

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK KOMUNAL DI DUSUN SIDOMULYO BABAKBAWO KABUPATEN GRESIK

Farih Muhaimin Fathoni^{1,*}, Utami Retno Pudjowati², Sutikno³

Mahasiswa Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Koresponden*, Email: farihmuhaiminfathoni@gmail.com, utami.retno@polinema.ac.id, sutikno.civil@gmail.com

ABSTRAK

Instalasi Pengolahan Air komunal adalah infrastruktur yang digunakan untuk memproses air limbah domestik yang difungsikan secara komunal/bersama (digunakan oleh beberapa rumah) agar lebih aman pada saat dibuang ke lingkungan atau lebih sesuai dengan baku mutu lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan instalasi pengolahan air limbah domestik komunal pada Dusun Sidomulyo Babakbawo Kabupaten Gresik yang baik, merencanakan jaringan perpipaan, menghitung dimensi IPAL, dan menghitung rencana anggaran biaya. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jumlah penduduk 3 tahun terakhir, data topografi kontur, data tanah, dan data harga satuan bahan, alat, dan upah. Hasil yang didapatkan setelah dilakukan penelitian adalah debit air limbah pada tahun 2021 sebesar 0,0016703 m³/dt dan pada tahun 2026 sebesar 0,00176959 m³/dt. Sehingga direncanakan besar dimensi bangunan IPAL adalah 4,5x15,5 m yang terdiri dari 6 bak, yaitu bak penampungan air, bak pengendapan awal, bak anaerob, bak aerob (aerasi dan media), dan bak pengendapan akhir. Biaya yang harus digunakan dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik komunal ini sebesar Rp. 2.064.915.463,00

Kata kunci : IPAL komunal; biofilter anaerob aerob; air limbah domestik.

ABSTRACT

Communal Water Treatment Plant is the infrastructure used to process domestic wastewater that is functioned communally/shared (used by several houses) to make it safer when discharged into the environment or more in accordance with environmental quality standards. The purpose of this research is to plan a good communal domestic wastewater treatment plant in Sidomulyo Babakbawo Village, Gresik District, to plan the piping, to determine the dimensions of the WWTP, and to determine the budget plan. The data used in this study are population data for the last 3 years, topographic contour data, land data, and data on unit prices of materials, tools, and wages. The results after the research is that the wastewater discharge in 2021 is 0.0016703 m³/sec and in 2026 it is 0.00176959 m³/sec. Therefore, it is planned that the dimensions of the WWTP building are 4.5x15.5 m consisting of 6 tanks, water reservoirs, initial sedimentation tanks, anaerobic tanks, aerobic tanks (aeration and media), and final sedimentation tanks. The cost that must be used in design this communal domestic wastewater treatment plant is Rp. 2,064,915,463.00

Keywords : Communal WWTP; aerobic anaerobic biofilter; domestic wastewater.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Gresik, Jawa Timur merupakan salah satu daerah yang berkembang dalam segi meningkatkan pembangunan dalam berbagai bidang, salah satunya yaitu bidang sanitasi. Seiring dengan pertumbuhan penduduk, permasalahan sanitasi masih menjadi hal yang harus diperhatikan terutama dalam hal pembuangan air limbah secara tidak tepat, pembuangan akhir diarahkan ke tanah atau drainase terdekat. Hal tersebut berdampak pada kerusakan

dan pencemaran lingkungan karena kurangnya pemahaman terhadap kebersihan dan kesehatan lingkungan tersebut. Jika kerusakan lingkungan terjadi, maka akan berdampak pada kesehatan hidup manusia. Seharusnya masyarakat antusias untuk menjaga dan mengelola lingkungan dan daerah tersebut.

Dusun Sidomulyo Desa Babakbawo Kecamatan Dukun Kabupaten Gresik adalah salah satu dusun yang terletak di Gresik bagian utara, masih banyaknya masyarakat yang

masih membuang air limbah domestik langsung ke tanah dibelakang rumah atau samping rumah. Menurut hasil survey wawancara dengan Khizbullah tahun 2021 salah satu warga tersebut hampir 90% masyarakat melakukan hal tersebut sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan. Pencemaran tersebut diakibatkan oleh kotoran hewan ternak atau air limbah keluarga. Pembuangan air limbah tersebut menimbulkan bau, dan tidak enak dipandang mata dikarenakan kumuh.. Hal-hal tersebut dapat menyebabkan munculnya berbagai masalah penyakit, harus ada upaya strategis untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Dusun Sidomulyo sendiri masih belum ada pengolahan air limbah, sehingga direncanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pembangunan IPAL komunal diharapkan mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan dan menciptakan lingkungan yang baik dan sehat.

