

STUDI PERENCANAAN IPAL LIMBAH DOMESTIK PERUMAHAN PERMATA TUNGGULWULUNG KOTA MALANG DENGAN TEKNOLOGI *CONSTRUCTED WETLAND*

Dwi Prasetyo¹, Azizah Rokhmawati², Anita Rahmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,

e-mail : prasetyod935@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,

e-mail : azizah.rachmawati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,

e-mail : anita.rahmawati@unisma.ac.id

ABSTRAK

Kesadaran akan lingkungan merupakan hal paling mendasar dalam beberapa tahun terakhir, tetapi pada satu sisi degradasi pada lingkungan sekitar terus meningkat, limbah merupakan aspek yang sering lalai akan hal tersebut. Mayoritas pada semua tempat tinggal khususnya Kota Malang melakukan pembuangan air limbah hasil aktivitas langsung menuju badan air/sungai yang menimbulkan efek penurunan kualitas air yang menimbulkan ketidaknyamanan bahkan penyakit. Upaya yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah tersebut ialah melakukan pengolahan air limbah dengan alternatif metode *Constructed Wetland* dengan memanfaatkan fitoremediasi dan filtrasi yang dibantu oleh media dan tumbuhan dalam proses pengolahannya. Parameter baku mutu air limbah pada lokasi, BOD = 140,51 mg/L, COD = 268,32 mg/L, dan TSS = 160,00 mg/L terindikasi tercemar. Sehingga, perlu adanya pengolahan sebelum dibuang ke badan air/sungai. Hasil dari Penelitian perencanaan pengolahan air limbah pada Perumahan Permata Tunggulwulung Kota Malang. Perencanaan efektifitas penurunan limbah dari IPAL BOD, COD, dan TSS sebesar 82,68%, 85,00%, dan 85,49%. Nilai effluent dari hasil pengolahan dapat digunakan sebagai penyiraman pada taman RTH.

Kata Kunci : Lahan basah, Baku Mutu Air, Limbah domestik, Perumahan Permata Tunggulwulung.

ABSTRACT

Awareness of the environment is the most basic thing in recent years, but on the otherside, degradation of the surrounding environment continues to increase, waste is an aspect that is often overlooked. The majority of all residences, especially Malang City, dispose of wastewater resulting from activities directly into water bodies/ rivers which has the effect of decreasing water quality which causes discomfort and even disease. Efforts are made to solve this problem by treating wastewater with an alternative *Constructed Wetland* method by utilizing phytoremediation and filtration assisted by media and plants in the processing process. Parameters for the quality of wastewater at the location, BOD = 140.51 mg/L, COD = 268.32 mg/L, and TSS = 160.00 mg/L indicated contamination. Thus, there is a need for processing before being discharged into water bodies/ rivers. The results of the study of waste water treatment planning at Permata Tunggulwulung Housing, Malang City. Planning for the effectiveness of reducing waste from WWTP BOD, COD, and TSS is 82.68%, 85.00% and 85.49%. The effluent value from the processing results can be used as a sprinkler in green open space parks.

Keywords : *Constructed Wetland, Water Quality Standards, Wastewater, Permata Tunggulwulung Regency Residence.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perencanaan kota merupakan sesuatu yang tidak sederhana, karena didalamnya akan menyangkut berbagai kepentingan yang bertujuan untuk memperlancar kehidupan kota. Perencanaan tersebut memerlukan suatu analisis yang cukup tepat baik dari segi teknis maupun sosial yang menyangkut hidup orang banyak (Rokhmawati A., 2010). Menurut data (Badan Pusat Statistik, 2020), Kota Malang tahun 2020, jumlah penduduk yang terdapat pada Kota Malang yaitu berjumlah 933.739 jiwa dengan pertumbuhan penduduk 0,69%/Tahun, dengan kepadatan penduduk 9582 jiwa/km². Pada kelurahan Lowokwaru terdapat 180.418 jiwa. Jumlah penduduk yang naik setiap tahun pada daerah Malang mengakibatkan kuantitas *greywater* yang dihasilkan dari aktifitas sehari-hari dikarenakan kebutuhan air bersih semakin meningkat, *greywater* yaitu limbah yang bersumber dari air bekas cuci piring, cuci pakaian, dan air bekas mandi, yang biasa langsung dibuang menuju badan air atau saluran drainase di depan rumah tanpa diolah terlebih dahulu. Faktor dari pertumbuhan penduduk di Kota Malang memberikan dampak terhadap penurunan daya dukung lingkungan. Salah satu dampak dari pertumbuhan penduduk ini adalah meningkatnya jumlah air limbah domestik. Hal ini membuat perlunya dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Rumusan Masalah

