

STUDI PERENCANAAN SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL DI PERUMAHAN MUTIARA GARDEN PASURUAN

Muhammad Rifqi Thibil Qulub¹, Anita Rahmawati² dan Jalaluddin Mubarak³

¹ Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: 22001051054@unisma.ac.id

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

³ Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : jalaluddinmubarak18@unisma.ac.id

ABSTRAK

Domestic waste is one of the biggest contributors to environmental pollution in residential areas. This study aims to plan a communal Wastewater Treatment Plant (WWTP) at Mutiara Garden Pasuruan Housing with a combination of Anaerobic Baffled Reactor (ABR) and Aerobic Biofilter approaches. The research method includes collecting primary data in the form of existing conditions and secondary data in the form of literature and applicable regulations.. The results of the study indicate that the ABR system is able to reduce BOD and COD by 70–90%, while the Aerobic Biofilter is effective for removing organic loads with a Hydraulic Loading Rate (HLR) of 10–75 m³/m².day. The planning produces WWTP unit dimensions that suit the needs of 600 houses on ±99,380 m² of land with a Budget Plan (RAB) required to build a series of Wastewater Treatment Plants (WWTP) Location 1 of Rp 559,713,601.20.-. And for location 2 of Rp. 537,648,046.56.-.

Kata Kunci: *Domestic Wastewater, Communal Wastewater Treatment Plant, ABR, Aerobic Biofilter*

1. LATAR BELAKANG

1.1 Latar belakang

Limbah adalah material buangan yang berasal dari proses produksi, baik industri domestik, yang sudah tidak digunakan lagi harus dikelola untuk mencegah pencemaran [1]. Limbah merupakan salah satu permasalahan yang cukup sulit untuk diatasi karena terus bertambah mengikuti perkembangan kehidupan manusia. Manusia menghasilkan limbah dari berbagai macam kegiatan yang dilakukan. Mulai dari kegiatan pertanian, kegiatan industri, sampai kegiatan sehari-harinya. Limbah yang dihasilkan manusia paling banyak saat ini adalah limbah domestik, terutama limbah cair.

Limbah cair atau buangan (wastewater) adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri rumahan, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang sifatnya dapat

membahayakan kesehatan atau kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup [2]. Pengolahan air limbah dapat menurunkan kadar zat kontaminan yang ada pada air limbah [3]].

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan pemukiman, perkantoran, perniagaan, asrama, apartemen, rumah makan yang berwujud cair. Sebagian besar penduduk di Indonesia membuang limbah cair domestik langsung ke saluran pembuang tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu [4]. Limbah cair domestik yang tidak dikelola akan menimbulkan dampak pada lingkungan dan perairan [5].

1.2 Identifikasi masalah

Berikut ini adalah beberapa fitur penting dari analisis identifikasi berbasis latar

belakang:

1. Pada perencanaan Perumahan Mutiara Garden Kota Pasuruan belum memiliki sistem pengolahan air limbah.
2. Kondisi saluran di Perumahan Mutiara Garden Pasuruan langsung membuang limbah greywater ke saluran drainase dan sungai.

1.3 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka pertanyaan yang akan menjadi pokok bahasan dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa besar debit air limbah domestik yang dihasilkan dari Perumahan Mutiara Garden Pasuruan?
2. Berapa kualitas kandungan BOD, COD, dan TSS pada air limbah Perumahan Mutiara Garden Pasuruan?
3. Bagaimana desain instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan menggunakan Anaerob Baffled Reactor dan Aerobik Biofilter yang sesuai pada Perumahan Mutiara Garden Pasuruan?
4. Berapa Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)?

1.4 Batasan masalah

Rumusan kesulitan yang telah dibahas menjadi landasan bagi batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Menghitung debit greywater dan blackwater.
2. Parameter yang digunakan adalah BOD, COD, TSS.
3. Baku mutu effluent air limbah domestik yang digunakan sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 pada lampiran III point 4 tentang baku mutu air limbah domestik, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, perhotelan, dan asrama
4. Tidak membahas mengenai pola operasi dan pemeliharaan sarana yang direncanakan.
5. Tidak membahas mengenai perpipaan air limbah komunal.
6. Tidak membahas sistem penyediaan air bersih.
7. Tidak menganalisa endapan sedimentasi

pada Bak IPAL.

8. Penelitian ini dibatasi pada pembahasan mengenai larangan pembuangan air limbah domestik dan industri ke saluran pembuangan yang terhubung ke sungai sebagaimana diatur dalam Peraturan Daerah Kota Pasuruan Pasal 61 Nomor 11 Tahun 2019.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik memiliki parameter yang perlu ditinjau seperti Chemical Oxydation Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Total Suspended Solid (TSS), Fosfat, Total Coliforms, dan pH. Pembuangan air limbah tanpa melalui proses pengolahan akan mengakibatkan pencemaran lingkungan yang memberi dampak terganggunya kesehatan [6]. Secara umum, penyebab pencemaran air berdasarkan sumbernya dapat dikategorikan sebagai sumber kontaminasi langsung dan tidak langsung [7]. Air limbah dari kegiatan domestik yang terdiri dari atas greywater dan blackwater banyak dialirkan atau dibuang ke saluran atau sungai atau sekitar rumah. Untuk itu, sebelum dibuang ke saluran atau sungai air limbah perlu diolah terlebih dahulu, salah satu teknologinya adalah dengan biofilter.

