

Pengaruh penggunaan ipal komunal terhadap efisiensi biaya pada Proyek Perumahan (studi kasus Perumahan Candi Hills)

Ibnu Majjah^{1*}, Aditia Ilham Pratama², Giffari Radya Mahendra³, Albani Musyafa⁴

^{1,2,3}Magister Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

⁴Staf Pengajar Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

^{1*}23914011@students.uui.ac.id ²23914001@students.uui.ac.id, ³23914006@students.uui.ac.id, ⁴955110102@uui.ac.id

Artikel dimasukkan: 24-2-2025, Artikel direvisi: 28-2-2025, Artikel diterbitkan: 31-3-2025,

Abstrak

Pengelolaan air limbah domestik di proyek-proyek perumahan perkotaan menghadirkan tantangan yang semakin meningkat karena pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang cepat. Sistem tangki septik individual tradisional sering kali gagal mengatasi pencemaran lingkungan dan risiko kesehatan secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi biaya penerapan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal dibandingkan dengan tangki septik individual di proyek perumahan Candi Hills. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menggunakan data sekunder seperti desain teknik, bill of quantity, dan analisis biaya. Metodologi yang digunakan adalah menghitung laju aliran air limbah, merancang jaringan pipa dan fasilitas pengolahan, serta membandingkan biaya investasi dan operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun investasi awal untuk sistem IPAL komunal lebih tinggi, yaitu sebesar Rp309.633.123,52 dibandingkan dengan Rp367.477.166,84 untuk 54 tangki septik individual, sistem komunal menawarkan pengurangan biaya sebesar 15,75% dalam jangka panjang. Selain itu, sistem IPAL komunal menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi dalam pengolahan air limbah yang berkelanjutan, mengurangi dampak lingkungan, dan desain yang hemat tempat. Temuan ini menggarisbawahi keuntungan ekonomi dan lingkungan dari sistem pengelolaan air limbah komunal, yang memposisikannya sebagai solusi berkelanjutan untuk pembangunan perumahan di perkotaan.

Kata kunci: IPAL Komunal, Air Limbah, Efisiensi Biaya, Perumahan,

Pendahuluan

Pengelolaan air limbah terutama di daerah perkotaan dan permukiman menjadi tantangan yang semakin kompleks. Pertumbuhan populasi yang pesat serta urbanisasi yang tidak terkendali telah menyebabkan peningkatan produksi air limbah domestik (Bernal dkk., 2021). Air limbah domestik merupakan buangan yang dihasilkan dari berbagai bentuk kegiatan rumah tangga yang berasal dari kamar mandi, WC, cucian, dan dapur

(Budiasti dkk., 2024). Pembuangan air limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan seperti pencemaran sumber air, penurunan kualitas air tanah, dan timbulnya bau (Nugrahaa dkk., 2020). Sistem pengolahan air limbah merupakan salah satu upaya menghindari dampak negatif dari pembuangan air limbah domestik. Sistem pengolahan air limbah yang mampu mengurangi

tingkat pencemaran lingkungan dengan mengolah limbah yang masuk sebelum dikembalikan ke lingkungan dinamakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Dipanegara dkk., 2024). Untuk mengatasi permasalahan ini, penggunaan tangki septik sebagai sistem pengolahan limbah individual sering kali tidak lagi memadai. Untuk mengurangi biaya pembangunan dan operasional sistem pengolahan air limbah terpusat, pendekatan desentralisasi pengolahan air limbah menjadi semakin penting dipertimbangkan (Ratnawati & Ulfah, 2020).

Pengelolaan limbah air dalam pembangunan perumahan merupakan isu yang penting di Indonesia saat ini. Hal ini disebabkan karena tingkat layanan sanitasi masyarakat masih relatif rendah, terutama di daerah perkotaan (Oktiawan dkk., 2018). Lebih lanjut, pemerintah Indonesia telah menetapkan target peningkatan layanan sanitasi menjadi 100% pada 2019. Salah satu strategi dalam mencapai target tersebut adalah dengan mengembangkan sistem pengelolaan air limbah terpusat, baik pada skala kota, regional, maupun komunal. (Nugrahaa dkk., 2020). Namun, pemilihan sistem pengelolaan air limbah yang tepat dengan mempertimbangkan efisiensi biaya menjadi tantangan tersendiri bagi proyek-proyek perumahan.