Tujuan Penelitian ini adalah merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Komunal yang baik dan benar pada Dusun Sidomulyo Babakbawo Kabupaten Gresik.

2. METODE

Proyeksi Penduduk

Untuk mengetahui volume air limbah domestik untuk akhir tahun pada studi yang dilakukan terlebih dahulu proyeksi terhadap jumlah penduduk dan juga jumlah bangunan non rumah tangga pada akhir tahun studi. (Wulandari, 2014). Metode ini dihitung dengan Rumus berikut :

a. Metode Aritmatik

$$Pt = P0 \cdot (1 + n.r) \quad (1)$$

b. Metode Geometrik

$$Pt = P0 \cdot (1 + r)^n \quad (2)$$

c. Metode Eksponensial

$$Pt = P0 \cdot e^{r.n} \quad (3)$$

Keterangan :

Pt = jumlah penduduk pada akhir periode T (orang)

P0 = jumlah penduduk pada awal periodel T (orang)

r = tingkat pertumbuhan penduduk

n = tahun proyeksi (tahun)

e = 2,71828183

Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah didasarkan pada jumlah pemakaian air bersih/faktor timbulan air buangan (Fab), faktor timbulan air buangan (Fab) = 60%, angka tersebut didapatkan dari pemakaian air PDAM sebagai satu satunya sumber air minum. (Iskandar,2016). Metode ini dihitung dengan Rumus berikut :

$$Q = 60\% \times Q_{air\ bersih} \times n \quad (4)$$

Keterangan :

Q = debit air limbah (liter/hari)

Qair bersih = debit pemakaian air bersih (liter/hari)

n = jumlah orang

$$Q_{puncak} = Q_{rata-rata} \times Cl \quad (5)$$

Keterangan :

Qpuncak = debit puncak air limbah (liter/hari)

Qrata-rata = debit rata-rata air limbah (liter/hari)

Cl = 1,5-2

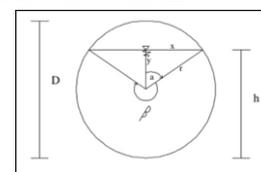
Perhitungan Pipa

Perhitungan hidrolika aliran air limbah di dalam perpipaan dilakukan untuk mengetahui dimensi pipa, kedalaman, kecepatan, dan kemiringan pipa agar dapat sesuai dengan kriteria desain yang telah ditentukan. Persamaan umum yang digunakan dalam perencanaan pipa air limbah domestik adalah persamaan Manning (Gauckler Manning Equation) yang dikembangkan dan diusulkan oleh Robert Manning pada tahun 1889. Persamaan Manning dapat digunakan untuk merencanakan pipa aliran gravitasi penuh maupun parsial.

Langkah untuk mendesain pipa, yaitu :

1. Menghitung Sudut Lingkaran (θ)

Sebelum menentukan luas penampang saluran pipa terlebih dahulu harus menentukan besarnya sudut dalam pipa yang terisi oleh air, karena pada pengaliran dengan prinsip gravitasi pipa tidak dianggap terisi penuh, yaitu hanya terisi sekitar 90 – 95%. Keterangan sudut penampang pipa saluran tertutup pada Gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Sudut Dalam Pipa

$$h = 90\% \times D \quad (6)$$

$$y = h - r \quad (7)$$

$$\cos a = \frac{y}{r} \quad (8)$$

$$a = \cos^{-1} \left(\frac{y}{r} \right) \quad (9)$$

$$\beta = 360 - (2 \times a) \quad (10)$$

Luas Basah Saluran (A)

$$A = \frac{1}{8} (\beta - \sin \beta) D^2 \quad (11)$$

Keliling Basah Saluran (P)

$$P = \frac{1}{2} \times \beta \times D \quad (12)$$

Jari – Jari Hidrolis

$$R = \frac{A}{P} \quad (13)$$

2. Menghitung slope

$$S = \left[\frac{elevasi\ awal - elevasi\ akhir}{panjang\ pipa} \right] \times 100 \quad (14)$$

3. Menghitung aliran dalam saluran tertutup (v)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

Keterangan :

- v = Kecepatan aliran (m/detik),
- n = Koefisien manning,
- R = Jari-jari hidrolis (m),
- S = Kemiringan saluran.

