainage system, which contributes to environmental pollution. To address this issue, this study was conducted with the objective of designing a wastewater treatment system based on Anaerobic Baffled Reactor (ABR) technology, consisting of one settling chamber and six compartments, in accordance with applicable regulations. The study found that the average domestic wastewater generation reached 81.47 liters per person per day. In Cluster 1, which consists of 242 households, the effluent quality after treatment showed BOD at 5.71 mg/L, COD at 68.52 mg/L, TSS at 29.9 mg/L, and oil and grease at 1.15 mg/L. Meanwhile, in Cluster 2, with 128 households, the effluent quality achieved BOD at 3.9 mg/L, COD at 60.48 mg/L, TSS at 29.9 mg/L, and oil and grease at 1.15 mg/L. All measured parameters successfully met the required effluent standards, demonstrating that the proposed ABR design is effective in significantly reducing pollutant loads in domestic wastewater.

Keywords: *Anaerobic Baffle Reactor, BOD, COD, Wastewater, Oils & Fats, TSS*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan semakin pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk di berbagai bidang kehidupan, aktivitas manusia tidak terlepas dari produksi limbah. Limbah tersebut dapat berupa yang mudah terurai, misalnya sisa makanan, maupun yang sulit terurai seperti pecahan kaca, kaleng, dan sejenisnya. Limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga perlu mendapatkan perhatian khusus, sebab apabila diabaikan dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Pencemaran yang bersumber dari limbah cair dapat diartikan sebagai perubahan kondisi air akibat masuknya bahan pencemar, baik secara langsung maupun tidak langsung. Kondisi ini mampu menimbulkan berbagai dampak merugikan, seperti membahayakan kesehatan manusia, memicu timbulnya penyakit, serta mengganggu kelestarian

makhluk hidup yang bergantung pada ekosistem perairan. Limbah domestik merupakan salah satu penyumbang terbesar limbah cair, yaitu air buangan yang ditimbulkan oleh bermacam aktivitas harian di rumah, seperti membersihkan alat dapur, mandi, maupun memasak.

Air limbah domestik umumnya dialirkan ke badan air tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Pengelolaan air limbah bertujuan agar air tersebut dapat diolah kembali menjadi air bersih yang sesuai dengan standar baku mutu limbah domestik [1].

Perumahan Tiara Candi yang berada di Kelurahan Sekargadung, Kota Pasuruan, saat ini masih mengalami kendala dalam pengelolaan air limbah. Mayoritas warga perumahan membuang limbah cair, baik dari kamar mandi maupun kegiatan mencuci, secara langsung ke badan air di sekitar lingkungan. Kondisi ini

disebabkan oleh belum tersedianya infrastruktur yang memadai untuk menyalurkan dan mengolah air limbah tersebut. Dengan kondisi demikian, sangat penting dilakukan perencanaan sistem distribusi serta pengolahan limbah domestik agar pencemaran lingkungan dapat dikendalikan sekaligus menjaga kualitas hidup masyarakat.

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa besarnya debit air limbah yang dibuang di Perumahan Tiara Candi?
2. Bagaimana kondisi kualitas air limbah domestik di Perumahan Tiara Candi?
3. Bagaimana rancangan desain instalasi untuk mengolah air limbah domestik di Perumahan Tiara Candi?
4. Bagaimana kondisi air limbah di Perumahan Tiara Candi setelah melalui proses pengolahan?

1.3. Tujuan

1. Mengetahui besarnya debit air limbah yang dibuang di Perumahan Tiara Candi untuk memahami skala pengolahan yang diperlukan.
2. Menganalisis kondisi kualitas air limbah domestik di perumahan tersebut agar dapat mengidentifikasi permasalahan lingkungan yang ditimbulkan.
3. Menyusun rancangan desain instalasi pengolahan air limbah domestik yang tepat dan efektif sesuai kebutuhan perumahan.
4. Menilai kondisi air limbah setelah pengolahan untuk memastikan bahwa proses pengolahan berhasil menghasilkan air yang aman dan sesuai standar baku mutu.

1.4. Batasan Masalah

1. Tidak dilakukan perhitungan rinci mengenai sistem perpipaan (plumbing).
2. Aspek keuangan atau biaya tidak dibahas dalam penelitian ini.
3. Air limbah yang diolah terbatas pada buangan dari kamar mandi, dapur, dan kegiatan mencuci.
4. Debit air hujan yang mengalir ke sistem tidak diperhitungkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah Domestik

Air limbah domestik ialah air usiran yang dihasilkan dari berbagai aktivitas harian di rumah tangga, seperti membilas pakaian, memasak, dan penggunaan kamar mandi atau toilet. Dibandingkan dengan jenis limbah lainnya, sistem pengolahan limbah domestik relatif lebih sederhana untuk dilakukan. Namun demikian, meskipun proses pengelolaannya tidak terlalu rumit, limbah ini justru menjadi salah satu kontributor utama terhadap meningkatnya beban pencemar, khususnya zat organik. Apabila tidak ditangani dengan baik, limbah domestik dapat berdampak signifikan terhadap kualitas air lingkungan di sekitarnya dan menimbulkan permasalahan pencemaran [6].