Pengelolaan air limbah domestik menjadi semakin penting dalam pembangunan perumahan. Indonesia telah mencanangkan target 100% akses sanitasi layak pada tahun 2019 (Oktiawan dkk., 2018). Pengelolaan air limbah dapat dilakukan melalui sistem terpusat maupun desentralisasi. Sistem terpusat biasanya memerlukan investasi dan biaya operasional yang lebih tinggi terutama pada tahap awal pembangunan. (Manurung & Putri, 2018) Untuk mengatasi hal ini, sistem desentralisasi seperti IPAL komunal menjadi alternatif yang semakin banyak diterapkan.

Penelitian tentang IPAL komunal menunjukkan bahwa sistem ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sistem individual seperti septic tank. IPAL komunal dapat mengolah air limbah dengan lebih efisien dan kontinu sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Selain itu, IPAL komunal juga membutuhkan lahan yang lebih sedikit dibandingkan dengan sistem *septic tank* individual. (Manurung & Putri, 2018).

Berkaitan dengan efisiensi biaya, IPAL komunal juga memiliki keuntungan. Masterplan pengelolaan air limbah domestik di Kabupaten Sukoharjo mengungkapkan bahwa investasi awal pembangunan IPAL komunal memang lebih tinggi dibandingkan sistem septic tank individual, namun biaya operasional dan pemeliharaan IPAL komunal dapat lebih rendah. Selain itu, penggunaan teknologi membran pada IPAL dapat meningkatkan efisiensi biaya karena tidak membutuhkan lahan yang luas dan bahan kimia tambahan. (Maulana & Marsono, 2021).

Sementara itu, penelitian lain tentang pengolahan air limbah domestik menggunakan biosand filter menunjukkan bahwa teknologi ini dapat diterapkan dengan biaya relatif terjangkau (Ratnawati & Ulfah, 2020). Namun demikian, kinerja IPAL komunal tetap membutuhkan perawatan dan pengawasan yang kontinu agar dapat beroperasi dengan baik dan efisien. (Maulana & Marsono, 2021).

Studi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan Instalasi Pengolahan Air Limbah komunal sebagai alternatif dari sistem *septic tank* individual terhadap efisiensi biaya pada proyek perumahan. Dengan menggunakan sumber-sumber terkait seperti (Ratnawati & Ulfah, 2020), artikel ini akan menjelaskan dampak yang terjadi dalam penggunaan IPAL komunal dibandingkan dengan septic tank individual ditinjau dari aspek biaya pada proyek perumahan.

Metode

Subjek penelitian ini berfokus pada Proyek Pembangunan Perumahan Candi Hills. Adapun objek penelitian yang dikaji adalah fasilitas sanitasi yang dirancang untuk pengelolaan limbah rumah tangga.

Data penelitian ini menggunakan data sekunder yang dimanfaatkan mencakup berbagai informasi penting, seperti daftar harga satuan untuk material dan alat, analisis harga satuan pekerjaan, upah tenaga kerja, serta dokumen teknis pendukung lainnya. Dokumen-dokumen tersebut meliputi gambar Detail Engineering Design (DED), Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan dokumen spesifikasi teknis, yang menjadi acuan dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek. Informasi ini berfungsi untuk memberikan gambaran detail terkait

kebutuhan biaya, spesifikasi teknis, dan langkah-langkah pelaksanaannya.

Pada Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan diawali dengan studi literatur yang mendalam untuk memahami konsep dasar IPAL, metode pengolahan limbah domestik, dan parameter teknis seperti diameter pipa, kecepatan aliran, serta desain bangunan pengolahan. Tahapan selanjutnya adalah pengambilan data sekunder yang menjadi acuan dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek. Setelah data terkumpul, dilakukan analisis untuk menentukan spesifikasi teknis sistem penyaluran air limbah dengan menghitung debit aliran dalam pipa. Perhitungan debit aliran dalam pipa menggunakan persamaan berikut ini.

$$Q_{total} = \text{limbah urine} + \text{limbah tinja} + \text{limbah air kloset} \quad (1)$$

dengan:

Limbah urine = 2 liter/hari/orang

Limbah tinja = 0,5 liter/hari/orang

Limbah air kloset = 20 liter/hari/orang

Setelah mendapatkan debit aliran dalam pipa, maka kemudian menghitung diameter pipa. Perhitungan diameter pipa dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{v \times \pi}} \quad (2)$$

dengan:

D = Diameter pipa

Q = Debit aliran

V = Kecepatan aliran

π = phi (3,14)

