



Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Sistem Kombinasi Anaerob-Aerob Di Kelurahan Karame Kota Manado

Youla Srinarwati^{#a}, Roski R. I. Legrans^{#b}, Isri R. Mangangka^{#c}

[#]Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^ayoulasrinarwati@gmail.com, ^blegransroski@unsrat.ac.id, ^cisri.mangangka@unsrat.ac.id

Abstrak

Kelurahan Karame merupakan salah satu wilayah kota Manado yang berada di dekat daerah aliran sungai Tondano yang memiliki luas 12,3 Ha, dengan kepadatan penduduk 412,3 orang/Ha. Kondisi sanitasi lingkungan di Kelurahan Karame belum memenuhi standar, dikarenakan tidak adanya sistem pengolahan air limbah domestik. Air limbah domestik yang dihasilkan langsung dialirkan ke sungai Mahakam. Hasil uji laboratorium terhadap kadar TTS, BOD dan COD pada air limbah domestik Kelurahan Karame menunjukkan angka masing-masing 130 mg/L, 490 mg/L, dan 358 mg/L, dimana angka-angka tersebut telah melampaui baku mutu yang telah ditetapkan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68 Tahun 2016. Artikel ini berisi tentang perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPAL) dengan sistem kombinasi Anaerob-Aerob untuk Lingkungan IV dan V Kelurahan Karame, yang menggunakan metode kuantitatif dengan menghitung kapasitas IPAL melalui pendekatan populasi terhadap pemakaian air bersih. Berdasarkan hasil analisis diperoleh kapasitas IPAL sebesar 297,562 m³/hari. IPAL yang dirancang terdiri dari unit bak ekualisasi, bak pengendapan awal, bak anaerob, bak aerob dan pengendapan akhir, bangunan IPAL membutuhkan lahan seluas yaitu 92 m².

Kata kunci: perancangan, IPAL anaerob-aerob, air limbah domestik, Kelurahan Karame

1. Pendahuluan

Limbah domestik adalah penyumbang terbesar dalam kasus pencemaran air sungai di Indonesia, banyaknya produksi air limbah domestik sejalan dengan terjadinya peningkatan jumlah penduduk pada suatu wilayah permukiman. Wilayah permukiman warga yang berada di dekat daerah aliran Sungai (DAS) dengan kepadatan penduduk yang tinggi rentan terhadap sanitasi dan pengolahan lingkungan yang buruk, hal ini didukung dengan kebiasaan warga yang masih membuang air limbah domestik langsung ke sungai tanpa adanya pengolahan. Pembuangan limbah tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran sungai dan pencemaran air tanah yang merupakan komponen penting bagi makhluk hidup.