1. Bagaimana kualitas air yang terdapat pada Perumahan Permata Tunggulwulung?
2. Bagaimana desain IPAL dengan metode *Subsurface-Wetland (SSF-CW)* sebagai teknologi pengolah air limbah pada Perumahan Permata Tunggulwulung?
3. Berapa besar dimensi unit Instalasi Pengolahan Air Limbah pada Perumahan Permata Tunggulwulung?
4. Berapa Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada Instalasi Perencanaan Air Limbah Perumahan Permata Tunggulwulung?

Tujuan dan Manfaat

1. Mengetahui kualitas Air Limbah.
2. Merencanakan desain teknologi unit Instalasi Pengolahan yang lebih praktis serta memiliki efisiensi.
3. Mengetahui dimensi perencanaan teknologi unit *Sub-Surface Constructed Wetland* pengolahan air limbah.
4. Mengetahui perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Adapun manfaat yang didapat diambil dari penelitian ini, adalah :

1. Dapat menjadi bagan alternatif desain untuk Instalasi Pengolahan Air Limbah domestik terutama pada objek pembangunan perumahan
2. Dapat menambah wawasan mengenai sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah dan dapat merencanakan pengolahan sistem Instalasi Pengolahan Air limbah sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.
3. Dapat memperluas ilmu mengenai perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah.
4. Memberi masukan kepada instansi terkait terhadap perencanaan serta pembangunan sanitasi lingkungan, terutama dalam pengolahan limbah domestik

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Air limbah merupakan *output* yang dilakukan dari sampingan kegiatan manusia dalam kegiatan sehari-hari. Limbah dibagi menjadi dua tipe yaitu *greywater* dan *blackwater*. Limbah *graywater* berasal dari kegiatan domestik kegiatan rumah tangga seperti air bekas cuci piring, mandi, cuci, tidak termasuk air toilet. *Blackwater* merupakan limbah domestik dari hasil kegiatan pada toilet, *urinoir*, dan bidets. Hampir semua pemukiman di Indonesia khususnya di Kota Malang membuang limbah hasil aktivitas cuci, mandi, dan dapur langsung menuju saluran pembuangan

air, tanpa diolah terlebih dahulu, sehingga menimbulkan bau tak sedap dan menimbulkan berbagai penyakit. (Rahmawati & Warsito, 2020)

Proyeksi Penduduk Perumahan

Proyeksi pada Perhitungan penduduk perumahan merujuk pada Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah No. 403/KPTS/M/2002.

$$Jumlah\ penghuni = \frac{Luas\ Bangunan\ (m^2)}{Kebutuhan\ ruang/jiwa} \dots\dots\dots (1)$$

- Kebutuhan ruang/jiwa = 9 m²/jiwa

Perhitungan Perencanaan Constructed Wetland

Pada perencanaan Instalasi Pengolahan Limbah CW, perhitungan rumus ialah:

Perhitungan Dimensi Bak Pengumpul dan Bak Indikator

$$Vol_{bak} = Q_{max} \times t_d \dots\dots\dots (2)$$

$$Lebar_{bak}(W) = \sqrt{\frac{Vol_{bak}}{2}} \dots\dots\dots (3)$$

$$Panjang_{bak}(L) = Lebar\ bak \dots\dots\dots (4)$$

$$Luas\ efektif\ (As) = L \times W \dots\dots\dots (5)$$

Perhitungan Dimensi Bak Pengolah

$$K_T = K_{20}(1,1)^{(T-20)} \dots\dots\dots (6)$$

$$t' = -\ln \frac{(\frac{C_e}{C_0})}{K_T} \dots\dots\dots (7)$$

$$Ac = \frac{Q}{K_s \times s} \dots\dots\dots (8)$$

$$W_{CW} = \frac{Ac}{d} \dots\dots\dots (9)$$

$$L_{CW} = \frac{t' \times Q}{W \times d \times a} \dots\dots\dots (10)$$

$$As = L_{CW} \times W_{CW} \dots\dots\dots (11)$$

Perhitungan Debit Effluen Air Limbah

$$Q_{ef} = Q_{in} - Q_{ET} + Q_p + Q_i \dots\dots\dots (12)$$

METODOLOGI PENELITIAN

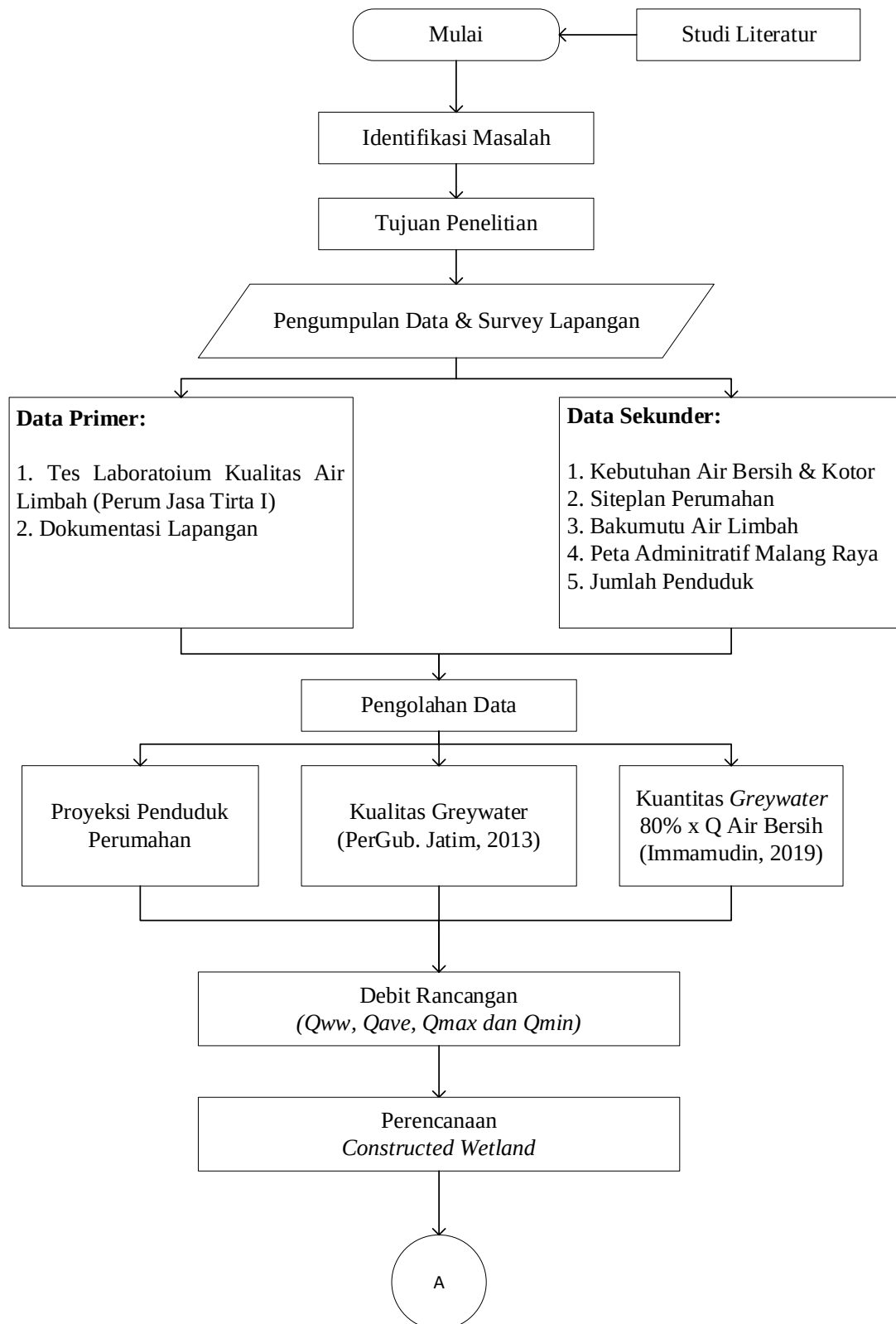
Lokasi Studi

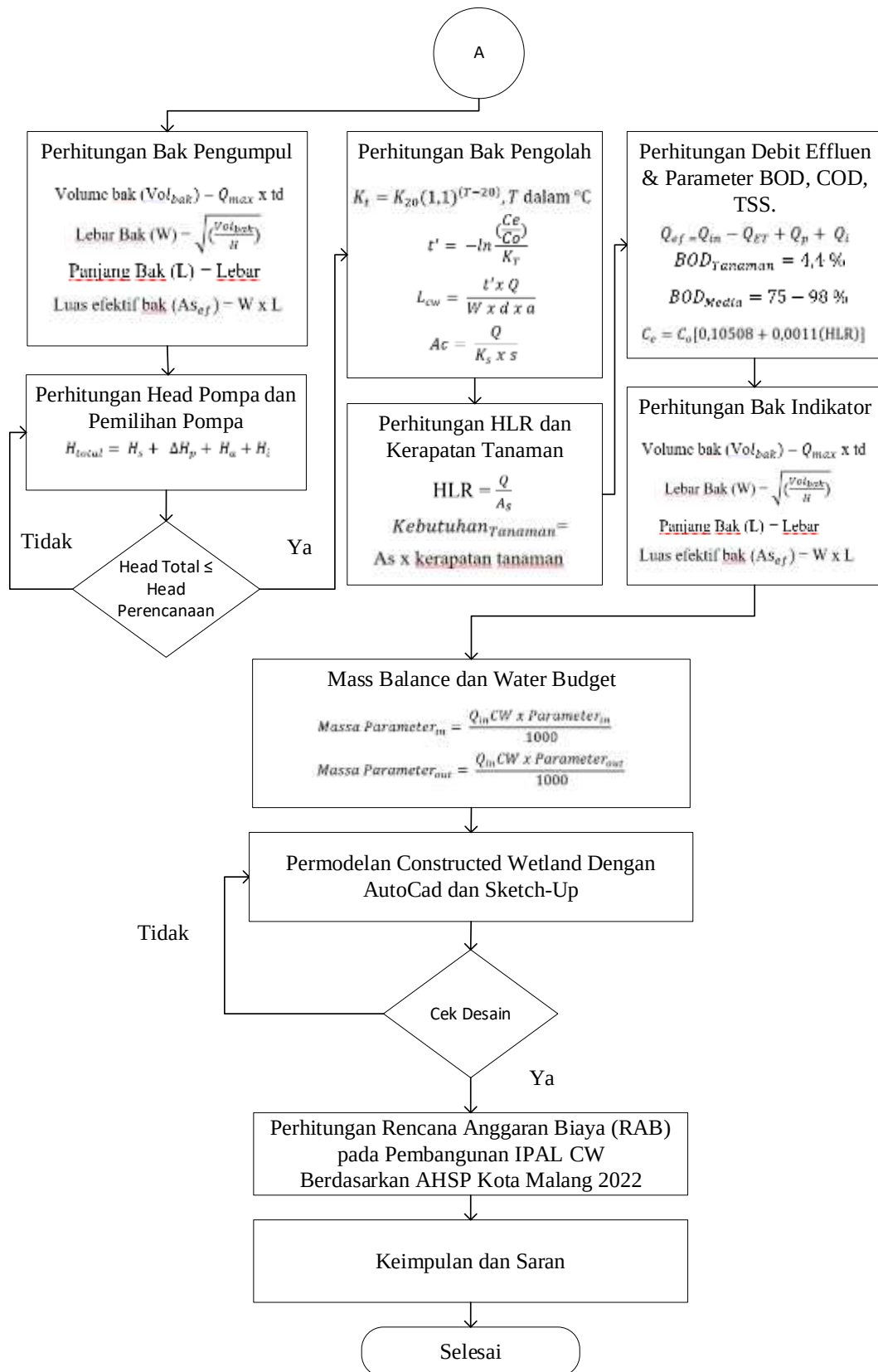
Tempat penelitian berlokasi pada Perumahan Permata Tunggulwulung Kelurahan Lowokwaru, Kecamatan Lowokwarum Kabupaten Malang. Koordinat lokasi terletak pada 7°55'32.63"S Garis Lintang dan 112°37'0.45"E Garis Bujur.