Kemudian tahapan analisis berikutnya yaitu menghitung bangunan pengelolaan limbah (IPAL Komunal). Pada perencanaan ini, digunakan sistem *anaerobic filter* dengan tingkat polutan *Biological Oxygen Demand* (BOD) sebesar 3333 mg/L. Angka ini diperoleh berdasarkan asumsi dari literatur yang menyebutkan bahwa nilai BOD5 pada wilayah domestik biasanya berkisar antara 100-250 mg/liter. Sementara itu, nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) umumnya berada dalam rentang 633 mg/liter, atau sekitar dua kali lipat dari nilai BOD (Secioputri, 2014). Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk COD dan BOD removal dan

effluent. COD removal adalah proses pengurangan kadar COD dalam air limbah melalui sistem pengolahan, yang menunjukkan seberapa efektif polutan organik dihilangkan. COD *effluent* adalah nilai COD yang tersisa dalam air limbah setelah melalui proses pengolahan, yang mencerminkan kualitas air limbah yang dibuang ke lingkungan. Perhitungan COD *removal* dan *effluent* dalam digunakan persamaan sebagai berikut.

$$COD_{removal} = \left(\frac{Ratio\ SS}{Angka\ empiris} \right) \times faktor \quad (3)$$

$$COD_{effluent} = \frac{100\% - \%COD\ Removal}{COD} \quad (4)$$

dengan:

Ratio SS = Perbandingan konsentrasi suspended solids (SS) yang relevan dalam proses pengolahan air limbah.

Angka empiris = Angka empiris *septictank* (0,6)

Faktor = Koefisien

%COD *removal* = Persentase nilai COD

BOD *removal* adalah persentase pengurangan BOD selama proses pengolahan air limbah, yang mencerminkan efisiensi sistem dalam mengurangi kandungan bahan organik yang dapat terurai secara biologis. BOD *effluent* adalah konsentrasi BOD yang tersisa dalam air limbah setelah melalui proses pengolahan, yang menunjukkan tingkat kebersihan air limbah sebelum dilepaskan ke lingkungan. Perhitungan BOD *removal* dan *effluent* menggunakan persamaan berikut ini.

$$BOD_{removal} = faktor \times COD_{removal} \quad (5)$$

$$BOD_{effluent} = (100\% - BOD_{rem}) \times BOD \quad (6)$$

dengan:

faktor = Nilai empiris (koefisien)

Tahapan berikutnya menghitung volume sludge yaitu limbah berupa lumpur dan padatan tersuspensi yang terdiri dari limbah cair dan mikroorganisme. Perhitungan volume sludge menggunakan persamaan berikut ini.

$$Volume\ Sludge = Tl \times 30 \times Q \frac{BOD - BOD_{eff}}{1000} \times sludge \quad (7)$$

dengan:

T1 = lama lumpur (bulan)
 Q = volume limbah
 Sludge = sludge tiap satu gram

Berdasarkan volume *sludge* yang telah dihitung, langkah selanjutnya adalah menentukan dimensi yang sesuai untuk IPAL komunal. Proses ini mencakup perencanaan ukuran fasilitas pengolahan limbah yang dapat menampung dan mengolah limbah domestik dengan efisien. Setelah itu, dilakukan perhitungan biaya pelaksanaan IPAL komunal, termasuk estimasi biaya instalasi jaringan pipa dan pembangunan fasilitas pengolahan. Selanjutnya, hasil perhitungan biaya ini dibandingkan dengan biaya pembangunan dan penggunaan *septic tank* individual, guna menentukan opsi yang paling ekonomis dan praktis. Pembahasan akhir dilakukan untuk mengevaluasi hasil analisis, mempertimbangkan keunggulan IPAL komunal dibandingkan dengan sistem individual sebagai rekomendasi yang optimal.

Hasil dan Pembahasan

Lokasi pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal berada di Proyek Pembangunan Perumahan Candi Hills, yang terletak di Desa Candirejo, Kecamatan Mojotengah, Kabupaten Wonosobo. Perumahan ini memiliki luas sekitar 7000 m² dengan total 54 rumah. Setiap rumah dihuni oleh rata-rata 5 orang, sehingga jumlah penduduk keseluruhan mencapai 270 orang. Berikut merupakan denah dari site plan rencana IPAL komunal pada Gambar 1.