4. Menghitung Q hitung

$$Q = A \times V \quad (16)$$

Keterangan :

- Q = Debit
- A = Luas penampang basah
- V = Kecepatan aliran

Desain Bak IPAL

a. Bak Ekuwalisasi

Bak ekuwalisasi ini berfungsi untuk mengatur debit air limbah yang akan diolah serta untuk menyeragamkan konsentrasi zat pencemarnya agar homogen dan proses pengolahan air limbah dapat berjalan dengan stabil. Selain itu dapat juga digunakan sebagai bak aerasi awal pada saat terjadi beban yang besar secara tiba-tiba (*shock load*).

Waktu tinggal di dalam bak ekuwalisasi umumnya berkisar antara 6 – 10 jam. Untuk menghitung volume bak ekuwalisasi yang diperlukan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Volume bak yang diperlukan} = \frac{rt}{24 \text{ jam}} \times Q \quad (17)$$

Keterangan :

- rt = retention time (waktu tunggu)
- Q = Debit Air Limbah.

b. Bak Pengendapan Awal dan Akhir

Bak pengendapan awal berfungsi untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Fungsi lain bak pengendapan sebagai bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, *Sludge decomposition* (pengurai lumpur) dan penampung lumpur.

Perhitungan dimensi bak pengendapan awal dapat dihitung dengan Rumus 17 :

$$\text{Volume bak yang diperlukan} = \frac{rt}{24 \text{ jam}} \times Q$$

Keterangan :

- rt = retention time (waktu tunggu)
- Q = Debit Air Limbah.

c. Bak Biofilter Anaerob

Bak biofilter anaerob adalah wadah proses penguraian zat-zat organik air limbah yang difilter menggunakan bahan plastic tipe sarang tawon. Pengolahan di bak ini memerlukan waktu beberapa hari.

Perhitungan dimensi media biofilter anaerob dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Volume media biofilter} = \frac{BOD \text{ masuk}}{BOD \text{ standar}} \quad (18)$$

d. Bak Biofilter Aerob

Bak biofilter aerob adalah wadah proses penguraian zat-zat organik air limbah yang masih tersisa dari pengolahan di bak biofilter anaerob, didalam bak ini terdapat media khusus sarang tawon, dilengkapi dengan aerasi (menghembuskan udara melalui diffuser dengan menggunakan blower).

Perhitungan dimensi media biofilter aerob dapat dihitung dengan rumus 18 :

$$\text{Volume media biofilter} = \frac{BOD \text{ masuk}}{BOD \text{ standar}}$$

Perhitungan RAB

Menurut Ibrahim (1993:3), Rencana anggaran biaya adalah suatu perhitungan banyaknya biaya yang akan diperlukan dalam proyek baik berupa bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang bersangkutan dengan proyek.

Perhitungan untuk mendapatkan Rencana Anggaran Biaya adalah jumlah perkalian volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan :

$$RAB = \sum(\text{volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}) \quad (19)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyeksi Penduduk

Dalam perencanaan pengolahan air limbah, salah satu yang harus dijadikan parameter adalah proyeksi jumlah penduduk pada tahun rancangan yang akan dijadikan dasar perencanaan, misalnya 3 tahun, 5 tahun atau 20 tahun.

Tabel 1. Jumlah Penduduk Dusun Sidomulyo

Tahun	Jumlah Penduduk Dusun Sidomulyo (Jiwa)
2019	903
2020	910
2021	929

Sumber: Kader Dusun Sidomulyo tahun 2022.