Tahapan Penelitian

1. Survey lokasi dan pengumpulan data yang digunakan pada Penelitian. Pengambilan sampel air limbah dan dokumentasi pada lokasi penelitian
2. Menganalisa kualitas Air limbah domestik untuk mengetahui parameter dari sampel uji.
3. Menghitung proyeksi penduduk perumahan untuk menganalisa kuantitas air limbah domestik.
4. Perhitungan kompartemen reaktor pada Instalasi Pengolahan Air Limbah, Bak Pengumpul, Bak Pengolah, dan Bak Indikator.
5. Perhitungan removal parameter BOD, COD, dan TSS serta perhitungan *mass balance*.
6. Membuat gambar teknik DED (*Detail Engineering Design*) dari analisa dan perhitungan diatas serta melakukan perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Diagram Alir Penelitian/Flow Chart





HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyeksi Penduduk Perumahan

Perhitungan proyeksi penduduk menggunakan dari Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana wilayah No. 403/KPTS. Kebutuhan ruang untuk 1 orang adalah $9 \text{ m}^2/\text{jiwa}$.

Tabel 1. Total Persebaran Unit Perumahan

No.	Unit	Jumlah Unit	Luas Bangunan
1.	Ruko Type 100/50 m^2	12 Unit	100 m^2
2.	Rumah Type 130/150 m^2	14 Unit	130 m^2
3.	Rumah Type 65/72 m^2	38 Unit	65 m^2
4.	Rumah Type 40/72 m^2	35 Unit	40 m^2
Jumlah		99 Unit	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022.

Hasil perhitungan penduduk perumahan

Tabel 2. Total Proyeksi dari Perhitungan Persil dengan Unit Perumahan

No.	Luasan	Jumlah Unit	Jiwa/unit	Total jiwa
	m^2	Unit	Jiwa/unit	Jiwa
1.	Ruko 100	12	11,11	133,33
2.	Kavling 130	14	14,44	202,22
3.	Kavling 65	38	7,22	274,44
4.	Kavling 40	35	4,44	155,55
Jumlah		99	-	765,56

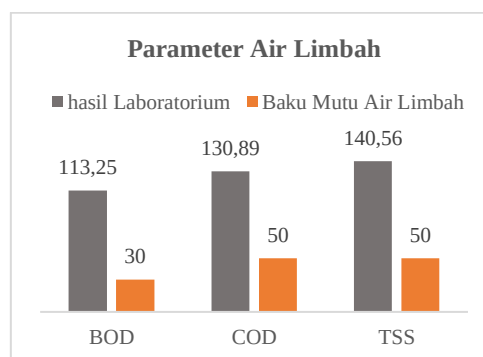
Sumber: Hasil Perhitungan, 2022.

Perhitungan persil pada persebaran unit perumahan didapatkan jumlah penduduk keseluruhan pada Perumahan Permata Tunggulwulung. Didapat:

Jumlah penduduk keseluruhan = 766 Jiwa

Karakteristik Limbah Domestik

Analisa kualitas pada perumahan menggunakan perbandingan hasil dari Uji sampel Laboratorium pada Perum Jasa Tirta 1 dengan Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013 untuk mengetahui karakteristik air limbah perlu diolah sebelum dibuang.



Gambar 1 Grafik Komparasi Parameter Kualitas Air Limbah

Debit dan Fluktuasi Air Limbah

$Q_{\text{air bersih}} = 120 \text{ Liter/orang/hari}$

$Q_{\text{Greywater}} = 80\% \times Q_{\text{air Bersih}}$
 $= 96 \text{ Liter/orang/hari}$

Jumlah Penduduk = 766 Jiwa

$Q_{\text{ave}} = 96 \text{ L/Jiwa/hari} \times 766 \text{ Jiwa}$

$$\begin{aligned}
&= 73.536 \text{ L/hari} = 73,536 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,00085 \text{ m}^3/\text{detik} \\
Q_{max} &= F_{peak} \times Q_{ave} \\
F_{peak} &= [18+(P)^{0,5}]/[4 + (P)^{0,5}] \\
&= [18+(766)^{0,5}]/[4 + (766)^{0,5}] = 1,442 \\
Q_{max} &= 1,442 \times 73,536 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 106,0364 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,00123 \text{ m}^3/\text{detik}
\end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi Unit IPAL

Perhitungan kompartemen terdiri dari 3 yaitu, Bak Pengumpul, Bak Pengolah, dan Bak Indikator.