Biofilter merupakan proses dari oksidasi senyawa organik dan anorganik oleh mikroorganisme dalam tanah, perairan, dan juga pengolahan limbah cair. Teknologi biofilter memiliki keunggulan antara lain pengoperasian yang mudah, hasil lumpur dari proses filtrasi sedikit, tahan terhadap fluktuasi debit aliran maupun fluktuasi beban (konsentrasi), tingkat efisiensi penyisihan beban pencemar dalam pengolahan limbah cair tinggi, dan dapat menghilangkan padatan tersuspensi dengan baik, maka dari itu teknologi biofilter pada saat ini banyak dikembangkan. Pengolahan air limbah domestik menggunakan biofilter anaerob bermedia plastik (bioball) menghasilkan efisiensi penyisihan BOD sebesar 2,93% dalam waktu tinggal 5 hari. Melihat pemaparan diatas terkait air limbah rumah tangga yang dapat menyebabkan kerugian

bagi manusia dan lingkungan, maka untuk dapat meningkatkan kualitas air limbah rumah tangga diperlukan sistem pengolahan air limbah, yaitu dengan menggunakan proses biofilter. Pengolahan limbah dapat berupa kolam atau reaktor [8]. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa proses biofilter efektif untuk menurunkan kadar BOD dalam air limbah bisa mencapai 70% hingga 90% [9]. Dengan demikian, setiap air limbah yang dihasilkan perlu dikelola secara baik berdasarkan karakteristiknya agar dapat menurunkan kualitas bahan pencemar yang terkandung di dalamnya agar tidak mencemari lingkungan. Salah satu solusi efisien untuk masalah ini adalah pembuatan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) komunal bagi penggunaanya.

2.2 Sistem Penyaluran Air Limbah

Ditjen Cipta karya pada 2006 menjelaskan bahwa penggunaan terbesar adalah untuk keperluan mandi, yang mewakili 65 liter per orang per hari, atau 45% dari total konsumsi air [10]. Air limbah domestik yang dihasilkan adalah 60%-80% dari jumlah air bersih yang digunakan [11]. Untuk menghitung total rata-rata debit air limbah dapat dilihat sebagai berikut:

Q_{ave} air minum = Kebutuhan air bersih per orang $\times$ Jumlah orang

Q_{ave} air limbah = $(60\%-80\%) \times Q_{ave}$ air minum

Dimana :

Q_{ave} air limbah = debit air limbah (L/hari)

Q_{ave} air minum = debit air minum (L/hari)

2.3 Pengolahan Air Limbah Domestik

Proses pengolahan air limbah ini berfungsi untuk menghilangkan unsur-unsur limbah yang berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan air limbah bertujuan untuk mengurangi BOD, partikel tercampur serta membunuh organisme patogen. Selain itu, diperlukan juga tambahan pengolahan untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun serta bahan-bahan yang tidak dapat didegradasi agar konsentrasi yang ada menjadi rendah. Dengan tujuan yang dimiliki dari pengolahan air limbah, maka perlu direncanakan instalasi pengolahan air limbah

(IPAL) sebagai tempat pengolahan air limbah.

2.4 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah

2.4.1 Anaerobik Baffled Reaktor (ABR)

Anaerobic Baffle Reactor (ABR) merupakan reaktor anaerob yang terdiri dari beberapa kompartemen berukuran sama. Kompartemen pada ABR dipisahkan oleh sekat secara berselang-seling yang berfungsi untuk memaksa cairan mengalir ke atas dan di bawah. Hal ini dapat meningkatkan kontak antara air limbah dengan mikroorganisme [12].

2.4.2 Aerobik Biofilter

Aerobic Biofilter merupakan suatu reaktor pengolahan air limbah secara biologis yang membutuhkan suplai udara dan media sebagai tempat melekat mikroorganisme.

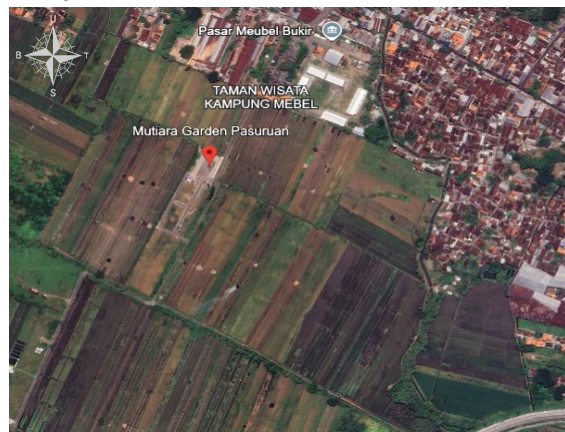
2.5 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya proyek merupakan perhitungan anggaran proyek meliputi biaya bahan, upah tenaga, serta biaya lain yang berhubungan dengan pekerjaan proyek. Perhitungan anggaran ini berdasarkan perhitungan volume pekerjaan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

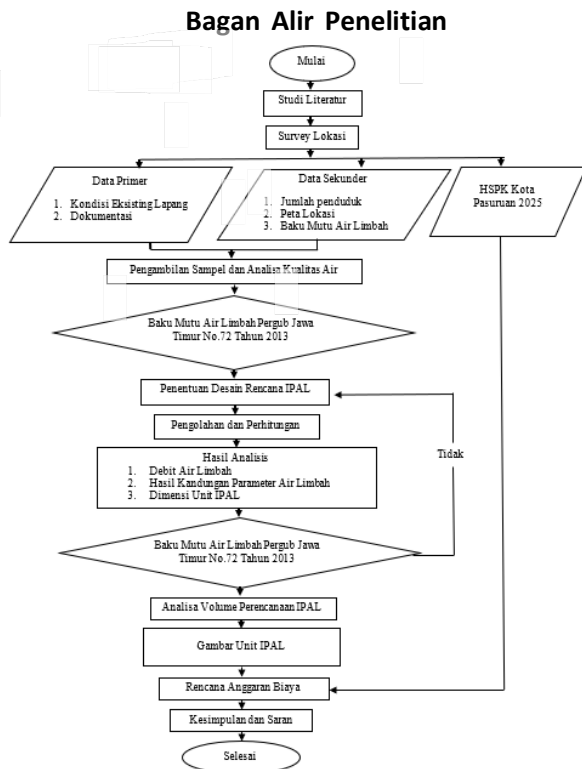
3.1 lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Perumahan Mutiara Garden yang terletak di Desa Bukir, Kecamatan Gadingrjo, Kota Pasuruan, Jawa Timur.