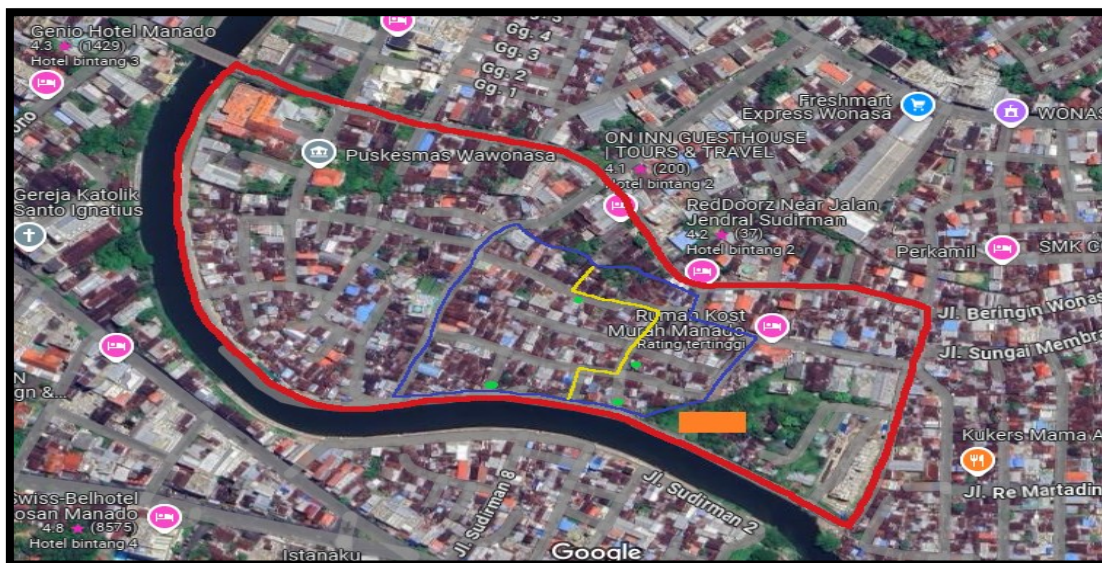
Salah satu wilayah kota Manado yang berada di dekat daerah aliran sungai yaitu Kelurahan Karame dengan luas 12,3 Ha yang memiliki kepadatan penduduk 412,3 orang/Ha. Berdasarkan hasil wawancara dan penelitian sebelumnya diketahui bahwa kondisi sanitasi lingkungan kelurahan Karame belum mencapai standar yang baik khususnya pada wilayah lingkungan IV dan V, salah satunya dikarenakan tidak adanya sistem pengolahan air limbah domestik di lingkungan tersebut. Sehingga air limbah domestik yang dihasilkan langsung dialirkan ke sungai Mahakam.

Berdasarkan ketentuan Dinas Pekerjaan Umum, untuk wilayah dengan kondisi kepadatan yang sudah melebihi 100 orang /Ha sebaiknya memiliki unit pengolahan air limbah dengan sistem komunal. Sistem pengolahan ini dilakukan secara terpusat yaitu dengan adanya bangunan yang digunakan untuk memproses limbah cair domestik oleh sekelompok rumah tangga pada satu wilayah. Maka dari uraian permasalahan dan kondisi yang terdapat pada Kelurahan Karame di

atas, Tujuan pada penelitian ini yaitu membuat perancangan instalasi pengolahan air limbah domestik dengan sistem kombinasi anaerob- aerob pada Kelurahan Karame Khususnya Wilayah Lingkungan IV dan V.

2. Metode

Lokasi Penelitian Berada di Kelurahan Karame, Kecamatan singkil, Kota Manado dengan luas wilayah 12,3 hektar area. Pada bagian timur kelurahan Karame berbatasan langsung dengan kelurahan Ketang Baru, di sebelah Selatan berbatasan dengan Kelurahan Wonasa, dan sebelah utara dan barat Kelurahan Karame berbatasan secara langsung dengan Sungai Mahakam yang merupakan anak sungai dari Sungai Tondano. Pelayanan IPAL meliputi wilayah Lingkungan IV dan V (garis biru) dan lokasi IPAL yang berada pada lahan kosong di wilayah Lingkungan VI (persegi jingga).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data yang digunakan untuk analisis dan perancangan adalah data primer dan sekunder. Data primer terdiri atas hasil analisis laboratorium terhadap kualitas air limbah domestik dan pengukuran luas lahan rencana. Data sekunder terdiri atas data penduduk Kelurahan Karame, studi literatur, jenis teknologi yang digunakan, dan peta lokasi wilayah penelitian perencanaan IPAL.