Untuk mengetahui nilai r dapat dihitung dengan mencari rata pertumbuhan jiwa pertahun dan dijadikan persen (%) :

$$\begin{aligned} \text{Pertambahan Penduduk} &= \text{jumlah penduduk tahun 2020} - \\ &\text{jumlah tahun 2019} \\ &= 910 - 903 \text{ jiwa} \\ &= 7 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

$$r = \frac{\text{jumlah penduduk tahun 2020}}{\text{pertambahan penduduk 2019 s.d 2020}} \cdot 100$$

$$= \frac{910}{7} \cdot 100$$

$$= 0,769 \%$$

$$\text{Pertambahan Penduduk} = \text{jumlah penduduk tahun 2021} - \text{jumlah tahun 2020}$$

$$r = \frac{\text{jumlah penduduk tahun 2020} - \text{jumlah penduduk tahun 2019}}{\text{jumlah penduduk tahun 2019}} \cdot 100$$

$$= \frac{910 - 910}{910} \cdot 100$$

$$= 0,000 \cdot 100$$

$$= 0,000 \%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{0,769\% + 2,045\%}{2}$$

$$= 1,407\%$$

$$r = 0,014$$

a. Metode Aritmatik

$$P_t = P_0 (1 + n r)$$

$$P_t = 929 (1 + (1 \times 0,014))$$

$$P_t = 942 \text{ jiwa}$$

b. Metode Geometrik

$$P_t = P_0 (1 + r)^n$$

$$P_t = 929 (1 + 0,014)^1$$

$$P_t = 942 \text{ jiwa}$$

c. Metode Eksponensial

$$P_t = P_0 e^{r \cdot n}$$

$$P_t = 929 (2,718)^{(0,014 \times 1)}$$

$$P_t = 942 \text{ jiwa}$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan

No	Tahun	Jum. Eksisting	Metode		
			Geometrik	Aritmatik	Eksponensial
1	2019	903	903	903	903
2	2020	910	916	916	916
3	2021	929	929	928	929
Koef. Korelasi			0,96731	0,96628	0,96732
STDEV			12,797	12,707	12,888

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022.

Dari data tersebut dipilih metode eksponensial memiliki nilai koef. Korelasi mendekati 1.

Tabel 3. Hasil Proyeksi Penduduk

n	tahun	Proyeksi Jumlah Penduduk Dusun Sidomulyo		
		Metode Aritmatik	Metode Geometrik	Metode Eksponensial
		2021	929	929
1	2022	942	942	942
2	2023	955	955	956
3	2024	969	968	969
4	2025	982	981	983
5	2026	996	994	997

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022.

Debit Air Limbah

Perhitungan debit menggunakan data jumlah penduduk 2026 :

$$\text{Data jumlah penduduk 2026} = 997 \text{ jiwa}$$

$$\text{Nilai PE SD} = 0,27$$

$$\text{Nilai PE SLTP} = 0,33$$

$$\text{Nilai PE SLTA} = 0,53$$

$$\text{Pemakaian air bersih} = 120 \text{ L/hari}$$

$$\text{Presentase air limbah} = 60 \%$$

$$1. \text{ Q}_{2026} = 60\% \times \text{Qair bersih} \times n$$

$$= 60\% \times 120 \times 997$$

$$\text{Q}_{2026} = 71.764 \text{ L/hari}$$

$$2. \text{ Total Jumlah Penduduk} = \text{Jumlah Penduduk} + \text{PE}$$

$$\text{Total Jumlah Penduduk} = 997 + (0,27 + 0,33 + 0,53)$$

$$\text{Total Jumlah Penduduk} = 998 \text{ jiwa}$$

$$\text{QPE} = 60\% \times \text{Qair bersih} \times n$$

$$\text{QPE} = 60\% \times 120 \times 998$$

$$= 71.845 \text{ L/hari}$$

$$3. \text{ Qrata-rata} = (\text{Q}_{2026} + \text{QPE}) / 2$$

$$= (71.764 + 71.845) / 2$$

$$= 71.805 \text{ L/hari}$$

$$4. \text{ Qpuncak} = \text{Qrata-rata} \times 2$$

$$= 152.718 \text{ L/hari.}$$

$$= 0,001767 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

Perhitungan Pipa

Dimensi yang digunakan menggunakan cara coba-coba. Apabila nilai V dan Q setelah dikontrol sesuai maka digunakan dimensi tersebut. Contoh perhitungan dimensi di saluran C1 – C2, yaitu :