Gb 1. Site Plan Rencana IPAL Komunal

Perhitungan debit limbah

Menghitung debit total

$Q_{total} = \text{limbah urine} + \text{limbah tinja} + \text{limbah air kloset}$

$Q_{total} = (2 + 0,5 + 20) \text{ liter/hari/orang}$

$Q_{total} = 22,5 \text{ liter/hari/orang}$

Menghitung debit untuk 1 rumah

$Q_{1R} = 22,5 \text{ liter/hari} \times 5$

$= 112,5 \text{ liter/hari}$

$= 4,6875 \text{ liter/jam}$

$= 0,0781 \text{ liter/menit}$

$= 0,00130 \text{ liter/detik}$

Menghitung diameter

$V = 1,30 \text{ m}^3/\text{detik}$

$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{v \times \pi}}$

$= \sqrt{\frac{0,00130 \times 4}{1,30 \times 3,14}}$

$= 0,0357 \text{ m}$

$= 3,568 \text{ cm}$

$= 1,405 \text{ inch (pipa pvc)}$

Dipakai pipa diameter 4 inch.

Satu saluran (untuk 5 pipa)

$Q_{1S} = (0,00130 \text{ liter/detik}) \times 5$

$= 0,0065 \text{ liter/detik}$

Dimensi saluran pipa tersier

$V = 6,51 \text{ m/detik}$

$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{v \times \pi}}$

$= \sqrt{\frac{0,0065 \times 4}{6,51 \times 3,14}}$

$= 0,0357 \text{ m}$

$= 3,568 \text{ cm}$

$= 1,405 \text{ inch (pipa pvc)}$

Dipakai pipa diameter 6 inch.

Kebutuhan Pipa

Berikut merupakan kebutuhan pipa untuk 54 rumah:

Pipa domestik = $54 \times 6 \text{ m}$

$= 324 \text{ m}$

Pipa tersier = 348 m

Panjang pipa tersier berdasarkan pengukuran di lapangan.

Septictank Susun (*Baffled Septictank*)

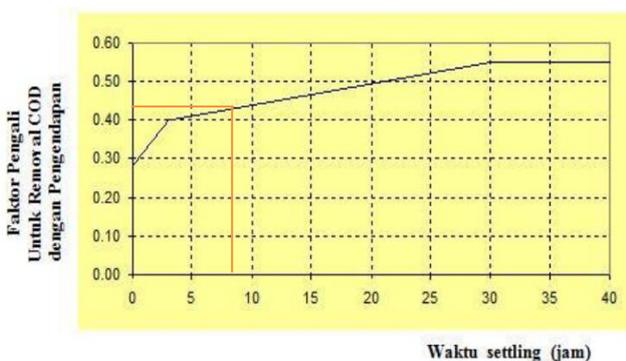
Septictank Susun, atau *Baffled Septictank*, adalah sistem pengolahan limbah domestik yang menggunakan sekat (*baffles*) di dalam tangki untuk meningkatkan efisiensi pengolahan. Sistem ini dirancang untuk memisahkan proses pengendapan padatan dan pengolahan limbah cair secara bertahap di ruang yang berbeda. Limbah pertama-tama mengalami pengendapan di ruang awal, di mana partikel berat menjadi lumpur. Limbah cair kemudian mengalir ke ruang berikutnya untuk proses anaerobik oleh bakteri yang memecah bahan organik. Sistem ini secara efektif mengurangi kandungan BOD dan COD sehingga limbah cair yang keluar lebih bersih dan aman bagi lingkungan. Sebelum menghitung dimensi *septictank*, dilakukan perhitungan terhadap COD dan BOD Berdasarkan SNI 03-1733-2004.

Menghitung volume limbah

- Jumlah KK = 54
- Jumlah Orang = 270 orang
- Vol limbah/orang = 120 liter/hari
- Vol limbah total = 270 x 120 = 32.400 liter/hari = 32,40 m³/hari
- Pembulatan = 33 m³/hari

Menghitung COD effluent

- Vol limbah total = 33 m³/hari
- Limbah mengalir = 12 jam/hari
- Kadar BOD = 333 mg/liter
- Kadar COD = 633 mg/liter
- Retention time = 8 jam
- Lama pengolahan = 12 bulan
- Ratio SS = 0,42 (Berdasarkan grafik)



Gb. 2. Grafik Hubungan Waktu Settling Dengan Pengurangan COD

$$\begin{aligned}
 \text{Peak Flow} &= \frac{\text{Volume limbah}}{\text{Limbah mengalir}} \\
 &= 33/12 \\
 &= 2,75
 \end{aligned}$$