Prosedur penelitian dibagi atas beberapa tahap, yang pertama tahap persiapan yang merupakan langkah awal yang dilakukan setelah mendapatkan ide penelitian yaitu identifikasi masalah dan studi literatur terkait permasalahan air limbah domestik dan teknologi yang dapat digunakan. Tahap ke dua yaitu tahap pelaksanaan yang merupakan kegiatan survei lokasi dan pengumpulan data baik data primer maupun sekunder. Tahap ketiga yaitu tahap analisis data yang merupakan kegiatan meneliti data – data yang telah didapatkan baik berupa data primer atau data sekunder yang dimulai dari pengujian parameter TDS, BOD, dan COD pada air limbah domestik kelurahan Karame di laboratorium juga perhitungan dimensi unit- unit dari pengolahan air limbah yang telah di tetapkan. Setelah itu tahap keempat yaitu tahap penyusunan hasil penelitian, Penulisan hasil dari penelitian dilakukan Ketika telah dilakukan perhitungan dimensi IPAL serta telah di buat desain dari setiap unit-unit pengolahan yang telah di tetapkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil uji laboratorium terhadap kualitas air limbah domestik Kelurahan Karame pada Lingkungan IV dan V menunjukkan bahwa air limbah domestik yang dialirkan ke sungai telah melewati baku mutu yang ditetapkan oleh Permen LHK No.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Kualitas air limbah yang telah melampaui ambang batas menjadi dasar dalam perancangan IPAL.

Tabel 1. Kualitas Air Limbah domestik Lingkungan IV dan V Kelurahan Karama

Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Hasil Uji (mg/L)
TSS	30	130
BOD	30	490
COD	100	3

Analisis proyeksi jumlah penduduk dilakukan untuk mengetahui kapasitas IPAL dalam kurun waktu 10 tahun kedepan (masa pakai) dengan menggunakan metode geometrik. Presentase pertumbuhan pada kedua wilayah pelayanan yaitu 2%.

Tabel 2. Proyeksi Penduduk Lingkungan IV dan V Kelurahan Karama

NO	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)
1	2025	2160
2	2026	2204
3	2027	2248
4	2028	2293
5	2029	2339
6	2030	2386
7	2031	2434
8	2032	2482
9	2033	2532
10	2034	2583

Dengan tahun awal 2024, diperoleh jumlah penduduk Lingkungan IV dan V Kelurahan Karama sebanyak 2538 jiwa. Berdasarkan jumlah penduduk tersebut, dihitung debit air limbah (asumsi 80% dari kebutuhan air bersih) dengan pemakaian air bersih yaitu 120 l/orang/hari (Cipta Karya PU,1996).

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Air bersih} &= \text{Jumlah penduduk} \times 120 \text{ liter/ orang. Hari} & (1) \\ &= 2583 \text{ orang} \times 120 \text{ liter/ orang. Hari} \\ &= 309.960 \text{ Liter/ hari} \end{aligned}$$

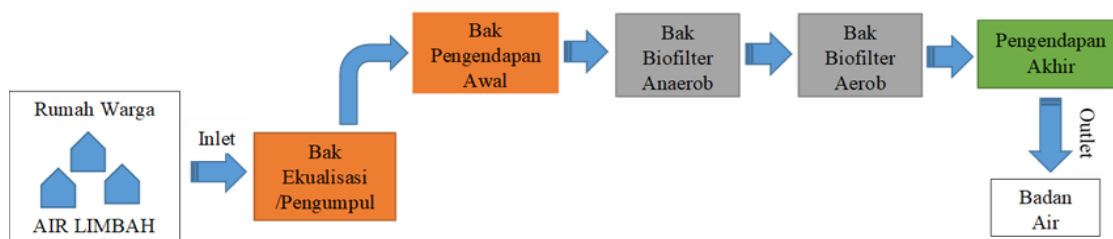
$$\begin{aligned} \text{Debit air limbah} &= \text{Kebutuhan air bersih} \times 80\% & (2) \\ &= 309.960 \text{ Liter/ hari} \times 80\% \\ &= 247.968 \text{ Liter/ hari} \end{aligned}$$