1. Sudut dalam pipa

$$h = 90\% D$$

$$= 90\% \times 0.1$$

$$= 0,090 \text{ m}$$

$$y = h - r$$

$$= 0,090 - 0,05$$

$$= 0,040 \text{ m}$$

$$\text{Cos } a = \frac{y}{r}$$

$$= \frac{0,040}{0,05}$$

$$= 0,8$$

$$a = \cos^{-1} \left(\frac{y}{r} \right)$$

$$= \cos^{-1} (0,8)$$

$$= 36,870^\circ$$

$$\beta = 360^\circ - (2 \times a)$$

$$= 360^\circ - (2 \times 36,870^\circ)$$

$$= 286,26^\circ$$

$$\text{Diameter (D)} = 4 \text{ inch} = 0,1 \text{ m}$$

Luas basah saluran (A)

$$A = \frac{1}{8} \times (\beta - \sin \beta) D^2$$

$$= \frac{1}{8} \times (286,26^\circ - 286,26^\circ) \times 0,1^2$$

$$= 0,359 \text{ m}^2$$

Keliling Basah Saluran (P)

$$P = \frac{1}{2} \times \beta \times D$$

$$= \frac{1}{2} \times 286,26^\circ \times 0,1$$

$$= 14,313 \text{ m}$$

Jari-jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{0,359}{14,313}$$

$$= 0,02508 \text{ m}$$

2. Slope

$$Q \text{ limbah} = 0,000250 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Panjang pipa (L)} = 31,33 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi awal muka tanah} = 6,35 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi akhir muka tanah} = 6,67 \text{ m}$$

$$\text{Slope medan} = \frac{\text{elv.awal muka tanah} - \text{elv.akhir muka tanah}}{L}$$

$$= \frac{6,35 - 6,67}{31,33}$$

$$= 0,010$$

$$S \text{ rencana} = 0,000785$$

Pada Slope dilakukan perhitungan ulang, guna menyamakan pada saluran yang lainnya menggunakan S rencana, hal tersebut dikarenakan merencanakan V rencana yang sesuai dengan syarat yaitu harus $0,5 < V < 3,0$.

3. V (kecepatan aliran)

$$V(\text{asli}) \text{ tanah} = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{S}$$

$$= \frac{1}{0,004} \cdot 0,02508^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{0,0100}$$

$$= 2,1415 \text{ m/dt}$$

$$V(\text{rencana}) = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{S}$$

$$= \frac{1}{0,004} \cdot 0,0413^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{0,000785} = 0,6 \text{ m/dt}$$

4. Q hitung

$$Q \text{ hit} = V(\text{rencana}) \text{ sal} \times A$$

$$= 0,6 \times 0,359$$

$$= 0,2156 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Kontrol Q dan V

$$\Delta Q = Q \text{ hit} - Q \text{ limbah}$$

$$= 0,2156 - 0,000250$$

$$= 0,2156 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\Delta Q \geq Q \text{ Limbah}$$

$$0,2156 \geq 0,000250 \rightarrow \text{OKE}$$

$$V \text{ maks} = 3 \text{ m/dt}$$

$$V \text{ min} = 0,6 \text{ m/dt}$$

$$V \text{ min} < V < V \text{ maks}$$

$$0,6 < 0,6 < 3,0 \rightarrow \text{OKE}$$

Desain Bak IPAL

a. Bak Penampungan Air

Bak Ekuivalensi berfungsi sebagai penampung air yang akan di olah kedalam bak selanjutnya, perhitungan bak ini sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Kapasitas pengolahan} = 152.718 \text{ liter/hari}$$

$$= 152,718 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 6,363 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,106 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$\text{Waktu tunggu (RT)} = 4 - 8 \text{ jam}$$

$$= \text{ditentukan } 5 \text{ jam}$$

$$\text{Volume bak yang diperlukan} = \frac{rt}{24 \text{ jam}} \times Q$$

$$= \frac{5}{24 \text{ jam}} \times 152,718$$

$$= 31,82 \text{ m}^3$$

Dimensi bak :

$$\text{Panjang} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman air} = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{Ruang bebas} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga didapatkan Volume efektif} = P \times L \times T$$

$$= 4,5 \times 4,5 \times 1,6$$

$$= 31,82 \text{ m}^3$$

Cek RT

$$T = \frac{4,5 \times 4,5 \times 1,6}{152,718} \times 24$$

$$= 5 \text{ jam}$$

Sehingga pada bak ekuivalensi/penampung air digunakan dimensi bak sebesar $4,5 \times 4,5 \times 2,1 \text{ m}^3$.