2.2. Debit Air Limbah Domestik

Berdasarkan [3], volume air limbah yang dihasilkan dari aktivitas manusia diperkirakan mencapai sekitar 60% hingga 80% dari total penggunaan air bersih. Secara umum, air limbah domestik terbagi dua kategori utama, yaitu air abu dan air hitam. Air abu adalah air buangan yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga sehari-hari, seperti mandi, membilas pakaian, dan mencuci peralatan makan. Jenis limbah ini biasanya mengandung deterjen, sisa sabun, serta partikel organik dalam jumlah yang cukup signifikan. Berbeda dengan itu, *black water* adalah air limbah yang berasal dari kotoran manusia yang dibuang melalui toilet. Jenis limbah ini memiliki tingkat pencemar yang lebih tinggi karena mengandung patogen serta bahan organik yang lebih berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan [5].

Perhitungan debit air puncak menggunakan persamaan 2.1

$$Q_{\text{peak}} = Q_{\text{ave}} \times f_p \quad (2.1)$$

2.3. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Dalam penelitian ini, acuan yang digunakan adalah peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan nomor 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Peraturan tersebut menyebutkan batas nilai maksimal untuk setiap parameter kualitas air limbah. Dengan adanya regulasi ini, kualitas air limbah yang dihasilkan dapat dipantau dan dikendalikan agar tidak

menimbulkan pencemaran atau membahayakan lingkungan sekitar.

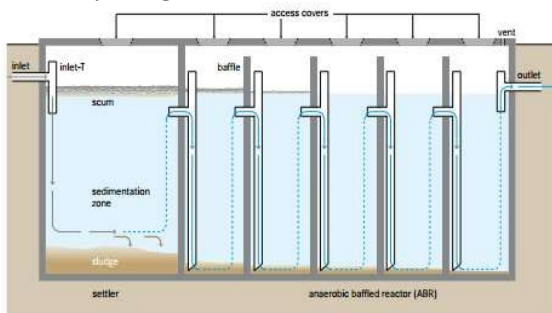
Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Baku Mutu
pH	-	6-9
TSS	mg/L	30
BOD5	mg/L	30
COD	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Ammonia	mg/L	10
Total Coliform	MPN/100 mL	3000

2.4. Teknologi Pengolahan Air Limbah

ABR atau *An-aerobic Baffled Reactor* ialah metode dalam mengolah air limbah menggunakan kombinasi proses fisik dan biologis dalam sebuah bak pengendapan. Tujuan utama dari sistem ini adalah meningkatkan efektivitas penyisihan zat padat, baik yang terlarut maupun yang tidak dapat mengendap [6].

Secara teknis, ABR dirancang dengan beberapa kompartemen yang dilengkapi *baffle vertikal*, sehingga arus air limbah beroperasi secara *upflow* dari satu ruang ke ruang berikutnya. melalui prinsip tersebut, kinerja penyisihan pencemar dapat berlangsung lebih optimal dibandingkan dengan sistem pengendapan sederhana [4]. Adapun kriteria desain dari ABR meliputi beberapa parameter teknis yang harus dipenuhi agar proses pengolahan berjalan sesuai dengan fungsinya. ABR dirancang agar alirannya turun naik seperti terlihat pada gambar 1

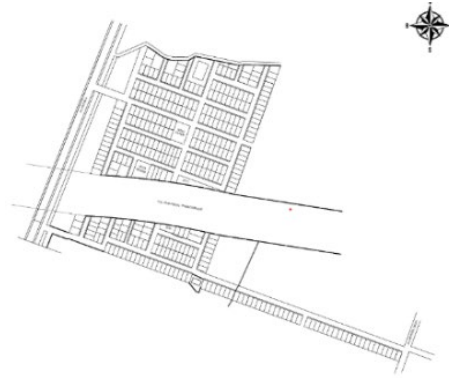


Gambar 1. Anaerobic Baffled Reactor

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Daerah Studi

Daerah studi penelitian ini berada pada perumahan Tiara Candi Kota Pasuruan yang mempunyai area seluas 4,5 hektare dan 370 buah rumah, dengan ketinggian yaitu +4 meter diatas permukaan laut.