Perhitungan faktor puncak (f_{peak}) dan debit puncak yang akan digunakan sebagai debit air limbah yang akan masuk pada IPAL adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f_{\text{peak}} &= (18 + P^{0.5}) / (4 + P^{0.5}) & (3) \\ &= (18 + (2583^{0.5})) / (4 + 2583^{0.5}) \\ &= 1,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{peak air limbah}} &= Q \text{ air limbah} \times f_{\text{peak}} & (4) \\ &= 247.968 \text{ liter/ hari} \times 1,2 \\ &= 297.562 \text{ lliter} \\ &= 297,562 \text{ m}^3/\text{ hari} \\ &= 0,002 \text{ m}^3/\text{ detik} \end{aligned}$$

IPAL yang direncanakan adalah IPAL dengan sistem pengolahan secara biologi yang memanfaatkan peran bakteri yang terlekat pada media dan tersuspensi pada air limbah. Secara lengkap skema pengolahan IPAL dapat dilihat pada Gambar 2.

**Gambar 2.** Skema IPAL

• Perhitungan Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan bak yang berfungsi mengumpulkan air limbah dari rumah warga yang terlayani oleh IPAL sekaligus bertujuan untuk menyeragamkan konsentrasi air limbah sebelum memasuki IPAL. Waktu Detensi ditentukan 30 menit (Metcalf & Eddy, 1991), tinggi muka air (h_{air}) 2 m, ruang bebas (f_b) 0,3 m, rasio P : L = 2 : 1 dan debit (Q) 297,56 m³/hari / 0,21 m³/menit. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh dimensi bak ekualisasi sebagai berikut :

- Volume = 6,5 m³/hari
- Panjang = 2,5 m
- Lebar = 1,3 m
- Kedalaman air = 2 m
- Kedalaman total = 2,3 m

Pada bak ekualisasi ditempatkan 1 unit pompa tipe celup untuk membawa air limbah masuk ke bak pengendapan awal dengan asumsi kecepatan 1 m/detik dan debit 0,002 m³/detik. Di rekomendasikan pompa sebagai berikut :

- Merek : Krisbow kw200 1373
- Kapasitas : 8000 L/jam
- Output listrik : 300 watt
- Head : 5 m
- Material : Stainless steel ditutupi bahan plastik

• Perhitungan Bak Pengendapan Awal

Bak pengendap awal berfungsi untuk mengendapkan partikel lumpur, dan pasir. Selain sebagai bak pengendapan, bak ini juga berfungsi sebagai bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, sludge (pengurai lumpur) dan penampung lumpur. Dirancang bak pengendapan awal dengan bentuk kotak (rectangular). Waktu detensi ditentukan 2 jam (SPAL.2018), tinggi muka air (h_{air}) 3 m, ruang bebas (f_b) 0,3 m, rasio P : L = 2 : 1 dan debit (Q) 297,56 m³/hari. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh dimensi bak pengendapan awal sebagai berikut :

- Volume = 25,2 m³/hari
- Panjang = 4,2 m
- Lebar = 2 m
- Kedalaman air = 3 m
- Kedalaman total = 3,3 m

Pada bak pengendapan awal terjadi penyisihan BOD (35%), TSS (60%), COD (40%) sehingga effluent dari bak pengendapan awal untuk ketiga parameter ini masing- masing menjadi 318,5 mg/L untuk BOD, 52 mg/L untuk TSS, dan 214,8 mg/L untuk COD.

• Perhitungan Bak Biofilter Anaerob

Bak biofilter anaerob adalah bak kontak yang menerima air limbah dari bak pengendapan awal, Bak ini dirancang terbagi menjadi 2 ruangan (seri), dimana pada tiap ruang akan diisi dengan media plastik khusus tipe sarang tawon. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik yang melekat pada media sarang tawon. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikro-organisme. Mikro-organisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendapan awal. Waktu detensi ditentukan 4 jam (Mubin, 2016), tinggi muka air (h_{air}) 2 m, ruang bebas (f_b) 0,3 panjang sekat 0,2 m, beban organik 3,3 kg BOD/m³.hari dan debit (Q) 297,56 m³/hari. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh dimensi bak biofilter anaerob sebagai berikut :

- Volume = 48 m³/hari
- Panjang = 6 m
- Panjang/ ruang = 3 m
- Lebar = 4 m
- Kedalaman air = 2 m
- Kedalaman total = 2,3 m

Penyisihan pada bak biofilter aerob untuk BOD (90%), TSS (70%), COD (90%) sehingga effluent dari bak biofilter anaerob untuk ketiga parameter ini masing- masing menjadi 31,85 mg/L untuk BOD, 15,6mg/L untuk TSS, dan 21,48 untuk COD.