b. Desain Bak Pengendapan Awal dan Akhir

Bak pengendap awal berfungsi sebagai tempat mengendapkan lumpur dan penampung lumpur. Perhitungan bak pengendap awal sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Waktu tunggu (RT)} = 2 - 5 \text{ jam}$$

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

$$\text{Beban permukaan, SLR} = 20 - 50 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari (JWWA)}$$

$$\text{Efisiensi} = 25 \%$$

$$= 62,5$$

$$\text{BOD masuk} = 250 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Volume bak yang diperlukan} = \frac{rt}{24 \text{ jam}} \times Q$$

$$= \frac{3}{24 \text{ jam}} \times 152,718$$

$$= 19,09 \text{ m}^3$$

Dimensi bak :

$$\text{Panjang} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman air} = 1,7 \text{ m}$$

$$\text{Ruang bebas} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga didapatkan Volume efektif} = P \times L \times T$$

$$= 2,5 \times 4,5 \times 1,6$$

$$= 19,09 \text{ m}^3$$

Cek RT

$$T = \frac{\text{dimensi bak}}{Q} \times 24$$

$$= \frac{2,5 \times 4,5 \times 1,6}{152,718} \times 24$$

$$= 3 \text{ jam}$$

$$\text{BOD keluar} = 250 - 62,5$$

$$\begin{aligned}
 &= 187,50 \text{ mg/l.} \\
 \text{Beban permukaan} &= \frac{Q}{P \times L} \\
 &= \frac{152,718}{2,5 \times 4,5} \\
 &= 13,575 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \\
 &= 13,575 \times 2 \\
 &= 27,150 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \\
 &\text{(diasumsikan jumlah limbah 2} \\
 &\text{kali jumlah rata-rata)}
 \end{aligned}$$

Sehingga pada bak ekualisasi/penampung air digunakan dimensi bak sebesar $2,5 \times 4,5 \times 2,2 \text{ m}^3$.

c. Bak Biofilter Anaerob

Bak biofilter anaerob berfungsi sebagai tempat pengolahan selanjutnya setelah pengendapan awal, bak ini berfungsi menghilangkan beberapa BOD yang nantinya akan dilanjutkan ke pengolahan selanjutnya.

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu tunggu (RT)} &= 2,5 \text{ jam} \\
 \text{BOD masuk} &= 187,50 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Efisiensi} &= 80 \% \\
 &= 150 \\
 \text{Volume media Anaerob} &= 60\% \text{ dari total vol.reaktor yang} \\
 &\text{diperlukan} \\
 \text{Media sarang tawon} &= 100 \times 60 \times 60 \text{ cm} \\
 \text{Standar BOD} &= 0,4 - 4,7 \text{ kg BOD/ m}^3.\text{hari} \\
 &= 3 \text{ kg BOD/ m}^3.\text{hari (ditetapkan)} \\
 \text{Beban BOD didalam air lmbah} &= \text{BOD masuk} \times Q \\
 &= 187,50 \times 152,718 \\
 &= 28.635 \text{ g/hari} \\
 &= 28,635 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume media} &= \frac{\text{BOD beban}}{\text{BOD standar}} \\
 &= \frac{28,635}{3} \\
 &= 9,545 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume reaktor} &= \frac{\text{vol.media}}{60\%} \\
 &= \frac{9,545}{60\%} \\
 &= 15,9 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu tinggal} &= \frac{\text{vol.reaktor}}{Q} \\
 &= \frac{15,9}{152,718} \times 24 \\
 &= 2,5 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dimensi bak :

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 2 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 4,5 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman air} &= 1,8 \text{ m} \\
 \text{Ruang bebas} &= 0,5 \text{ m} \\
 \text{Volume efektif} &= P \times L \times T \\
 &= 2 \times 4,5 \times 1,8 \\
 &= 15,9 \text{ m}^3 \\
 \text{BOD keluar} &= \text{BOD masuk} - \text{efisiensi} \\
 &= 187,50 - 150
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 37,50 \text{ mg/l} \\
 \text{BOD dihilangkan} &= \text{beban BOD air limbah} \times \text{efisiensi} \% \\
 &= 28,635 \times 80\% \\
 &= 22,91 \text{ kg/hari.}
 \end{aligned}$$