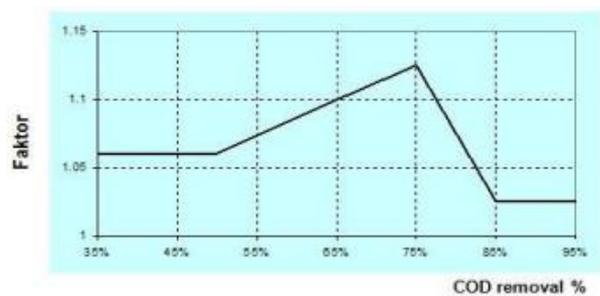
COD *removal* dalam septik tank

Angka empiris = 0,6

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{\text{removal}} &= \frac{\text{Ratio SS}}{\text{Angka empiris}} \times \text{faktor} \\
 &= \frac{0,42}{0,6} \times 0,42 \\
 &= 0,294
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{\text{effluent}} &= (100\% - \% \text{COD Removal}) / \text{COD} \\
 &= (100\% - 29,4\%) / 633 \\
 &= 447 \text{ mg/liter}
 \end{aligned}$$

$$\text{COD}_{\text{rem } 29,4\%} = 1,06 \text{ (Berdasarkan grafik)}$$



Gb. 3. Grafik Hubungan Persentase COD *Removal* dengan Faktor Pengali BOD *Removal*

$$\begin{aligned}
 \text{BOD}_{\text{removal}} &= \text{faktor} \times \text{COD removal} \\
 &= 1,06 \times 29,4\% \\
 &= 31\%
 \end{aligned}$$

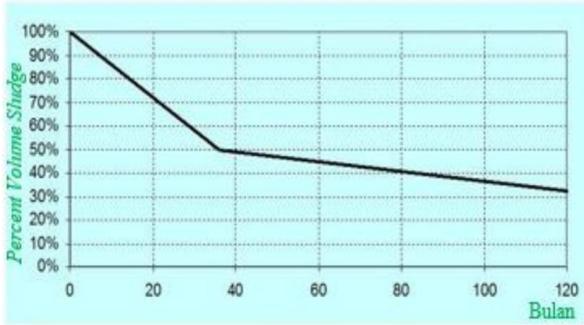
$$\begin{aligned}
 \text{BOD}_{\text{effluent}} &= (100\% - \text{BOD rem}) \times \text{BOD} \\
 &= (100\% - 31\%) \times 333 \\
 &= 229 \text{ mg/liter}
 \end{aligned}$$

Chamber

Chamber adalah komponen dalam sistem pengolahan limbah domestik yang berfungsi sebagai ruang untuk menampung, mengolah, atau mengalirkan air limbah ke tahapan berikutnya. *Chamber* dirancang untuk memisahkan limbah cair dan padat, mengurangi polutan seperti BOD dan COD melalui proses pengendapan atau aktivitas biologis, serta mengatur aliran limbah agar proses pengolahan lebih efisien. Dalam sistem pengolahan limbah komunal atau *septictank*, *chamber* dapat berfungsi sebagai ruang pengendapan, ruang filtrasi, atau distribusi, yang membantu memastikan limbah yang diolah memenuhi standar lingkungan dan meminimalkan risiko pencemaran.

Menghitung dimensi Chamber

Pada perhitungan dimensi chamber, untuk mengetahui volume chamber 1 kita harus terlebih dahulu menghitung *volume sludge* (limbah padat). 1 gram BOD *removal* akan menghasilkan 0,005 liter *sludge*. Lumpur selama 12 bulan akan menyusut, sehingga sisanya dapat dilihat pada Grafik dibawah ini.



Gb. 4. Grafik Hubungan Penyusutan Sludge Terhadap Lamanya Penyimpanan

Lumpur Sisa = 82%

$$\text{Sludge/gram BOD} = 0,005 \times 82\% = 0,0041 \text{ liter}$$

$$\text{Volume Sludge} = Tl \times 30 \times Q \frac{\text{BOD}-\text{BOD eff}}{1000} \times \text{sludge}$$

$$\text{Volume sludge} = 12 \times 30 \times 33 \frac{333-229}{1000} \times 0,0041 = 5,05 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. 8 jam} &= 8 \times \text{peak flow} \\ &= 8 \times 2,75 \\ &= 22 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. dibutuhkan (1)} &= \text{Vol. sludge} \times \text{Vol. 8 jam} \\ &= 5,05 + 22 \\ &= 27,05 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan volume untuk menginapkan limbah selama 8 jam

$$\begin{aligned} \text{Vol. 8 jam} &= \text{Vol. limbah} \times 8 \text{ jam} \\ &= \frac{33}{24} \times 8 \\ &= 11 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Akumulasi lumpur & limbah < 1/2 konstruksi

$$\begin{aligned} \text{Vol. dibutuhkan (2)} &= 2 \times \text{Vol. 8 jam dibutuhkan} \\ &= 2 \times 11 \\ &= 22 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan volume dibutuhkan (1) > volume dibutuhkan (2), maka digunakan volume dibutuhkan (1).