Gambar 1. Lokasi Perumahan Mutiara Garden Pasuruan.

Sumber : Google Earth, 2025



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian
Sumber: Dokumen Pribadi, 2025

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Limbah

Berdasarkan hasil pengujian lab sampel limbah cair didapatkan besar kadar kandungan limbah cair tiap parameter yang telah mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 sebagai berikut :

Tabel 1. Karakteristik Limbah Perumahan Mutiara Garden

Parameter	Hasil Analisa	Satuan
BOD	169	mg/L
COD	328	mg/L
TSS	139	mg/L
pH	7,7	-
Minyak	71	mg/L

Sumber : Hasil Pengujian Lab, 2025

Debit Air Limbah

Debit air limbah = $80\% \times 120 \text{ L/org/hari}$
= 96 L/org/hari

Debit *greywater* = $75\% \times 96 \text{ L/org/hari}$
= 72 L/org/hari

Debit *blackwater* = $25\% \times 96 \text{ L/org/hari}$
= 24 L/org/hari

Non Domestik – Mushollah

Asumsi Pengguna = 72 Orang

Kebutuhan Air = $5 \text{ L/orang/hari} \times 72 \text{ orang} = 360 \text{ Liter/hari}$

Debit air limbah = $80\% \times 360 \text{ Liter/hari} = 288 \text{ Liter/hari}$

IPAL ini direncanakan di 2 Lokasi, yakni untuk lokasi 1 sebanyak 375 Rumah dengan asumsi 1 rumah 5 orang, maka total lokasi 1 yaitu 1.875 orang, dan untuk lokasi 2 225 rumah maka total lokasi 2 1.125 orang.

• Greywater

$Q_{ave} \text{ Lokasi 1} = 72 \text{ L/orang/hari} \times 1.875 \text{ orang} + 288 \text{ Liter/hari}$

= 135.288 Liter/hari

= 135,288 m³/hari

$Q_{ave} \text{ Lokasi 2} = 72 \text{ L/orang/hari} \times 1.125 \text{ orang}$

= 81.000 L/hari

= 81 m³/hari

• Blackwater

$Q_{ave} \text{ Lokasi 1} = 24 \text{ L/orang.hari} \times 1.875 \text{ orang}$

= 45.000 L/hari

= 45 m³/hari

$Q_{ave} \text{ Lokasi 2} = 24 \text{ L/orang/hari} \times 1.125 \text{ orang}$

= 27.000 L/hari

= 27 m³/hari

4.2 Perhitungan Aerobic Baffled Reaktor (ABR) Lokasi 1

$Q_{ave} \text{ Greywater} = 135.288 \text{ m}^3/\text{hari}$

$Q_{ave} \text{ Blackwater} = 45 \text{ m}^3/\text{hari}$

$Q_{influent} \text{ ABR} = Q_{ave} \text{ Greywater} + Q_{ave} \text{ Blackwater}$

= 135,288 m³/hari + 45 m³/hari

= 180,288 m³/hari

Faktor Peak = $\frac{5}{(P)^{0,2}}$

= $\frac{5}{(1.875)^{0,2}}$

= 1,11

$Q_{peak} = 180,288 \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{Faktor peak}$

= 180,288 m³/hari x 1,11

= 200,12 m³/hari

$Q_{perjam} = \frac{Q_{in} \text{ ABR}}{24 \text{ jam/hari}}$

= $\frac{180,288 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam/hari}}$

= 7,5 m³/hari

4.3.1 Ruang Pengendap

Dimensi Ruang Pengendap (*Settling zone*)

Tinggi = 3 m

Lebar = 3 m

$$\begin{aligned}
 \text{Freeboard} &= 1/3 h = 0,5 \text{ m} \\
 \text{Tebal dinding bawah} &= 15 \text{ cm} \\
 \text{Tebal dinding atas} &= 15 \text{ cm} \\
 \text{Dimensi ruang kompartemen 1 (settling one)} \\
 T_d &= 3 \text{ jam} \\
 Q_{\text{peak}} &= 200,12 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 8,34 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Volume} &= Q_{\text{peak}} \times T_d \\
 &= 8,34 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam} \\
 &= 25,01 \text{ m}^3 \\
 A_{\text{surface}} &= \frac{\text{Volume}}{H} \\
 &= \frac{25,01 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} \\
 &= 8,34 \text{ m}^2 \\
 \text{Lebar} &= 3 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= \frac{\text{Volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}} \\
 &= \frac{25,01 \text{ m}^3}{3 \text{ m} \times 3 \text{ m}} \\
 &= 2,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Kompartemen II