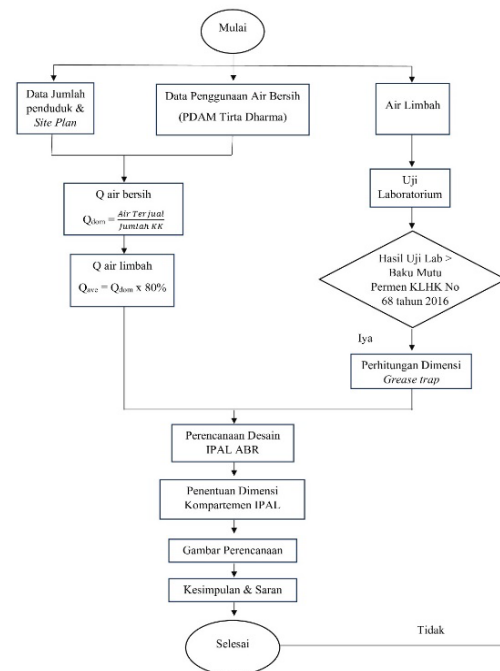
Gambar 2. Denah Perumahan Tiara Candi

Sanitasi di kawasan Perumahan Tiara Candi masih tergolong kurang memadai. Hal ini disebabkan oleh limbah domestik jenis air abu yang masih dibuang secara langsung tanpa melewati proses filter terlebih dahulu. Sementara itu, untuk limbah *black water*, sebagian besar warga sudah menggunakan fasilitas tangki septik sebagai tempat penampungan dan pengolahannya.

3.2. Kerangka Penelitian

Dalam penelitian ini, eksperimen dilakukan dengan mengambil sampel limbah cair rumah tangga secara langsung untuk mengukur kadar pH, BOD, COD, TSS, serta kandungan minyak dan lemak di laboratorium.

3.3. Bagan Alir



Gambar 3. Bagan alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Debit Air Limbah

Debit air limbah domestik yang akan dialirkan menuju instalasi pengolahan pada dasarnya dihitung dari jumlah pemakaian air bersih oleh masyarakat setiap harinya. Hal ini karena sebagian besar air bersih yang digunakan akan berakhir sebagai air limbah setelah aktivitas rumah tangga dilakukan. Oleh karena itu, sebelum menentukan debit air limbah, perlu diketahui rata-rata konsumsi air bersih oleh penduduk di wilayah penelitian. Data penggunaan air bersih ini diperoleh dari catatan resmi PDAM Tirta Dharma, Kota Pasuruan, sebagai penyedia layanan air bersih bagi masyarakat. Dengan menggunakan data ini, debit air limbah dapat diperkirakan secara lebih akurat sehingga perencanaan kapasitas instalasi pengolahan limbah domestik dapat disesuaikan dengan kebutuhan riil di lapangan.

Tabel 2. Produksi air PDAM Tirta Dharma Kota Pasuruan

Tahun	Produksi Air	Penjualan Air	Kehilangan Air	Jumlah Pelanggan
	m ³	m ³	m ³	KK
2020	6.389.618	4.745.529	1.644.089	18.848
2021	6.341.939	4.674.713	1.667.226	19.390
2022	6.195.646	4.582.047	1.613.599	20.461
2023	5.867.690	4.793.566	1.576.619	19.915
2024	5.481.342	4.908.735	1.656.967	20.826

Sumber: PDAM Tirta Dharma Kota Pasuruan (2025)

Berdasarkan data PDAM Tirta Dharma Kota Pasuruan, produksi air menurun dari 6.389.618 m³ pada 2020 menjadi 5.481.342 m³ pada 2024, sementara penjualan air meningkat dari 4.745.529 m³ menjadi 4.908.735 m³, menunjukkan efisiensi distribusi atau permintaan yang lebih tinggi. Kehilangan air relatif stabil antara 1,57 hingga 1,67 juta m³ per tahun, sedangkan jumlah pelanggan bertambah dari 18.848 KK menjadi 20.826 KK. Tren ini menunjukkan bahwa meskipun produksi menurun, konsumsi air rumah tangga tetap meningkat, yang penting diperhitungkan dalam menentukan debit air limbah.

Q domestik air bersih 2024

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Air Terjual}}{\text{Jumlah Pelanggan}} \\ &= \frac{4.908.735}{20.826} \\ &= 235,702 \text{ m}^3/\text{KK.Tahun} \\ &= 235.702,2 \text{ L/KK. Tahun} \end{aligned}$$

Jika dalam sebuah keluarga terdapat lima orang, maka jumlah air bersih yang diperlukan per orang ialah:

$$\begin{aligned} Q \text{ domestik air bersih} &= \frac{235.702,2}{5} \text{ L/orang.Tahun} \\ &= 47.140,44 \text{ L/orang. Tahun} \\ &= \frac{47.140,44}{365} \text{ L/orang.hari} \\ &= 129,15 \text{ L/orang.hari} \end{aligned}$$

Menurut Metcalf dan Eddy (2014). volume air limbah umumnya berkisar antara 60% hingga 80% dari total pemakaian air bersih. Dalam perencanaan ini digunakan asumsi sebesar 80% dari konsumsi air bersih sebagai acuan, sehingga perhitungan debit air limbah dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q \text{ ave air limbah} &= 129,15 \text{ L/orang.hari} \times 80\% \\ &= 103,32 \text{ L/orang.hari} \\ Q \text{ ave grey water} &= Q \text{ ave air limbah} \times 75\% \\ &= 103,32 \text{ L/orang.hari} \times 75\% \\ &= 77,5 \text{ L/orang.hari} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan ini, debit air limbah domestik jenis *grey water* ditetapkan sebesar 77,5 liter per orang per hari, yang dihitung berdasarkan rata-rata pemakaian air bersih. Untuk klaster 1, instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dirancang dengan kapasitas 345 kepala keluarga (KK). Dengan asumsi setiap KK terdiri dari lima orang, maka unit IPAL pada klaster ini dapat melayani hingga 1.725 jiwa.