$$\begin{aligned} \text{Vol. pakai} &= \text{Volume dibutuhkan (1)} \\ &= 27,05 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Dibulatkan} = 28 \text{ m}^3$$

Maka, dimensi untuk *septic tank*:

$$\text{Lebar} = 3,4 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 1,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= \frac{\text{Vol.pakai}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}} \\ &= \frac{28}{3,4 \times 1,5} \\ &= 5,49 \approx 5,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Baffled Reactor

Baffled Reactor adalah salah satu jenis reaktor pengolahan limbah anaerobik yang dirancang dengan sekat-sekat (*baffles*) di dalamnya untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pengolahan air limbah. Reaktor ini memungkinkan air limbah mengalir secara berkelok-kelok melalui serangkaian ruang yang dibentuk oleh *baffles*. Desain ini memperpanjang waktu retensi limbah di dalam reaktor, memberikan lebih banyak kesempatan bagi mikroorganisme anaerobik untuk memecah bahan organik secara efisien. Proses anaerobik ini tidak hanya memaksimalkan dekomposisi bahan organik tetapi juga secara signifikan mengurangi polutan seperti BOD dan COD, sehingga meningkatkan kualitas limbah yang diolah.

Selain itu, salah satu keunggulan utama dari *Baffled Reactor* adalah kemampuannya untuk menghasilkan biogas sebagai produk sampingan, yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Reaktor ini sangat cocok digunakan untuk pengolahan limbah domestik maupun industri karena desainnya yang kompak, efisiensi pengolahan yang tinggi, dan kemampuannya untuk menangani variasi beban limbah yang cukup besar. Dengan penerapan yang tepat, *Baffled Reactor* tidak hanya membantu mengelola limbah secara ramah lingkungan tetapi juga memberikan manfaat tambahan berupa pengurangan emisi karbon dan potensi penggunaan energi berkelanjutan.

Menghitung *baffled reactor*

$$\text{Uplift velocity} = 1,8 \text{ m/jam}$$

$$\text{Jumlah chamber} = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Kedalaman air} = 1,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 0,6 \text{ h} \\ &= 0,6 (1,5) \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } 1 \text{ chamber} &= \text{flow rate} / \text{uplift velocity} \\ &= 2,75 / 1,8 \\ &= 1,53 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar } \text{chamber} &= \text{luas} / \text{panjang} \\ &= 1,53 / 0,9 \\ &= 1,70 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar *baf. reactor* = 3,4 m
 Luas 1 *chamber* = panjang x Lebar *baffled reactor*
 = 0,9 x 3,4
 = 3,06 m²
 Uplift velocity = *flow rate* / luas 1 *chamber*
 = 2,75 / 3,06
 = 0,90 m/jam (lebih baik)
 Lebar Lorong = 0,25 m
 Vol. total = jml *chamber* x panjang
 = 5 ((0,9+0,25) x 3,4 x 1,5)
 = 29 m³

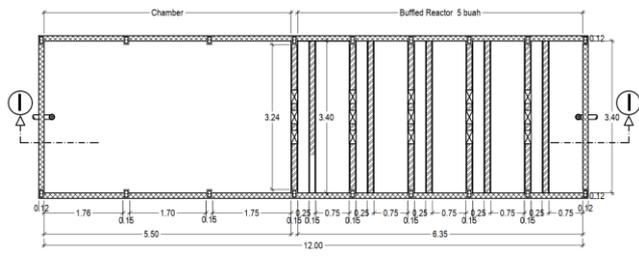
Maka, dimensi untuk *baffled reactor*:
 Panjang = 5 (0,9+0,25)
 = 5,75 m
 Panjang *chamber* = 5,5 m
 Total panjang = 11, 25 ≈ 12 m

Rekapitulasi
 Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, berikut disajikan rekapitulasi dimensi *septic tank* komunal, dilengkapi dengan denah dan gambar potongan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai desain dan rencana konstruksinya.