$$\begin{aligned}
 \text{BOD}_{\text{influent}} &= 118,3 \text{ mg/L} \\
 \text{COD}_{\text{influent}} &= 236,16 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS}_{\text{influent}} &= 50,04 \text{ mg/L} \\
 \text{Rencana desain dari kompartemen II :} \\
 \text{Lebar} &= 3 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 3 \text{ m} \\
 \text{HLR} &= 35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \\
 \text{HRT} &= 10 \text{ jam} \\
 \text{Luas Kompartemen II} \\
 A_{\text{surface}} &= \frac{Q_{\text{peak}}}{\text{HLR}} \\
 &= \frac{200,12 \text{ m}^3/\text{hari}}{35 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 5,72 \text{ m}^2 \\
 \text{Panjang} &= \frac{A_{\text{surface}}}{\text{Lebar}} \\
 &= \frac{5,72 \text{ m}^2}{3 \text{ m}} \\
 &= 1,9 \text{ m} \approx 2 \text{ m} \\
 \text{H total} &= \text{HLR} \times \text{HRT} \\
 &= 35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times 10 \text{ jam} \\
 &= 14,58 \text{ m} \approx 15 \text{ m} \\
 \text{Jumlah Kompartemen} \\
 &= \frac{H_{\text{total}}}{\text{Lebar}} \\
 &= \frac{15 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 5 \text{ Kompartemen} \\
 \text{Cek HRT} &= \frac{P \times L \times H \times \text{Jumlah Komp. II}}{Q_{\text{perjam}}} \\
 &= \frac{2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 5 \text{ buah}}{7,5} \\
 &= 12 \text{ jam} \rightarrow \text{OK!} \\
 \text{Jumlah Kompartemen total ABR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \text{Kompartemen I} + \text{Kompartemen II} \\
 &= 1 + 5 = 6 \text{ Kompartemen ABR} \\
 \text{Cek Vup} &= \frac{Q_{\text{peak}}}{a_{\text{cross}}} = \frac{Q_{\text{peak}}}{P \times L \times \text{komp. II}} \\
 &= \frac{200,12 \text{ m}^3/\text{hari}}{2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 5 \text{ buah}} \\
 &= 6,671 \text{ m/hari} \times 1/24 \text{ jam} \\
 &= 0,278 \text{ m/jam} \rightarrow \text{OK!} \\
 \text{Dimensi Keseluruhan ABR} \\
 \text{Panjang} &= \text{komp. I} + \text{komp. II} + ((N+1) \times \text{tebal dinding}) \\
 &= 2,8 + (2 \text{ m} \times 5) + ((6 + 1) \times 0,15) \\
 &= 13,85
 \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Aerobik Biofilter Lokasi 1

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{influent}} &= 180,288 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{BOD}_{\text{in}} &= 8,93 \text{ mg/L} \\
 \text{COD}_{\text{in}} &= 23,15 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS}_{\text{in}} &= 18 \text{ mg/L} \\
 \text{Dimensi Aerobik Biofilter} \\
 \text{OLR} &= 2 \text{ kg BOD}/\text{m}^3 \cdot \text{hari} \\
 \text{Volume media} &= \text{MBOD}_{\text{in}} \text{ AB 1} : \text{OLR} \\
 &= 1,61 \text{ kg/hari} : 2 \text{ kg} \\
 &\quad \text{BOD}/\text{m}^3 \cdot \text{hari} \\
 &= 0,8 \text{ m}^3 \approx 1 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume media} &= 50\% \\
 H_{\text{efektif}} &= 3 \text{ m} \\
 A_{\text{surface}} (A_s) &= \text{Volume reaktor} : H_{\text{efektif}} \\
 &= 0,4 \text{ m}^3 : 3 \text{ m} \\
 &= 0,13 \text{ m}^2 \approx 0,2 \text{ m}^2 \\
 \text{Lebar} &= 3 \text{ m (asumsi)} \\
 \text{Panjang total} &= A_s : \text{Lebar} \\
 &= 0,2 \text{ m}^2 : 3 \text{ m} \\
 &= 0,067 \text{ m} \\
 \text{Panjang aerasi} &= 2,1 \text{ m (asumsi)} \\
 \text{Panjang bed} &= 2,1 \text{ m (asumsi)} \\
 \text{Panjang total} &= 2,1 \text{ m} + 2,1 \text{ m} \\
 &= 4,2 \text{ m} \\
 \text{Cek } A_s &= \text{panjang total} \times \text{Lebar} \\
 &= 4,2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\
 &= 12,6 \text{ m}^2 \\
 \text{HLR} &= Q_{\text{in}} \text{ AB 1} : \text{Cek } A_s \\
 &= 180,288 \text{ m}^3/\text{hari} : 12,6 \text{ m}^2 \\
 &= 14,31 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari (OK !)} \\
 \text{Volume reaktor} &= \text{Cek } A_s \times H_{\text{efektif}} \\
 &= 12,6 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} \\
 &= 37,8 \text{ m}^3 \\
 \text{HRT} &= \text{volume reaktor} : Q_{\text{in}} \text{ AB} \\
 &= 37,8 \text{ m}^3 : 180,2 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 5 \text{ jam 1 menit 55 detik}
 \end{aligned}$$

(OK !)