Sementara itu, pada klaster 2 kapasitasnya ditetapkan untuk 292 KK, sehingga dengan asumsi yang sama, jumlah penduduk yang terlayani mencapai 1.460 jiwa. Berdasarkan data jumlah pengguna tersebut, maka debit rata-rata (Qave) yang dipakai dalam perhitungan perencanaan sistem IPAL dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q \text{ave clust 1} &= \text{debit per orang} \times \text{jumlah orang} \\ &= 77,5 \text{ L/org.hari} \times 1,725 \text{ org} \\ &= 133.688 \text{ L/hari} \\ &= 133,688 \text{ m}^3/\text{hari} \\ Q \text{ave clust 2} &= 77,5 \text{ L/org.hari} \times 1,460 \text{ orang} \\ &= 113.150 \text{ L/hari} \\ &= 113,150 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4.2. Karakteristik Limbah Cair

Pengujian laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi parameter BOD, COD, dan TSS melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Permen KLHK Nomor 68 tahun 2016.

Tabel 3. Ciri- ciri air limbah hasil sampling

Parameter	Satuan	Kondisi Eksisting	Baku Mutu
pH	-	6,6	6-9
BOD	mg/L	40	30
COD	mg/L	242,8	100
TSS	mg/L	210,5	30
Minyak & Lemak	mg/L	23	5

Berdasarkan data parameter air limbah domestik, pH air limbah berada pada 6,6, masih dalam rentang baku mutu 6–9, sehingga tergolong aman. Namun, parameter lain melebihi batas yang ditetapkan: BOD tercatat 40 mg/L (baku mutu 30 mg/L), COD 242,8 mg/L (baku mutu 100 mg/L), TSS 210,5 mg/L (baku mutu 30 mg/L), dan minyak & lemak 23 mg/L (baku mutu 5 mg/L). Hal ini menunjukkan bahwa air limbah di lokasi eksisting memiliki tingkat pencemaran yang tinggi dan belum memenuhi standar kualitas, sehingga memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan.

4.3. Grease Trap

Dalam perencanaan ini diterapkan inovasi desain dengan menggabungkan struktur grease trap ke dalam area pengendapan yaitu kompartemen I pada unit ABR. Keputusan ini didasarkan pada kesamaan bentuk antara grease trap dan zona pengendapan ABR; oleh karena itu pada zona pengendapan akan ditambahkan sekat atau dinding khusus yang berfungsi menahan minyak dan lemak, dengan pertimbangan bahwa zat-zat tersebut tidak mudah larut dalam air.

Menurut Wongthanate et al. (2014), grease trap mampu mengolah hingga sekitar 95% kandungan minyak. Berdasarkan pengaturan desain tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan konsentrasi efluen air limbah untuk mengevaluasi kinerja sistem. Konsentrasi minyak lemak awal = 23 mg/L
 Persentase pengolahan= 95% [6]
 Konsentrasi minyak lemak outlet = $(100 - 95) \% \times 23 \text{ mg/L}$

$$= 1,15 \text{ mg/L}$$

Hasil ini sudah mencukupi baku mutu yaitu 1,15 mg/L dari batas maksimal yaitu 5 mg/L.

4.4. Perhitungan Anaerobic Baffle Reactor Cluster 1

Sistem pengolahan air limbah yang diterapkan menggunakan teknologi Anaerobic Baffled Reactor (ABR). Perhitungan dalam ABR dilakukan melalui dua tahap, zona endap dan zona kopartemen.

- Debit Air Limbah

$$Q_{ave} = 133,688 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Faktor peak} = \frac{5}{(P)^{0,2}} = \frac{5}{(1,725)^{0,2}} = 1,12$$

$$Q_{peak} = 133,688 \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{faktor puncak} = 133,688 \text{ m}^3/\text{waktui} \times 1,12 = 149,730 \text{ m}^3/\text{waktu}$$

$$Q_{perjam} = \frac{Q_{ave}}{\text{waktu pengairan}} = \frac{133,688 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam/hari}} = 5,6 \text{ m}^3/\text{jam}$$