1. Kompartemen Bak Pengumpul

$$\begin{aligned}
Vol_{Bak} &= Q_{max} \times td \\
&= 0,00123 \text{ m}^3/\text{detik} \times 7200 \text{ detik} = 8,856 \text{ m}^3 \\
W_{bak} &= \sqrt{\left(\frac{Vol_{bak}}{H}\right)} \\
&= 2,104 \text{ m dibulatkan } 2,2 \text{ m} \\
L_{bak} &= W_{bak} \\
&= 2,2 \text{ m} \\
As &= W_{bak} \times L_{bak} \\
&= 2,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} = 4,84 \text{ m}^2 \\
H_{air} &= \frac{Q_{max} \times td}{As} \\
&= \frac{0,00123 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \times 7200 \text{ detik}}{4,84 \text{ m}^2} = 2,008 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan Kompartemen Bak Pengumpul didapat:

2,2 m Panjang Bak x 2,2 m Lebar Bak x 2,2 m Tinggi+*freeboard*.

2. Kompartemen Bak Pengolah

Kedalaman media filtrasi pada sedalam 0,6 m. d = 0,6 m.

Suhu temperatur pada Lokasi penelitian (suhu *greywater*, T= 26°C)

$$\begin{aligned}
K_T &= K_{20}(1,1)^{(T-20)}, T \text{ dalam } ^\circ\text{C} \\
K_{26} &= 1,104(1,1)^{(26-20)} = 1,95667 \\
t' &= -\ln \frac{\left(\frac{C_e}{C_o}\right)}{K_T} \\
&= 0,65759 \text{ hari} \\
Ac &= \frac{Q}{K_s \times s} \\
&= \frac{106,272 \text{ m}^3/\text{hari}}{5000 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \times 0,006} = 3,5424 \text{ m}^2 \\
W_{cw} &= \frac{Ac}{d} \\
&= \frac{3,5424 \text{ m}^2}{0,6 \text{ m}} = 5,904 \text{ m dibulatkan } 6 \text{ m} \\
L_{cw} &= \frac{t' \times Q}{W \times d \times a} \\
&= \frac{0,65 \text{ hari} \times 106,272 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{6,0 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,4} = 48,53 \text{ m Dibulatkan } 50 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan Kompartemen Bak Pengolah didapat:

50 m Panjang Bak x 6 Lebar Bak x 1 m Media filtrasi + *freeboard* + Jagaan,

3. Kompartemen Bak Indikator

Perhitungan dari hasil setelah pem-prosesan bak pengolah, sebagai berikut:

$$Vol_{Bak} = Q_{max} \times td$$

$$\begin{aligned}
&= 0,00123 \text{ m}^3/\text{detik} \times 7200 \text{ detik} = 8,856 \text{ m}^3 \\
W_{bak} &= \sqrt{\left(\frac{8,856 \text{ m}^3}{2}\right)} \\
&= 2,104 \text{ m dibulatkan } 2,2 \text{ m} \\
L_{bak} &= W_{bak} \\
&= 2,2 \text{ m} \\
As &= W_{bak} \times L_{bak} \\
&= 2,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} = 4,84 \text{ m}^2 \\
H_{air} &= \frac{Q_{max} \times td}{As} \\
&= \frac{0,00123 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \times 7200 \text{ detik}}{4,84 \text{ m}^2} = 2,008 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan Kompartemen Bak Indikator didapat:

2,2 m Pajang Bak x 2,2 m Lebar Bak x 2,2 m Tinggi+*freeboard*.

Perhitungan Debit Effluen dan Removal Parameter air limbah

$$\begin{aligned}
Q_{ef} &= Q_{in} - Q_{ET} + Q_p + Q_i \\
&= (106,272 - 8,565 + 29,25 + 0) \text{ m}^3/\text{hari} = 126,957 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Efisiensi Removal parameter BOD

Degradasi CW yang mempunyai tanaman untuk removal BOD memiliki nilai 4,4% menurut (Carranza-Diaz dkk., 2014)

$$\begin{aligned}
BOD_{tanaman} &= 4,4\% \times BOD_{in} \\
BOD_{tanaman} &= 4,4\% \times 113,25 \text{ mg/L} = 4,9830 \text{ mg/L} \\
BOD_{media} &= BOD_{in} - BOD_{ef} \\
&= (113,25 - 30) \text{ mg/L} = 84,9375 \text{ mg/L} \\
BOD_{efCW} &= BOD_{in} - BOD_{tanaman} - BOD_{media} \\
&= (113,25 - 4,98 - 84,94) \text{ mg/L} = 23,3295 \text{ mg/L} \sim \text{OKE}
\end{aligned}$$