H media = Volume media : (Lebar x Panjang bed)

$$= 1 \text{ m}^3 : (3 \text{ m} \times 2,1 \text{ m})$$

$$= 0,16 \text{ m} \approx 1,16 \text{ m}$$

Cek volume media

$$= H \text{ media} \times \text{Panjang media} \times L$$

$$= 1,16 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$= 7,3 \text{ m}^3$$

Cek OLR

$$= \text{MBODin AB 1} : \text{Cek volume media}$$

$$= 1.61 \text{ kg/hari} : 7,3 \text{ m}^3$$

$$= 0,22 \text{ kg BOD/ m}^3 \cdot \text{hari (OK !)}$$

presentase volume media

$$= (\text{Cek vol media} / \text{Cek vol reaktor}) \times 100\%$$

$$= (7,3 \text{ m}^3 / 37,8 \text{ m}^3) \times 100\%$$

$$= 19,31 \% \text{ (OK !)}$$

Kecepatan upflow

$$= Q_{in} \text{ AB 1} : (L \times \text{Panjang media})$$

$$= 180,288 \text{ m}^3/\text{hari} : (3 \text{ m} \times 2,1 \text{ m})$$

$$= 1,192 \text{ m/jam (OK !)}$$

H lumpur = 0,5 m

Ketebalan plat = 0,06 m

H air di atas media

$$= H \text{ efektif} - (H \text{ lumpur} + \text{Ketebalan plat} + H \text{ media})$$

$$= 3 \text{ m} - (0,5 \text{ m} + 0,06 \text{ m} + 1,16 \text{ m})$$

$$= 1,28 \text{ m}$$

Kebutuhan Oksigen

Kebutuhan oksigen = MBODtersisihkan

$$= 1,25 \text{ kg/hari}$$

Faktor keamanan = 1,6

Presentase oksigen = 23,18%

Massa jenis udara = 1,1725 kg/m³

$$\text{Kebutuhan udara} = (1,25 \times 1,6) / (23,18 \% \times 1,1725)$$

Efisiensi diffuser = 7%

Kebutuhan udara

$$= \text{Kebutuhan udara} : \text{Efisiensi diffuser}$$

$$= 7,35 \text{ m}^3/\text{hari} : 7\%$$

$$= 105,04 \text{ m}^3/\text{hari} = 72,94 \text{ L/menit}$$

Kapasitas blower

$$= 75 \text{ L/menit (Resun ACO-004)}$$

Jumlah blower

$$= \text{Kebutuhan udara aktual} : \text{Kapasitas blower}$$

$$= 72,94 \text{ L/menit} : 75 \text{ L/menit}$$

$$= 0,97 \approx 1 \text{ unit Daya}$$

$$= 58 \text{ watt}$$

Pada tiap bak pengolahan, terjadi efisiensi untuk menurunkan kandungan senyawa organik yang terdapat pada limbah cair. Berikut adalah hasil rekap perkiraan kualitas *effluent* yang terjadi.

Tabel 2. Rekap Kualitas *Effluent*

Tahapan	Parameter		
	BOD	COD	TSS
	Mg/L		
<i>Influent</i>	169	328	139
Ruang Pengendap ABR	30%	28%	64%
	118,3	236,16	50,04
<i>Anaerobic Baffled Reaktor (ABR)</i>	92,45%	90,2%	64%
	8,93	12,15	18,01
Aerobik Biofilter	78%	87%	90%
	2	3,03	1,8
<i>Effluent</i>	2	3,03	1,8

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2025)

4.4 Perhitungan *Aerobic Baffled Reaktor (ABR)* Lokasi 2

$Q_{ave} \text{ Greywater} = 81 \text{ m}^3/\text{hari}$

$Q_{ave} \text{ Blackwater} = 27 \text{ m}^3/\text{hari}$

$Q_{inffluent} \text{ ABR} = Q_{ave} \text{ Greywater} + Q_{ave}$

$\text{Blackwater} = 81 \text{ m}^3/\text{hari} + 27 \text{ m}^3/\text{hari}$

$= 108 \text{ m}^3/\text{hari}$ Faktor Peak = $\frac{5}{(P)^{0,2}}$

$= \frac{5}{(1.125)^{0,2}}$

$= 1,23$

$Q_{peak} = 108 \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{Faktor peak}$

$= 108 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,23$

$= 132,84 \text{ m}^3/\text{hari}$

$Q_{perjam} = \frac{Q_{in} \text{ ABR } 1}{24 \text{ jam/hari}}$

$= \frac{108 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam/hari}}$

$= 4,5 \text{ m}^3/\text{hari}$

Ruang Pengendap

Dimensi Ruang Pengendap (Settling zone)

Tinggi = 3 m

Lebar = 3 m

Freeboard = $1/3 h = 0,5 \text{ m}$

Tebal dinding bawah = 15 cm

Tebal dinding atas = 15 cm

Dimensi ruang kompartemen 1 (settling one)

$T_d = 3 \text{ jam}$

$Q_{peak} = 132,84 \text{ m}^3/\text{hari}$

$= 5,535 \text{ m}^3/\text{jam}$

Volume = $Q_{peak} \times T_d$

$= 5,535 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam}$

$= 16,61 \text{ m}^3$

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

$$= \frac{16,61 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}$$

$$= 5,54 \text{ m}^2$$

$$\text{Lebar} = 3 \text{ m}$$

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

$$= \frac{16,61 \text{ m}^3}{3 \text{ m} \times 3 \text{ m}}$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

4.5.2 Kompartemen II

$$\text{BOD}_{\text{influent}} = 118,3 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{influent}} = 236,16 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{influent}} = 50,04 \text{ mg/L}$$