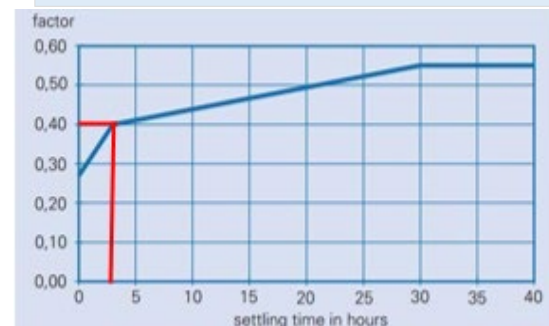
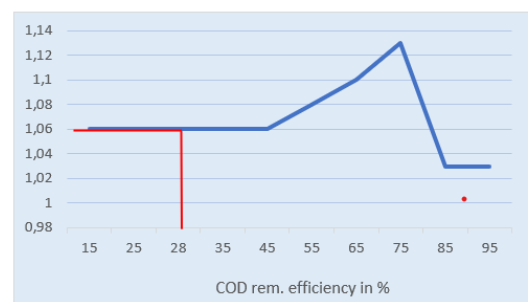
- Ruang pengendap

Waktu pengendapan akan dilakukan sepanjang 3 jam (tolak ukur 2-6 jam), konsen awal kadar BOD, COD dan TSS yaitu:

$$\text{BOD} = 40 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD} = 242,80 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS} = 210,50 \text{ mg/L}$$



Gambar 4 Grafik Removal COD pada tangki pengendap

Dari grafik yang ditampilkan di atas dapat diketahui bahwa nilai faktor *removal* COD pada

unit tangki pengendap mencapai 0,40. Hal ini menunjukkan bahwa sekitar 40% beban COD dapat direduksi melalui proses pengendapan.

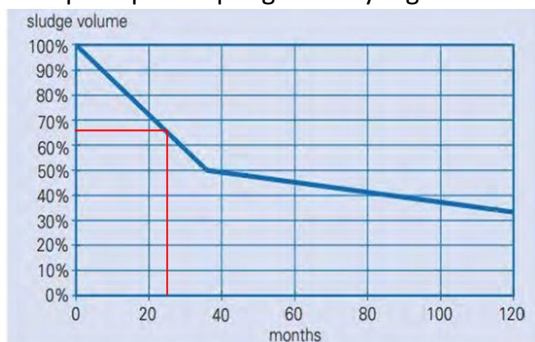
Perkiraan persentase removal COD

$$= \frac{\text{rasio SS/COD}}{0,6} \times \text{faktor removal}$$

$$= \frac{0,42}{0,6} \times 0,40$$

$$= 28\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa persentase penyisihan COD mencapai 28%. Berdasarkan data tersebut, melalui grafik rasio efisiensi *removal* BOD terhadap COD, diperoleh nilai faktor *removal* BOD sebesar 1,06. Temuan ini mengindikasikan bahwa kinerja penyisihan BOD relatif lebih tinggi dibandingkan dengan COD pada proses pengolahan yang diamati.



Gambar 5. Grafik *ratio efficient removal* BOD terhadap *efficient removal* COD

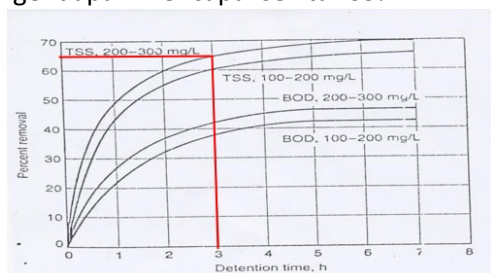
Perkiraan persentase removal BOD

$$= \frac{\text{Faktor BOD5}}{\text{COD}} \times \text{COD}$$

$$= 1,06 \times 28\%$$

$$= 30\%$$

terhadap zona endap akan berlangsung mekanisme penyisihan atau *removal* Total Suspended Solid (TSS). Berdasarkan grafik hubungan antara persentase *removal* TSS dan BOD, serta dengan waktu tinggal yang direncanakan selama 3 jam (masih berada dalam kategori 2–6 jam), diperoleh bahwa efisiensi penyisihan TSS pada tangki pengendapan mencapai sekitar 65%.



Gambar 6. Presentase removal TSS dan BOD Effluent BOD, COD, dan TSS

$$\text{BOD} = (100 - 30) \% \times 40 \text{ mg/L}$$

$$= 28 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD} = (100 - 28) \% \times 242,80 \text{ mg/L}$$

$$= 174,81 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS} = (100 - 65) \% \times 210,50 \text{ mg/L}$$

$$= 73,68 \text{ mg/L}$$

Massa lumpur BOD, COD, dan TSS

$$\text{Massa BOD} = \text{removal BOD} \times \text{kadar BOD} \times Q \text{ peak}$$

$$= 30\% \times 0,04 \text{ Kg/L} \times 149,730 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1,79 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa COD} = \text{removal COD} \times \text{kadar COD} \times Q \text{ peak}$$

$$= 28\% \times 0,24 \text{ Kg/L} \times 149,730 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 10,06 \text{ Kg/hari}$$

$$\text{Massa TSS} = \text{removal TSS} \times \text{kadar TSS} \times Q \text{ peak}$$

$$= 65\% \times 0,21 \text{ Kg/L} \times 149,730 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 20,43 \text{ Kg/hari}$$

Ruang endap unit ABR berguna tidak hanya untuk menurunkan kandungan zat organik pada tahap awal pengolahan, tetapi juga sebagai wadah tampung lumpur. Jadwal pengurasan lumpur direncanakan setiap 24 bulan atau sekitar 2 tahun sekali. Berdasarkan grafik yang ditampilkan, efisiensi reduksi yang dapat dicapai pada zona ini adalah sebesar 65%.