Prosentase removal BOD

$$\begin{aligned}
&= \frac{(BOD_{in} - BOD_{efCW})}{BOD_{in}} \times 100\% \\
&= \frac{(113,25 - 23,33)}{113,25} \times 100\% = 79,40\%
\end{aligned}$$

Efisiensi Removal COD

Menurut penelitian dari (Akratos & Tsihrantzis, 2007) bahwasanya pengolah effluent pada removal COD nilai effisiensinya sebesar $\pm 80\%$.

$$COD_{efCW} = (100 - 80)\% \times 130,89 \text{ mg/L} = 26,18 \text{ mg/L} \sim \text{OKE}$$

Efisiensi Removal TSS

$$\begin{aligned}
C_e &= C_o [0,10508 + 0,0011(\text{HLR})] \\
C_e &= 140,56 \text{ mg/L} [0,10508 + 0,0011(35,42 \text{ cm/hari})] = 20,2471 \text{ mg/L} \sim \text{OKE}
\end{aligned}$$

Prosentase Removal TSS

$$\text{Removal TSS} = \left(\frac{TSS_{in} - TSS_{efCW}}{TSS_{in}} \right) \times 100\% = \left(\frac{140,56 - 20,47}{140,56} \right) \times 100\% = 86,59\%$$

Tabel 3. Cek Efisiensi BOD, COD, dan TSS

Parameter	Influen	Effluen	Prosentase	
BOD	113,25	23,33	79,40	%
COD	130,89	26,18	80,00	
TSS	140,56	20,25	86,59	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022.

Kesetimbangan Massa (Mass Balance)

$$1. \text{ Massa Parameter}_{in} = \frac{Q_{in} \text{ CW} \times \text{Parameter}_{in}}{1000}$$

$$\text{Massa BOD}_{in} = 113,25 \text{ g/m}^3 \times 106,27 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 = 12,04 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa COD}_{in} = 130,89 \text{ g/m}^3 \times 106,27 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 = 13,91 \text{ kg/hari}$$

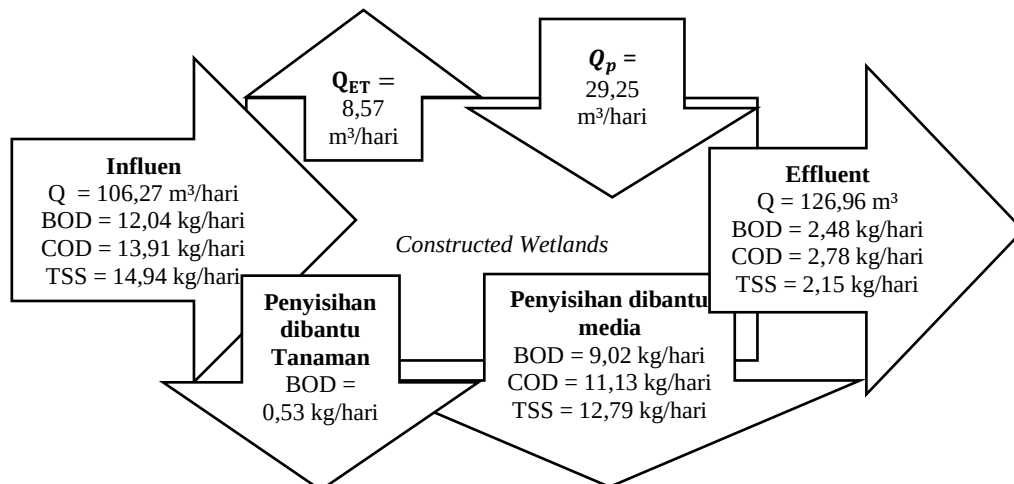
$$\text{Massa TSS}_{in} = 140,56 \text{ g/m}^3 \times 106,27 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 = 14,94 \text{ kg/hari}$$

$$2. \text{ Massa Parameter}_{out} = \frac{Q_{out} \text{ CW} \times \text{Parameter}_{out}}{1000}$$

$$\text{Massa BOD}_{out} = 23,33 \text{ g/m}^3 \times 106,27 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 = 2,48 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa COD}_{out} = 26,18 \text{ g/m}^3 \times 106,27 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 = 2,78 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa TSS}_{out} = 20,25 \text{ g/m}^3 \times 106,27 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 = 2,15 \text{ kg/hari}$$