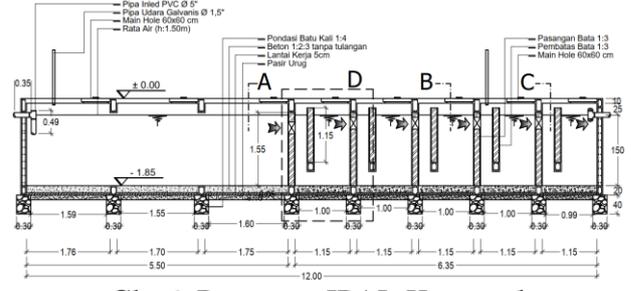
Tabel 1. Rekapitulasi Dimensi IPAL Komunal Perumahan Graha Hill

Bak	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Panjang (m)	Volume (m ³)
<i>Chamber</i>	3,4	1,5	5,5	28
<i>Baffled reactor</i>	1,7	1,5	5,75	29

Berdasarkan dimensi IPAL komunal diatas, maka dibuat pada gambar rencana kerja untuk pekerjaan IPAL komunal pada perumahan Graha Hill. Adapun gambar denah dan potongan IPAL komunal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6 berikut.



Gb. 5. Denah IPAL Komunal



Gb. 6. Potongan IPAL Komunal

Rencana Anggaran Biaya

Berikut rencana anggaran biaya (RAB) untuk 54 Unit Septictank Individu (*Existing*) dengan rencana anggaran Biaya (RAB) 1 unit septictank komunal dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Rekapitulasi RAB *Septictank* Individu

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah (Rp.)
1	Pengukuran dan pasang bouwplank	111,000.00
2	Penggalian Tanah Biasa	352,142.51
3	Pengurugan dengan Pasir	109,694.64
4	Pembuatan Beton (K175)	77,573.02
5	Pemasangan pipa beton	3,634,324.57
6	Pemasangan Pondasi	172,658.44
7	Pemasangan Lapisan Ijuk untuk bidang resapan	52,564.05
8	Pemsangan pipa Galvanis 2 inch	203,396.22
9	Pemsangan Pipa 4 inch	686,293.12
10	Beton Plat Penutup	1,405,486.16
Jumlah 1 Rumah		6,805,132.72
Jumlah 54 Rumah		367,477,166.84

Berdasarkan Tabel 2 diatas, didapatkan biaya untuk masing-masing rumah sebesar Rp. 6,805,132.72, sehingga biaya untuk kebutuhan sebanyak 54 rumah total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 367,477,166.84. Adapun untuk biaya IPAL komunal dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi RAB IPAL Komunal

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah (Rp.)
1	Pekerjaan Persiapan	1,110,000.00
2	Pekerjaan Tanah	11,056,041.45
3	Pekerjaan Pondasi	8,864,668.83
4	Pekerjaan Beton	113,014,901.66
5	Pekerjaan Dinding dan Plesteran	16,493,700.47
6	Pekerjaan Pipa dan Bak Kontrol	159,093,811.11
Jumlah Total		309,633,123.52

Penggantian Sistem pengelolaan limbah rumah tangga dengan menggunakan IPAL komunal memiliki keunggulan signifikan dibandingkan sistem *septic tank* individu, terutama dari segi biaya dan dampak lingkungan. Untuk mempermudah memahami perbedaan harga antara *septic tank* individu dan IPAL komunal yang tercantum dalam Tabel 2 dan Tabel 3, disajikan grafik perbandingan harga pada Gambar 7.



Berdasarkan analisis RAB, total biaya pembangunan *septic tank* individu untuk 54 rumah mencapai Rp367.477.166,84, dengan biaya rata-rata Rp6.805.132,72 per rumah. Sebaliknya, pembangunan IPAL komunal membutuhkan investasi awal sebesar Rp309.633.123,52 untuk melayani seluruh perumahan. Sehingga penggunaan IPAL Komunal dapat menghemat biaya sebesar 15,75% dari penggunaan *septic tank* Individu. IPAL komunal juga memiliki biaya operasionalnya lebih rendah dalam jangka panjang dan sistem ini dapat mengolah air limbah dengan lebih efektif dan kontinu, sehingga mampu mengurangi pencemaran lingkungan dibandingkan dengan *septic tank* individu. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Amperawan S. & Taufik, (2023), bahwa pembuatan IPAL Komunal lebih efisien daripada *septic tank* individu dalam segi biaya.