Berdasarkan gambar grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai reduksi lumpur sebesar 65%

- Massa lumpur yang dihasilkan

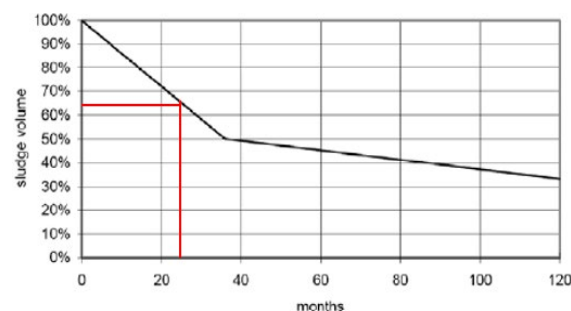
$$= \text{Lumpur TSS} \times \text{durasi pengurasan (tahun.hari)}$$

$$= 20,43 \times 2 \times 365$$

$$= 14892 \text{ Kg/tahun}$$

Setelah jangka waktu 2 tahun atau sekitar 24 bulan, proses stabilisasi lumpur dapat dievaluasi dengan melihat persentase volume yang tersisa. Nilai tersebut diperoleh melalui grafik 7 yang menunjukkan hubungan antara penurunan volume lumpur dengan periode waktu tertentu.

reduction of sludge volume during storage



Gambar 7. Grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur oleh waktu

Stabilisasi lumpur 2 tahun = 62% x produksi lumpur

$$= 62\% \times 14892 \text{ Kg/tahun}$$

$$= 9233 \text{ Kg/tahun}$$

Endapan lumpur yang terbentuk merupakan hasil dari massa TSS yang berhasil ter-removal dalam proses pengolahan. Kandungan lumpur ini umumnya memiliki kadar padatan sekitar 5% [4]. Untuk mengetahui besarnya volume lumpur yang dihasilkan, dapat dilakukan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut:

- Densitas Lumpur

$$= \frac{(\% \text{ Solid} \times \rho_{\text{solid}}) + (\% \text{ Air} \times \rho_{\text{air}})}{100\%}$$

$$= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100\%}$$

$$= 1,08 \text{ Kg/L}$$

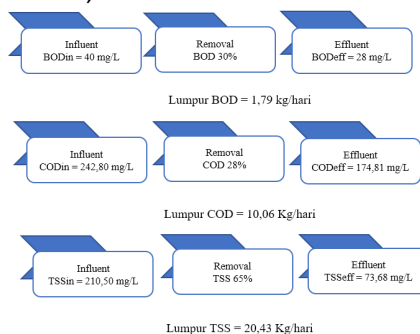
- Volume Lumpur

$$= \text{stabilisasi lumpur 1 tahun} / \rho \text{ lumpur}$$

$$= 9233 \text{ kg} / 1,08 \text{ kg/L}$$

$$= 8549 \text{ L}$$

$$= 8,54 \text{ m}^3$$



Gambar 8. Mass Balance BOD, COD, TSS

➤ Dimensi ruang (*Settling Zone*)

skema Kedalaman Air Ruang Pengendap ABR:

Kemampuan gali : 4 m
Tinggi ABR rencana (H) : 1,5 m
Lebar ABR rencana : 2 m
Freeboard : 1/3 H = 0,5 m
Tebal dinding bawah : 15 cm

➤ Dimensi ruang pada kompartemen 1 (*Settling Zone*)

$$T_d = 3 \text{ jam}$$

$$Q_{\text{peak}} = 149,730 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 6,2 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume} = Q_{\text{peak}} \times t_d$$

$$= 6,2 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam}$$

$$= 18,6 \text{ m}^3$$

$$A_{\text{surface}} = \text{Volume}/H$$

$$= 18,6 \text{ m}^3 / 1,5 \text{ m}$$

$$= 12,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Lebar settling zone} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang settling zone} = \frac{\text{volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}}$$

$$= \frac{18,6 \text{ m}^3}{2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}}$$

$$= 6,2 \text{ m}$$

Ruang Lumpur Kompartemen 1 (*Settling zone*)

$$\text{Volume ruang lumpur} = 8,54 \text{ m}^3$$

$$A_{\text{surface}} = v \text{ ruang lumpur} / \text{tinggi ABR}$$

$$= 8,54 \text{ m}^3 / 1,5 \text{ m}$$

$$= 5,69 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang ruang lumpur} = A_{\text{surface}} / \text{Lebar ABR}$$

$$= 5,69 \text{ m}^2 / 2 \text{ m}$$

$$= 2,8 \text{ m}$$

Tebal dinding atas : 15 cm

➤ Zona Kompartemen

Kompartemen II pada perencanaan ABR dibuat dengan lebar yang sama seperti kompartemen I. Sementara itu, panjang masing-masing bagian kompartemen II ditetapkan sebesar setengah dari tinggi ABR. Ketentuan ini mengikuti kriteria desain ABR, sebab apabila panjang kompartemen dibuat terlalu besar, akan menimbulkan *dead zone* yang mengakibatkan kecepatan aliran ke atas menjadi berkurang.