• Perhitungan Bak Biofilter Aerob

Bak biofilter aerob adalah bak kontak yang menerima air limbah dari bak biofilter anaerob. Bak ini terbagi atas 2 ruangan. Ruang pertama akan ditempatkan blower yang akan mensuplai udara pada air limbah sebagai penunjang kehidupan mikroorganisme yang tersuspensi pada air limbah. Ruang kedua akan diisi dengan media khusus tipe sarang tawon, sehingga pada bak biofilter aerob ini terjadi penguraian zat organik dengan sistem tersuspensi dan terlekat. Waktu detensi ditentukan 4 jam (Mubin, 2016), tinggi muka air (h_{air}) 2 m, ruang bebas (f_b) 0,3 panjang sekat 0,2 m, beban organik 0,5 kg BOD/m³.hari dan debit (Q) 297,56 m³/hari. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh dimensi bak biofilter aerob sebagai berikut :

- Volume = 48 m³/hari
- Panjang = 6 m
- Panjang ruang aersi = 1,5 m
- Panjang ruang biofilter = 4,5 m
- Lebar = 4 m
- Kedalaman air = 2 m
- Kedalaman total = 2,3 m

Pada ruang aerasi ditempatkan blower Blower udara berguna sebagai aerator pada bak aerobik (Mufida, 2015). Penentuan blower udara didasarkan dari kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk menghilangkan beban BOD. Kebutuhan oksigen teoritis sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan yaitu 23,49 kg/hari. Direkomendasikan blower:

- Tipe : Hiblow 200
- Kapasitas : 200 L/menit
- Head : 2000 mm-aqua (2 meter)
- Jumlah : 1 unit
- Power : 200 watt

Pada bak biofilter aerob penyisihan BOD (80%), TSS (65%), COD (85%) sehingga effluent dari bak biofilter aerob untuk ketiga parameter ini masing- masing menjadi 6,37 mg/L untuk BOD, 5,46 mg/L untuk TSS, dan 3,222 mg/L untuk COD.

• Perhitungan Bak Pengendapan Akhir

Bak pengendap akhir merupakan bak tambahan dalam unit proses pengolahan air limbah yang berfungsi untuk menampung eksisting air hasil olahan sebelum dialirkan ke badan air. Bak pengendap akhir berbentuk persegi panjang dengan bagian akhir dilengkapi dengan pipa outlet air limbah. Waktu Detensi ditentukan 2 jam (SPAL.2018), tinggi muka air (h_{air}) 3 m, ruang bebas (f_b) 0,3 m, rasio P : L = 2 : 1 dan debit (Q) 297,56 m³/hari. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh dimensi bak pengendapan akhir sebagai berikut :