CEK

$$\begin{aligned}
 \text{RT} &= \frac{\text{dimensi bak}}{Q} \times 24 \\
 &= \frac{2 \times 4,5 \times 1,8}{152,718} \times 24 \\
 &= 2,5 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban BOD pervolume} &= \frac{\text{beban BOD}}{\text{vol.media}} \\
 &= \frac{28,635}{9,545} \\
 &= 3 \text{ kg BOD/m}^3.\text{hari}
 \end{aligned}$$

Sehingga pada bak ekualisasi/penampung air digunakan dimensi bak sebesar $2 \times 4,5 \times 2,3 \text{ m}^3$.

d. Bak Biofilter Aerob

Bak biofilter aerob memiliki 2 zona proses, yaitu zona aerasi dan zona media, bak ini berfungsi mengurangi BOD yang diterima dari proses anaerob, sehingga BOD akan mempunyai konsentrasi yang memenuhi untuk baku air limbah domestic yang disyaratkan.

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu tunggu (RT)} &= 5,7 \text{ jam} \\
 \text{BOD masuk} &= 37,50 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Efisiensi} &= 60 \% \\
 &= 22,5 \\
 \text{Vol. media Anaerob} &= 40\% \text{ dari total vol.reaktor yang} \\
 &\text{diperlukan} \\
 \text{Media sarang tawon} &= 100 \times 60 \times 60 \text{ cm} \\
 \text{Standar BOD} &= 0,4 - 4,7 \text{ kg BOD/ m}^3.\text{hari} \\
 &= 0,4 \text{ kg BOD/ m}^3.\text{hari} \\
 &\text{(ditetapkan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban BOD didalam air lmbah} &= \text{BOD masuk} \times Q \\
 &= 37,50 \times 152,718 \\
 &= 5.727 \text{ g/hari} \\
 &= 5,727 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume media} &= \frac{\text{BOD beban}}{\text{BOD standar}} \\
 &= \frac{5,727}{0,4} \\
 &= 14,317 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume reaktor} &= \frac{\text{vol.media}}{60\%} \\
 &= \frac{14,317}{40\%} \\
 &= 35,793 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu tinggal} &= \frac{\text{vol.reaktor}}{Q} \\
 &= \frac{35,793}{152,718} \times 24 \\
 &= 5,6 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

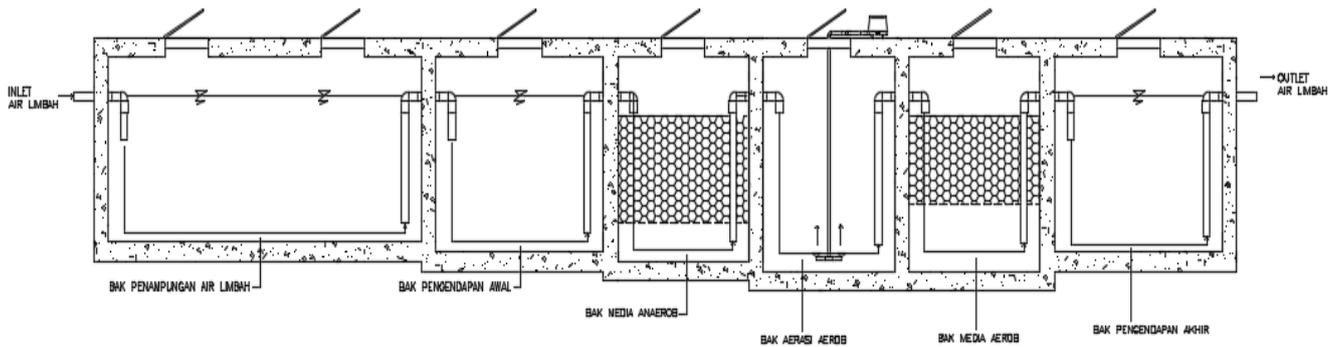
Dimensi bak :