Rencana design dari kompartemen II:

Lebar = 2 m

Tinggi ABR = 1,5 m

HLR = 30 m³/m² hari (kriteria 16,8 – 38,4

- Dimensi keseluruhan ABR

Panjang ABR:

$$= \text{Komp I} + \text{Komp II} + \dots + ((n+1) \times \text{tebal dinding})$$

$$= 6,2 \text{ m} + (2,5 \times 6 \text{ buah}) + ((7+1) \times 0,15 \text{ m})$$

$$= 22,4 \text{ m}$$

Lebar ABR:

$$= \text{Lebar ABR design} + (2 \times \text{tebal dinding})$$

$$= (2 \text{ m} \times 7 \text{ buah}) + (2 \times 0,15 \text{ m})$$

$$= 14,3 \text{ m}$$

m³/m² hari)

HRT = 10 jam (kriteria 6 – 20 jam)

Luas ABR Kompartemen II

$$A_{\text{surface}} = \frac{Q_{\text{peak}}}{\text{HLR}}$$

$$= \frac{149,730 \text{ m}^3/\text{hari}}{30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}}$$

$$= 4,9 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang kompartemen} = \frac{A_{\text{surface}}}{\text{Lebar}}$$

$$= \frac{4,9 \text{ m}^2}{2 \text{ m}}$$

$$= 2,45 \text{ m (diambil 2,5 m)}$$

H total (Tinggi ABR Komp. II)

$$\begin{aligned} H \text{ total} &= HLR \times HRT \\ &= 30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari} \times 10 \text{ jam} \\ &= 12,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah Kompartemen II ABR

$$\begin{aligned} \text{Jumlah komp} &= \frac{H \text{ total}}{\text{Lebar}} \\ &= \frac{12,5 \text{ m}}{2 \text{ m}} \\ &= 6 \text{ kompartemen} \end{aligned}$$

Check HRT

$$\begin{aligned} HRT &= \frac{\text{Volume kompartemen II}}{Q \text{ per jam}} \\ &= \frac{2,5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 6 \text{ buah}}{5,6 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= 8 \text{ jam} \rightarrow \text{OK!} \end{aligned}$$

➤ Jumlah Kompartemen total ABR

$$\begin{aligned} n &= \text{Jumlah keseluruhan kompartemen} \\ &= \text{kompartemen I} + \text{kompartemen II} \\ &= 1 + 6 \\ &= 7 \text{ kompartemen ABR} \end{aligned}$$

- Check Vup

$$\begin{aligned} Vup &= \frac{Q \text{ peak}}{A \text{ cross}} = \frac{Q \text{ peak}}{p \times l} \\ &= \frac{149,730 \text{ m}^3/\text{hari}}{2,5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 6 \text{ buah}} \\ &= 16,63 \text{ m}/\text{hari} \times 1/24 \text{ jam} \\ &= 0,2 \text{ m}/\text{jam} \rightarrow \text{OK (kriteria} \leq 2 \text{ jam)} \end{aligned}$$

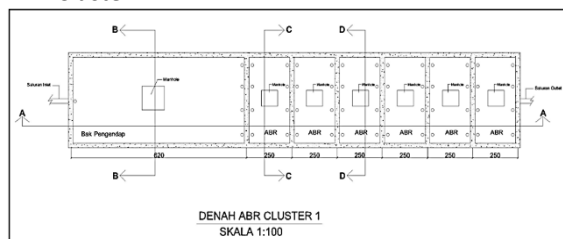
Waktu tinggal hidrolis (HRT) selama 8 jam dianggap sudah sesuai, karena masih berada dalam rentang kriteria desain HRT yang direkomendasikan, yaitu antara 6 hingga 20 jam.

Jika nilai Vup melebihi 2 jam, proses pengendapan akan berlangsung terlalu lama, sehingga efisiensi pemisahan lumpur menjadi kurang maksimal.