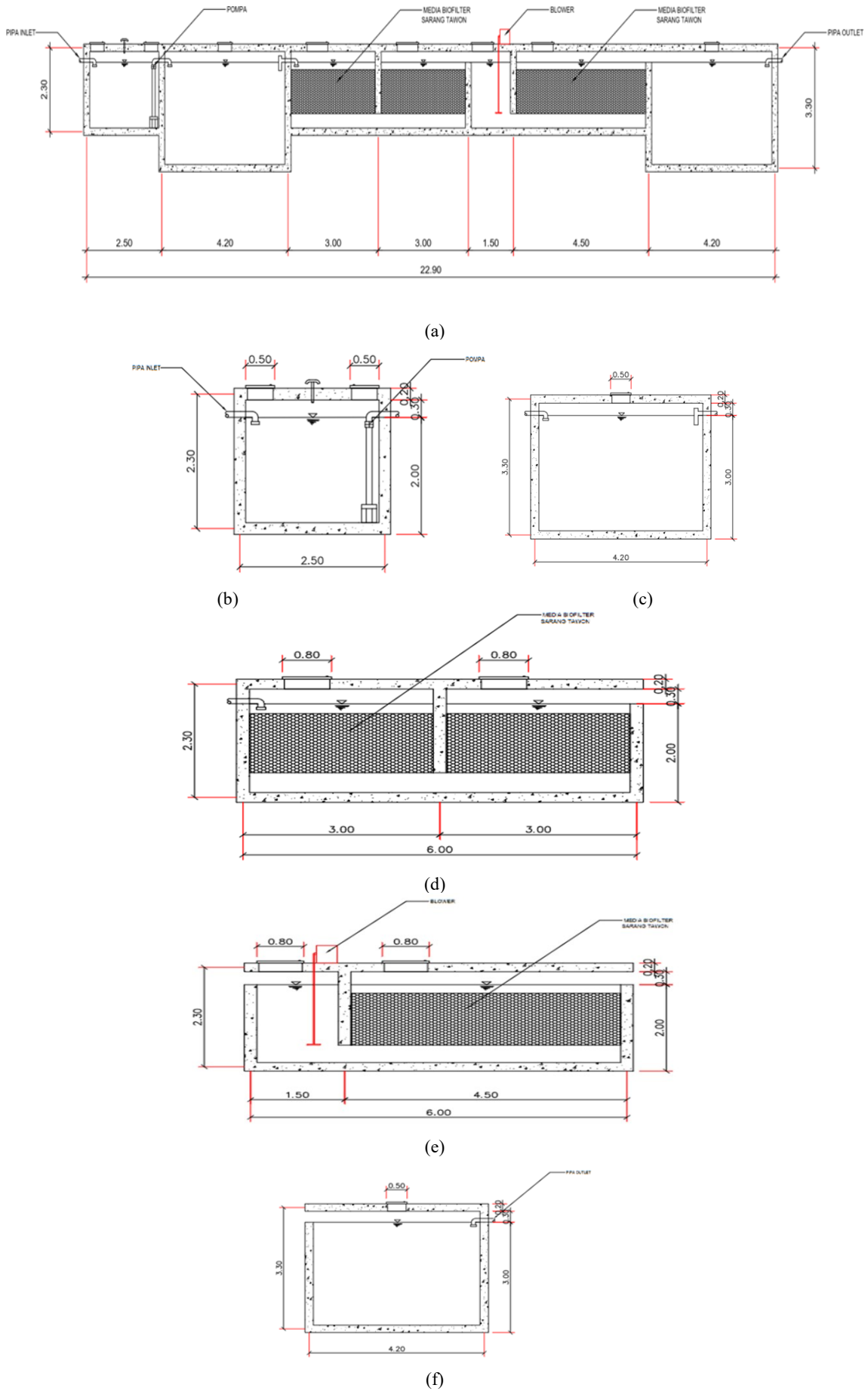
- Volume = 25,2 m³/hari
- Panjang = 4,2 m
- Lebar = 2 m
- Kedalaman air = 3 m
- Kedalaman total = 3,3 m

Pada bak pengendapan akhir terjadi penyisihan BOD (35%), TSS (60%), COD (40%) sehingga effluent dari bak pengendapan akhir untuk ketiga parameter ini masing- masing menjadi 4,14 mg/L untuk BOD, 2,18 mg/L untuk TSS, dan 1,93 mg/L untuk COD.