$$\begin{aligned}
 \text{Zona aerasi} & \\
 \text{Panjang} &= 2 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 4,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kedalaman air = 2 m
 Ruang bebas = 0,5 m
 Zona media
 Panjang = 2 m
 Lebar = 4,5 m
 Kedalaman air = 2 m
 Ruang bebas = 0,5 m
 Volume efektif = $P \times L \times T$
 $= (2+2) \times 4,5 \times 2$
 $= 35,793 \text{ m}^3$
 BOD keluar = BOD masuk – efisiensi
 $= 37,50 - 22,5$
 $= 15 \text{ mg/l}$
 BOD dihilangkan = beban BOD air limbah x efisiensi %
 $= 5,727 \times 60\%$
 $= 3,436 \text{ kg/hari}$
 CEK
 RT = $\frac{\text{dimensi bak}}{Q} \times 24$
 $= \frac{(2+2) \times 4,5 \times 2}{152,718} \times 24$
 $= 5,6 \text{ jam}$
 Beban BOD pervolume = $\frac{\text{beban BOD}}{\text{vol.media}}$
 $= \frac{5,727}{14,317}$
 $= 0,4 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$

Kebutuhan oksigen dalam zona aerasi
 Diketahui :
 Berat udara = 28 c°
 $= 1,172 \text{ kg/m}^3$
 Jumlah O_2 didalam udara = 20,93 % (Chandra, 2006)
 Efisiensi diffuser = 8%
 Maka jumlah kebutuhan udara adalah sebagai berikut :
 a. Kebutuhan oksigen = $1,4 \times \text{BOD hilang}$
 $= 1,4 \times 3,436$
 $= 4,811 \text{ kg/hari}$
 b. Jumlah kebutuhan udara
 $= \frac{\text{kebutuhan oksigen}}{\text{berat udara} \times O_2 \text{ didalam udara}}$
 $= \frac{4,811 \text{ kg/hari}}{1,172 \text{ kg/m}^3} \times 20,93\% \frac{g}{g} \text{ udara}$
 $= 0,859 \text{ m}^3/\text{hari}$
 c. Jum. kebutuhan udara actual = $\frac{\text{kebutuhan udara}}{\text{efisiensi diffuser}}$
 $= \frac{0,859 \text{ m}^3/\text{hari}}{8\%}$
 $= 10,734 \text{ m}^3/\text{hari}$
 Sehingga pada bak ekualisasi/penampung air digunakan dimensi bak sebesar $4 \times 4,5 \times 2,5 \text{ m}^3$.

Gambar 2. Detail Bak IPAL



Pehitungan RAB

Rencana anggaran biaya yang dipakai sebagai berikut :

Tabel 4. Rencana Anggaran Biaya

No.	Uraian Pekerjaan	Harga Total
I	Pekerjaan IPAL	Rp 1.078.904.396,91
II	Pekerjaan Pipa	Rp 626.625.035,09
III	Pekerjaan bangunan pelengkap IPAL	Rp 165.472.442,56
IV	Pekerjaan Lanjutan	Rp 6.194.000,00
	Jumlah	Rp 1.877.195.874,56
	PPN 10%	Rp 187.719.587,46

Total Biaya Pelaksanaan + PPN 10%	Rp 2.064.915.462,02
Pembulatan	Rp 2.064.915.463,00

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa sebagai berikut:

1. Debit air limbah yang dihasilkan dalam perencanaan 5 tahun kedepan pada tahun 2026 dengan total 152.718 L/hari.

2. Dimensi perpipaan IPAL komunal di Dusun Sidomulyo memakai pipa PVC tipe D berdiameter $\phi 4$ untuk pipa lateral dan $\phi 6$ untuk pipa induk.
3. Dimensi bangunan IPAL komunal di Dusun Sidomulyo yaitu 15,5 x 4,5 m yang dibagi dalam 5 bak.
4. Berdasarkan hasil perhitungan biaya dapat diketahui total dalam merencanakan IPAL komunal di Dusun Sidomulyo adalah Rp. 2.064.915.463,00

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azizah dkk. Buku Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah. Kementrian Kesehatan RI, Jakarta, 2011
- [2] Fathul Mubin, dkk. (2016). Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.3 Maret 2016.
- [3] Ibrahim, Bachtiar. Rencana dan Estimate Real of Cost. Jakarta : Bumi Aksara. 1993
- [4] Karyadi. Partisipasi Masyarakat Dalam Program Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di RT 30 RW 07 Kelurahan Warungboto, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta, 2010.
- [5] Sri Hartoyo. Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat BUKU A, 2018.
- [6] Sri Hartoyo. Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat BUKU B, 2018.