Rencana desain dari kompartemen II :

$$\text{Lebar} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 3 \text{ m}$$

$$\text{HLR} = 35 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

$$\text{HRT} = 10 \text{ jam}$$

$$\text{Luas Kompartemen II}$$

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

$$= \frac{132,84 \text{ m}^3/\text{hari}}{35 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 5,72 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang} = \frac{A_{\text{surface}}}{\text{lebar}}$$

$$= \frac{5,72 \text{ m}^2}{3 \text{ m}}$$

$$= 1,9 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{total}} = \text{HLR} \times \text{HRT}$$

$$= 35 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \times 10 \text{ jam}$$

$$= 14,58 \text{ m} \approx 15 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Kompartemen}$$

$$= \frac{H_{\text{total}}}{\text{Lebar}}$$

$$= \frac{15 \text{ m}}{3 \text{ m}}$$

$$= 5 \text{ Kompartemen}$$

$$\text{Cek HRT}$$

$$=$$

$$\frac{p \times l \times h \times \text{jumlah kompartemen II}}{Q_{\text{perjam}}}$$

$$= \frac{1,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 5 \text{ buah}}{4,5}$$

$$= 12 \text{ jam} \rightarrow \text{OK!}$$

$$\text{Jumlah Kompartemen total ABR}$$

$$N = \text{Kompartemen I} + \text{Kompartemen II}$$

$$= 1 + 5 = 6 \text{ Kompartemen ABR}$$

$$\text{Cek } V_{\text{up}} = \frac{Q_{\text{peak}}}{a_{\text{cross}}} = \frac{Q_{\text{peak}}}{p \times l \times \text{komp. II}}$$

$$= \frac{132,84 \text{ m}^3/\text{hari}}{1,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 5 \text{ buah}}$$

$$= 5,904 \text{ m}/\text{hari} \times 1/24 \text{ jam}$$

$$= 0,246 \text{ m}/\text{jam} \rightarrow \text{OK!}$$

$$\text{Dimensi Keseluruhan ABR}$$

$$\text{Panjang} = \text{komp. I} + \text{komp. II} + ((N+1) \times \text{tebal dinding})$$

$$= 1,8 + (2 \times 5) + ((6 + 1) \times 0,15)$$

$$= 12,85$$

4.5 Perhitungan Aerobik Biofilter Lokasi 2

$$Q_{\text{influent}} = 108 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{BOD}_{\text{in}} = 6,23 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{in}} = 17,9 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{in}} = 18 \text{ mg/L}$$

Dimensi Aerobik Biofilter

$$\text{OLR} = 2 \text{ kg BOD}/\text{m}^3.\text{hari}$$

$$\text{Volume media} = \text{MBOD}_{\text{in}} \text{ AB 1} : \text{OLR}$$

$$= 0,673 \text{ kg}/\text{hari} : 2 \text{ kg}$$

$$\text{BOD}/\text{m}^3.\text{hari}$$

$$= 0,25 \text{ m}^3 \approx 0,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume media} = 50\%$$

$$H_{\text{efektif}} = 3 \text{ m}$$

$$A_{\text{surface}} (A_s) = \text{Volume reaktor} : H_{\text{efektif}}$$

$$= 0,25 \text{ m}^3 : 3 \text{ m}$$

$$= 0,082 \text{ m}^2 \approx 0,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Lebar} = 3 \text{ m (asumsi)}$$

$$\text{Panjang total} = A_s : \text{Lebar}$$

$$= 0,1 \text{ m}^2 : 3 \text{ m}$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

$$\text{Panjang aerasi} = 2,1 \text{ m (asumsi)}$$

$$\text{Panjang bed} = 2,1 \text{ m (asumsi)}$$

$$\text{Panjang total} = 2,1 \text{ m} + 2,1 \text{ m}$$

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

$$\text{Cek } A_s = \text{panjang total} \times \text{Lebar}$$

$$= 4,2 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$= 12,6 \text{ m}^2$$

$$\text{HLR} = Q_{\text{in}} \text{ AB 1} : \text{Cek } A_s$$

$$= 108 \text{ m}^3/\text{hari} : 12,6 \text{ m}^2 = 8,57 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari (OK !)}$$

$$\text{Volume reaktor} = \text{Cek } A_s \times H_{\text{efektif}}$$

$$= 12,6 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m}$$

$$= 37,8 \text{ m}^3$$

$$\text{HRT} = \text{volume reaktor} : Q_{\text{in}} \text{ AB}$$

$$= 37,8 \text{ m}^3 : 103,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 8 \text{ jam } 24 \text{ menit } 0 \text{ detik (OK !)}$$

$$H_{\text{media}} = \text{Volume media} : (\text{Lebar} \times \text{Panjang bed})$$

$$= 0,5 \text{ m}^3 : (3 \text{ m} \times 2,1 \text{ m})$$

$$= 0,08 \text{ m} \approx 1,08 \text{ m}$$

$$\text{Cek volume media}$$

$$= H_{\text{media}} \times \text{Panjang media} \times L$$

$$= 1,08 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$= 6,8 \text{ m}^3$$

$$\text{Cek OLR}$$

$$= \text{MBOD}_{\text{in}} \text{ AB 1} : \text{Cek volume media}$$

$= 0.673 \text{ kg/hari} : 6,8 \text{ m}^3$
 $= 0,1 \text{ kg BOD/ m}^3.\text{hari (OK !)}$
 presentase volume media
 $= (\text{Cek vol media/Cek vol reaktor}) \times 100\%$
 $= (6,8 \text{ m}^3/37,8 \text{ m}^3) \times 100\%$
 $= 17,99 \% \text{ (OK !)}$

Kecepatan upflow

$= Q_{in} \text{ AB 1} : (L \times \text{Panjang media})$
 $= 108 \text{ m}^3/\text{hari} : (3 \text{ m} \times 2,1 \text{ m})$
 $= 0,714 \text{ m/jam (OK !)}$

H lumpur = 0,5 m

Ketebalan plat = 0,06 m

H air di atas media

$= H \text{ efektif} - (H \text{ lumpur} + \text{Ketebalan plat} + H \text{ media})$
 $= 3 \text{ m} - (0,5 \text{ m} + 0,06 \text{ m} + 1,08 \text{ m})$
 $= 1,36 \text{ m}$