Dengan melayani seluruh perumahan secara terpusat, IPAL komunal menghasilkan biaya rata-rata per unit rumah yang lebih rendah jika dihitung dalam skala besar. Oleh karena itu, IPAL komunal merupakan solusi yang lebih ekonomis dan berkelanjutan untuk proyek perumahan seperti Candi Hills, baik dari segi biaya maupun dampak lingkungan.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembangunan 54 unit *septic tank* individu membutuhkan biaya sekitar Rp. 367,477,166.84 (Tiga ratus enam puluh tujuh juta empat ratus tujuh puluh tujuh ribu seratus enam puluh enam rupiah). Di sisi lain, pembangunan satu unit *septic tank* komunal memerlukan biaya yang lebih rendah, yaitu sekitar Rp. 309,633,123.52 (Tiga ratus Sembilan juta enam ratus tiga puluh tiga ribu seratus dua puluh tiga rupiah). Berdasarkan perbandingan tersebut, *septic tank* komunal terbukti lebih efisien, baik dari segi biaya pengerjaan yaitu dapat menghemat biaya sebesar 15,75%. Efisiensi ini terutama terlihat karena pembangunan *septic tank* komunal mengintegrasikan pengelolaan limbah dari beberapa rumah tangga sekaligus, sehingga mengurangi kebutuhan material, tenaga kerja, dan waktu pelaksanaan dibandingkan dengan pembangunan *septic tank* individu untuk setiap rumah. Oleh karena itu, *septic tank* komunal menjadi pilihan yang lebih hemat dan praktis dalam pelaksanaan proyek pengolahan limbah domestik.

Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. (1992). Tata cara perencanaan sistem pengolahan air limbah domestik (SNI 03-2398-1992). Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). SNI 03-1733-2004: Tata cara perencanaan perumahan di perkotaan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2456:2011: Pengelolaan limbah cair domestik dengan sistem biofilter anaerob-aerob. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bernal, D., Restrepo, I., & Grueso-Casquete, S. (2021). Key criteria for considering decentralization in municipal wastewater management. *Heliyon*, 7(3).
- Budiasti, H., Anastasia, T. T., Utami, A., Kristanto, W. A. D., & Widiarti, I. W. (2024, January). Status Mutu Air Sungai Bedog Akibat Efluen Air Limbah Domestik dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI* (Vol. 5, No. 1).
- Dariyatmo, D., Siregar, Y. I., & Anita, S. (2024). Peran Serta Masyarakat dalam Pengelolaan

- Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di Kabupaten Kampar. *Jurnal Zona*, 8(2), 132-136.
- Dipanegara, A. R., Pramesti, A. C., Yuniar, A. D., Christyadi, L. A., Utami, R. P., & Heriyanti, A. P. (2024, August). Kajian Aspek Ekonomi Dan Kelembagaan Dalam Keberlanjutan IPAL Komunal di Kelurahan Jatirejo Kota Semarang. In *Proceeding Seminar Nasional IPA* (pp. 85-92).
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2013). Materi Bidang Air Limbah I: Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP. Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Djarwati, S., Moertinah, & Harihastuti, N. (2000). Penerapan IPAL Terpadu Industri Kecil Tahu di Adiwerna Kabupaten Tegal. Laporan Penelitian. Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Semarang.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, Jakarta. *Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 1815*.
- Manurung, N. R., & Putri, A. (2018). Pengaruh Perilaku Konsumen Terhadap Keputusan Pembelian Pisang Goreng Kipas Kuantan–Ii Kota Pekanbaru pengaruh Perilaku Konsumen Terhadap Keputusan Pembelian Pisang Goreng Kipas Kuantan–Ii Kota Pekanbaru. *Jurnal Agribisnis*, 20(1), 113-123.
- Maulana, M. R., & Marsono, B. D. (2021). Penerapan teknologi membran untuk mengolah limbah cair industri tahu (Studi kasus: UKM Sari Bumi, Kabupaten Sumedang). *Jurnal Teknik ITS*, 10(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2>
- Nugraha, C. S., Wijaya, N. C., Romadona, W. P., Akhsani, H. R., & Arrochimi, D. R. (2020). Daur ulang air limbah domestik untuk peningkatan kualitas permukiman kumuh dengan penggunaan reaktor biofilter anaerob aerob dan pengolahan lanjutan. *MATRAPOLIS: Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 1(1), 57–68.
- Oktiawan, W., Hardiyanti, N., & Damayanti, P. (2018). Masterplan sistem pengelolaan air limbah domestik di wilayah perkotaan Kabupaten Sukoharjo. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2), 69.
- Pemerintah Indonesia. (2005). Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Peraturan Pemerintah, Jakarta. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 33, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4490.
- Ratnawati, R., & Ulfah, S. L. (2020). Pengolahan air limbah domestik menggunakan biosand filter. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 8–14. <https://doi.org/10.14710/jil.18.1.8-14>
- Republik Indonesia. (2005). Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Lembaran Negara Republik