Gambar 2. Water Budget dan Mass Balance

Visualisasi Penelitian



Gambar 3. Tampak Atas Visualisasi IPAL Sub-surfaceflow Constructed Wetland

Perhitungan Bill of Quantity dan RAB

Perhitungan kompartemen pengolahan air limbah dari perencanaan termasuk biaya pembangunan terhitung adalah Rp. 233.900.000.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Kualitas air berdasarkan sampling di Perumahan Permata Tunggulwulung pada Perum Jasa Tirta kurang baik, tidak memenuhi Baku Mutu Air Limbah, dengan parameter nilai sebesar BOD 113,25 mg/L, COD 130,89 mg/L, dan TSS 140,56 mg/L. Perlunya Tindakan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke badan air/sungai. Salah satu metode alternatif ialah IPAL CW.
2. Desain untuk pengolahan air limbah CW memakai 3 kompartemen, yaitu: Bak pengumpul, Bak Pengolahan, dan Bak Indikator. Dengan menggunakan konsep bangun ruang balok untuk tiap kompartemennya, pada bak pengumpul terdapat Pompa *Sub-mersible* untuk mengalirkan air menuju bak pengolahan, dengan memanfaatkan beda tinggi slope sebesar 0,6%, untuk proses *screening* pada media dan substrat sebelum menuju bagian akhir Bak indikator. Pada bagian akhir Bak indikator, metode pengolahan *Constructed Wetland* yang direncanakan mempunyai efisiensi parameter removal BOD, COD, dan TSS sebesar, 79,40 %, 80,00%, dan 85,59%. Pada masing-masing parameter mempunyai nilai kesetimbangan massa pada effluent air limbah sebanyak BOD 2,48 Kg/hari, COD 2,78 Kg/hari, dan TSS 2,15 Kg/hari.
3. Dimensi unit yang direncanakan pada tiap kompartemen, yaitu: 2,20 m x 2,20 m x 2,20 m untuk Bak Pengumpul, 50 m x 6 m x 1,50 m untuk Bak *Constructed Wetland*, dan 2,20 m x 2,20 m x 2,20 m untuk Bak Indikator.
4. Dari hasil perhitungan oleh RAB dengan mengacu oleh HSPK tahun 2021 Kota Malang biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan pengolahan limbah *Greywater* pada Perumahan Permata Tunggulwulung memerlukan biaya sebesar Rp. 223.900.000.

Saran

1. Pada Penelitian selanjutnya perlunya perbandingan antara dua IPAL agar dapat digunakan sesuai penggunaan pada daerah tersebut.
2. Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan tanaman yang memiliki fungsi tambahan yang lebih kompleks, dan percampuran metode antara sistem pengolahan air limbah *Anaerobic filter – Anaerobic – Constructed Wetland* agar effluent air limbah lebih bagus dan efisien.
3. Variasi penggunaan media, bisa menggunakan limbah/barang yang mempunyai nilai ekonomis yang lebih terjangkau.
4. Detail DED (*Digital Engineering Design*) pada perencanaan perpipaan pada inlet dan outlet lebih diperjelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Akratos, C. S., & Tsihrintzis, V. A. (2007). Effect of temperature, HRT, vegetation and porous media on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 29(2), 173–191.
- Carranza-Diaz, O., Schultze-Nobre, L., Moeder, M., Nivala, J., Kusch, P., & Koeser, H. (2014). Removal of selected organic micropollutants in planted and unplanted pilot-scale horizontal flow constructed wetlands under conditions of high organic load. *Ecological Engineering*, 71, 234–245.
- Rahmawati, A., & Warsito. (2020). Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk Menghasilkan Air Bersih di Perumahan Green Tombro Kota Malang. *Rekayasa Hijau : Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 4(1), Art. 1.
- Rokhmawati, A. (2010). Aplikasi (Sistem Informasi Geografis) Untuk Evaluasi Sistem Jaringan Drainase di Sub-DAS Lowokwaru Kota Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 4, 13.