Kebutuhan Oksigen

Kebutuhan oksigen = MBODtersisihkan

= 1,25 kg/hari

Faktor keamanan = 1,6

Presentase oksigen = 23,18%

Massa jenis udara = $1,1725 \text{ kg/ m}^3$

$\text{Kebutuhan udara} = \frac{0,46 \times 1,6}{23,18 \% \times 1,1725}$

= 2,69 m/hari

Efisiensi diffuser = 7%

Kebutuhan udara

= Kebutuhan udara : Efisiensi diffuser

= $2,69 \text{ m}^3/\text{hari} : 7\%$

= $38,46 \text{ m}^3/\text{hari} = 26,71 \text{ L/menit}$

Kapasitas blower

= 75 L/menit (Resun ACO-004)

Jumlah blower

= Kebutuhan udara aktual : Kapasitas blower

= $26,71 \text{ L/menit} : 75 \text{ L/menit}$

= $0.36 \approx 1 \text{ unit Daya}$

= 58 watt

Tabel 3. Rekap Kualitas *Effluent*

Tahapan	Parameter		
	BOD	COD	TSS
	Mg/L		
<i>Influent</i>	169	328	139
Ruang Pengendap ABR	30%	28%	64%
	118,3	236,16	50,04
<i>Anaerobic Baffled Reaktor (ABR)</i>	94,71%	92,4	64%
	6,23	17,9	18,01
Aerobik Biofilter	78%	87%	90%
	2	4,53	1,8
<i>Effluent</i>	2	4,53	1,8

(Sumber : Hasil Perhitungan,2025)

Pada tiap bak pengolahan, terjadi efisiensi untuk menurunkan kandungan senyawa organik yang terdapat pada limbah cair. Berikut adalah hasil rekap perkiraan kualitas *effluent* yang terjadi.

4.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk menentukan total biaya yang diperlukan dalam pembangunan instalasi pengolahan air limbah Perumahan Mutiara Garden dengan berdasarkan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Pasuruan tahun 2025.

4.7.1 RAB ABR - Aerobic Biofilter Lokasi 1

Tabel 4. Perhitungan RAB ABR – Aerobik Biofilter Lokasi 1

RENCANA ANGGARAN BIAYA					
No	Pekerjaan	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Jumlah harga
Tahapan Persiapan					
1	Pembersihan Lapangan	132	m ²	Rp 9,160.00	Rp 1,209,120.00
2	Pemasangan <i>Bowplank</i>	132	m ²	Rp 1,298.00	Rp 1,491,336.00
3	Pekerjaan Galian Tanah	307.06	m ³	Rp 161,205.00	Rp 49,499,607.30
Total					Rp 52,200,063.30
Pekerjaan Utama					
1	Pasir Urug	6.05	m ³	Rp 202,950.00	Rp 1,227,586.75
2	Lantai Kerja K-100	3.02	m ³	Rp 903,800.36	Rp 2,733,415.50
3	Pekerjaan Beton Bertulang	52.52	m ³	Rp 6,079,627.50	Rp 319,288,340.12
4	Pemasangan pipa air kotor (D = 4")	59	m	Rp 67,677.50	Rp 3,992,972.50
5	Pemasangan <i>Tee</i>	44	Buah	Rp 925,125.00	Rp 40,705,500.00
6	Pemasangan <i>Elbow</i>	20	Buah	Rp 1,039,500.00	Rp 20,790,000.00
7	Pemasangan Media	405.5	Buah	Rp 65,000.00	Rp 26,357,500.00
8	Pemasangan <i>Blower</i>	1	Buah	Rp 600,000.00	Rp 600,000.00
9	Pemasangan <i>Manhole 7x7</i>	12	Buah	Rp 1,800,000.00	Rp 21,600,000.00
10	Pemasangan <i>Manhole 1x1</i>	1	Buah	Rp 2,400,000.00	Rp 2,400,000.00
Total					Rp 439,695,314.86
Finishing					
1	Pengurugan Tanah	83.26	m ³	Rp 79,750.00	Rp 6,639,788.62
2	Pembersihan Lapangan	132	m ²	Rp 9,160.00	Rp 1,209,120.00
Total					Rp 7,848,908.62
Total					Rp 499,744,286.78
PPN 12%					Rp 59,969,314.41
Total + PPN 12%					Rp 559,713,601.20

(Sumber : Hasil Perhitungan,2025)

4.7.2 RAB ABR - Aerobic Biofilter Lokasi 2

Tabel 5. Perhitungan RAB ABR – Aerobik Biofilter lokasi

Rencana Anggaran Biaya					
No	Pekerjaan	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Jumlah harga
Tahapan Persiapan					
1	Pembersihan Lapangan	132	m ²	Rp 9,160.00	Rp 1,209,120.00
2	Pemasangan <i>Bowplank</i>	132	m ²	Rp 1,298.00	Rp 1,491,336.00
3	Pekerjaan Galian Tanah	307.06	m ³	Rp 161,205.00	Rp 49,499,607.30
Total					Rp 52,200,063.30
Pekerjaan Utama					
1	Pasir Urug	6.05	m ³	Rp 202,950.00	Rp 1,227,586.75
2	Lantai Kerja K-100	3.02	m ³	Rp 903,800.36	Rp 2,733,415.50
3	Pekerjaan Beton Bertulang	52.52	m ³	Rp 6,079,627.50	Rp 319,288,340.12
4	Pemasangan pipa air kotor (D = 4")	59	m	Rp 67,677.50	Rp 3,992,972.50
5	Pemasangan Tee	44	Buah	Rp 925,125.00	Rp 40,705,500.00
6	Pemasangan Elbow	20	Buah	Rp 1,039,500.00	Rp 20,790,000.00
7	Pemasangan Media	405.5	Buah	Rp 65,000.00	Rp 26,357,500.00
8	Pemasangan Blower	1	Buah	Rp 600,000.00	Rp 600,000.00
9	Pemasangan Manhole 7x7	12	Buah	Rp 1,800,000.00	Rp 21,600,000.00
10	Pemasangan Manhole 1x1	1	Buah	Rp 2,400,000.00	Rp 2,400,000.00
Total					Rp 439,695,314.86
Finishing					
1	Pengurugan Tanah	83.26	m ³	Rp 79,750.00	Rp 6,639,788.62
2	Pembersihan Lapangan	132	m ²	Rp 9,160.00	Rp 1,209,120.00
Total					Rp 7,848,908.62
Total					Rp 499,744,286.78
PPN 12%					Rp 59,969,314.41
Total + PPN 12%					Rp 559,713,601.20