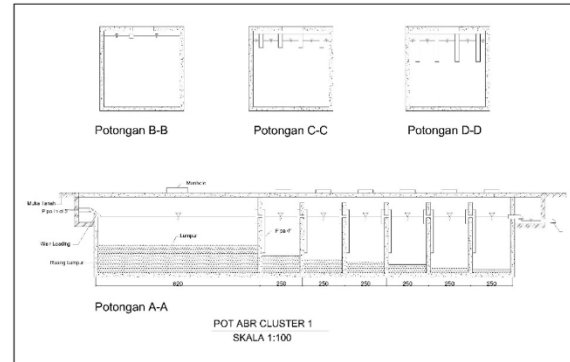
4.5. Desain ABR

Sistem pengolahan air limbah dengan teknologi ABR yang mempunyai 1 ruang pengendap dan 6 kompartemen.

ABR Cluster 1

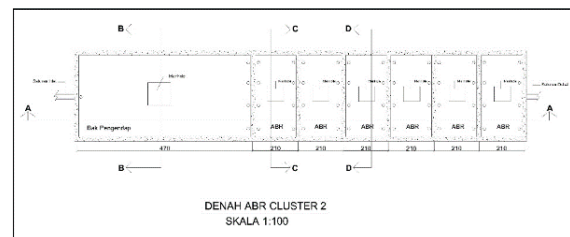


Gambar 9. Denah ABR Cluster 1

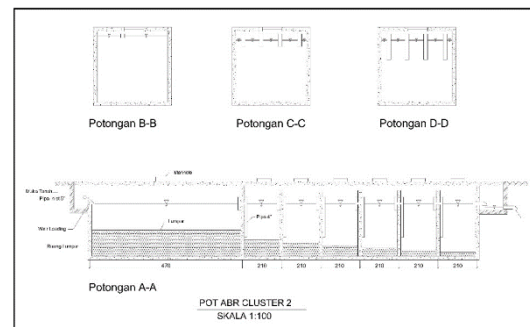


Gambar 10. Gambar potongan ABR Cluster 1

➤ ABR Cluster 2



Gambar 11. Denah ABR Cluster 2



Gambar 12. Gambar Potongan ABR Cluster 2

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan identifikasi permasalahan dan perhitungan menggunakan data yang tersedia, kesimpulan dari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Debit air limbah domestik di Perumahan Tiara Candi, Kota Pasuruan, terbagi menjadi dua klaster, yaitu Klaster 1 sebesar 133,688 m³/hari dan Klaster 2 sebesar 113,150 m³/hari.
2. Kualitas air limbah domestik di kawasan ini tergolong kurang baik, ditunjukkan oleh nilai BOD, COD, TSS, serta kandungan minyak dan lemak yang masih melampaui standar baku mutu yang ditetapkan.
3. Dalam perencanaan pengolahan limbah

domestik, digunakan teknologi Anaerobic Baffled Reactor (ABR). Untuk Klaster 1, ABR dirancang melayani 242 KK dengan tangki pengendap dan 6 kompartemen berukuran panjang 8,8 meter, lebar 2 meter, dan kedalaman 1,5 meter. Sementara Klaster 2 direncanakan untuk 128 KK dengan konfigurasi tangki pengendap dan 6 kompartemen berukuran panjang 6,8 meter, lebar 2 meter, dan kedalaman 1 meter.

4. Hasil pengolahan menunjukkan penurunan konsentrasi polutan pada kedua klaster. Pada Klaster 1, kadar BOD menjadi 34,29 mg/L, COD 174,28 mg/L, dan TSS 180,60 mg/L. Sedangkan pada Klaster 2, BOD tercatat 36,10 mg/L, COD 182,32 mg/L, dan TSS 180,60 mg/L.

5.2 Saran

Apabila perencanaan ini akan diimplementasikan, verifikasi ulang menggunakan data lapangan sangat diperlukan. Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih rinci dan akurat, sehingga rancangan pengolahan air limbah dapat diterapkan secara optimal di Perumahan Tiara Candi, Kota Pasuruan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fardiyani, F., Eko, N., & Bambang, S. *Perencanaan Instalasi Pengolah Air Limbah Domestik di Daerah Perumahan Green Tombro Malang Jawa Timur*, hlm. 10.
- [2] Mubin, F., Binilang, A., & Halim, F. (2016). *Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado*, hlm. 13.
- [3] Ni'Am, M., Eko, N., & Bambang, S. (2021). *Pengolahan Limbah Cair Domestik untuk Pemenuhan Air Bersih dengan Metode Filter serta Penetralkan dengan Eceng Gondok*, hlm. 12.
- [4] Putra, I. D., Eko, N., & Anita, R. *Studi Alternatif Pengolahan Air Limbah Domestik di Desa Gayam, Kab. Sumenep*. (tanpa tahun).
- [5] Rahmawati, A., & Warsito. (2020). Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk Menghasilkan Air Bersih di Perumahan Green Tombro Kota Malang. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 4(1), 1–8.

<https://doi.org/10.26760/jrh.v4i1.1-8>

- [6] Rarasari, D. M. G., Restu, I. W., & Ernawati, N. M. (2018). Efektivitas Pengolahan Limbah Domestik di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(2), 153. <https://doi.org/10.24843/jmas.2019.v05.i02.p01>