(Sumber : Hasil Perhitungan,2025)

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Besar debit air limbah domestik yang terdapat pada perumahan Mutiara Garden adalah sebesar 288,288 m³/hari.
2. Hasil pengolahan air limbah greywater dan blackwater menggunakan metode Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dan Aerobik Biofilter pada perumahan Mutiara Garden mengalami penurunan di setiap lokasi.

Lokasi 1 :

- a. BOD sebesar 167 mg/L dari 169 mg/L
- b. COD sebesar 324,97 mg/L dari 328 mg/L
- c. TSS sebesar 137,2 mg/L dari 139 mg/L

Lokasi 2 :

- a. BOD sebesar 167 mg/L dari 169 mg/L
- b. COD sebesar 323,47 mg/L dari 328 mg/L
- c. TSS sebesar 137,2 mg/L dari 139 mg/L

3. Dimensi desain perencanaan Unit yang direncanakan yakni :

- a. ABR Lokasi 1 yang terdiri dari tangki pengendap dan 5 buah kompartemen, dengan panjang total 13,83 meter, lebar 3 meter dan kedalaman 3 meter dan unit Aerobik biofilter memiliki panjang total 4,5 meter, lebar 3 meter, kedalaman 3 meter, dan untuk tinggi media sarang tawon 1,16 meter.

- b. ABR Lokasi 2 yang terdiri dari tangki pengendap dan 5 buah kompartemen, dengan panjang total 12,85 meter, lebar 3 meter dan kedalaman 3 meter dan unit Aerobik biofilter memiliki panjang total 4,5 meter, lebar 3 meter, kedalaman 3 meter, dan untuk tinggi media sarang tawon 1,08 meter.

4. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun serangkaian Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Lokasi 1 sebesar Rp. 559,713,601.20.-. Untuk lokasi 2 sebesar Rp. 537,648,046.56.-.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari tugas akhir ini, dapat diambil beberapa saran sebagai berikut:

1. Apabila sistem Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dan Aerobik Biofilter akan diterapkan, disarankan untuk dilakukan verifikasi dan evaluasi lebih lanjut oleh instansi berwenang guna memastikan kesesuaian rancangan dengan standar teknis serta baku mutu air limbah domestik yang berlaku.
2. Sebagai perbandingan direkomendasikan menggunakan teknologi HAPS (*Hybrid Aero Plant Reactor System*) karena teknologi

- HAPS memberikan proses pengolahan yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dibanding kombinasi ABR dan biofilter saja, serta berpotensi lebih cocok untuk diterapkan di lingkungan perumahan seperti Mutiara Garden.
3. Peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan kajian lebih komprehensif mengenai aspek teknis, ekonomi, sosial, dan lingkungan dari penerapan sistem pengolahan air limbah domestik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill.
- [2] Noerhayati, Eko, dan Azizah Rachmawati. 2019. "Perencanaan Sistem Jaringan Air Bersih Pada Perumahan The Araya Cluster Jasmine Valley Kota Malang." *Jurnal Rekayasa Sipil (e-Journal)* 6 (1): 1
- [3] Noerhayati, Eko, dan Anita Rahmawati. 2023. *Studi Pengolahan Air Limbah Irigasi Dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau (Vigna Radiata) Di Desa Sukoanyar Kec. Pakis Kab. Malang*.
- [4] Rahmawati, Anita. 2022. "Perencanaan Sistem Lahan Basah Buatan dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Tanaman Cyperus papyrus." *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* 14 (2): 164–68.
- [5] Ni'am, Miqdad Kevin. 2021. *Pengolahan Limbah Cair Domestik Untuk Pemenuhan Air Bersih Dengan Metode Filter Serta Penetralkan Dengan Eceng Gondok*. Januari 30. <http://repository.unisma.ac.id/handle/123456789/1612>
- [6] Ariaty B, Eka, Firdaus Daud, dan Arsad Bahri. 2020. "Hubungan Pengetahuan dan Sikap dengan Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Berbasis Masyarakat di Kecamatan Tamalate Kota Makassar." *Biology Teaching and Learning* 3 (1). <https://doi.org/10.35580/btl.v3i1.15319>.
- [7] Rahmawati, Anita, dan 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>.
- [8] Noerhayati, Eko, dan Anita Rahmawati. 2023b. "Studi Perencanaan Ipal Dengan Metode Anaerobic Baffled Reactor Di Perumahan Joyogrand Kota Malang." *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)* 13 (1): 1. <https://jim.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/22213>
- [9] Foxon, KM, CA Buckley, CJ Brouckaert, dkk. 2006. "The Evaluation of the Anaerobic Baffled Reactor for Sanitation in Dense