Setelah melewati IPAL dengan sistem kombinasi anaerob-aerob, terjadi kenaikan kualitas air limbah yang diolah sebelum dialirkan ke badan air. Presentase penurunan dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 . Persentase Penurunan Kadar Parameter Pencemar pada Air Limbah

Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Persentase Penurunan (%)
TSS	30	130	2,18	98
BOD	30	490	4,14	99
COD	100	3	1,93	99



Gambar 3. (a) Potongan AA IPAL, (b) bak ekualisasi, (c) bak Pengendapan awal, (d) bak biofilter anaerob, (e) bak biofilter aerob, (f) bak pengendapan akhir

4. Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan dari perancangan IPAL dengan sistem kombinasi anaerob-aerob pada wilayah Kelurahan Karame untuk Lingkungan IV dan V:

1. Kualitas air limbah domestik Kelurahan Karame sebelum dilakukan pengolahan memiliki kadar TSS, BOD, dan COD masing-masing sebesar 130 mg/l, 490 mg/l dan 358 mg/l. Hasil analisis terhadap kadar TSS, BOD dan COD setelah melalui IPAL adalah terjadi penurunan parameter TSS menjadi 2,18 mg/L dengan efisiensi 98%, BOD menjadi 4,14 mg/l dengan efisiensi 99%, dan COD menjadi 1,93 mg/l dengan efisiensi 99%.
2. Debit air limbah domestik untuk perancangan IPAL Lingkungan IV dan V kelurahan Karame yaitu 297,562 m³/ hari.
3. Rancangan IPAL berjumlah 5 bak yang terdiri dari bak ekualisasi dengan dimensi 2,5 x 1,3 x 2 m, bak Pengendapan Awal 4,2 x 2 x 3 m, bak Biofilter Anaerob 6 x 4 x 2 m, Bak Biofilter Aerob 6 x 4 x 2 m dan bak Pengendapan Akhir 4,2 x 2 x 3 m. Total Waktu detensi IPAL 12 jam 30 menit, dan Luas wilayah IPAL 92 m².

Referensi

- Azizah B. 2020. Perencanaan Air Limbah Komunal Dengan Model Pengelolaan An-Aerobic System Di Desa Mereje Timur Kabupaten Lombok Barat. Universitas Muhammadiyah Mataram. Cipta Karya.SPALDT.2018
- Fla, D. C. R. 2019. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tempe Dengan Digester Anaerobik Dan Biofilter Anaerobik – Aerobik Di Desa Aikmual Kabupaten Lombok Tengah. Universitas Mataram.
- Kaawoan S. P., Mangangka I. R., Legrans R. R.I. 2022. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pasar Tradisional Langowan Di Kecamatan Langowan Timur Kabupaten Minahasa. TEKNO. Vol. 20 No. 82.
- Kholif, M. 2020. Pengelolaan Air Limbah Domestik. Scopindo Media Pustaka. Surabaya
- Leasiwal C. M. 2021. Tinjauan Kapasitas Produksi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Paca Di Kecamatan Tobelo Selatan. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Mubin F., Binilang A., Halim F. 2016. Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.3
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
- Pratama H. A. 2022. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Domestik Yayasan Pondok Pesantren Al-Jaly Kabupaten Bangkalan. Universitas.Islam.Negeri.Sunan Ampel Surabaya.
- Pratama H. A. 2022. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Domestik Yayasan Pondok Pesantren Al-Jaly Kabupaten Bangkalan. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Ratnawati R., Al kholif M., Sugito. 2014. Desain Instalasi Pengelolahan Air Limbah (IPAL) Biofilter Untuk Mengolah Air Limbah Poliklinik UNIPA Surabaya. Jurnal Teknik WAKTU Vol.12 No. 02.
- Sandi. 2012. Perancangan Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Kelas C (Studi Kasus Pembangunan Rumah Sakit Kabupaten Tana Tidung). Universitas Borneo Tarakan.
- Santo F. E., Utomo S., Sir T. M. W. 2019 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Sistem Komunal Pada Perumahan Kodim 1605 Belu. Jurnal Teknik Sipil, Vol. VIII, No. 1.
- Sari A. P., Yuniarto A., 2016. Jaringan Perguruan Tinggi untuk Pembangunan Infrastruktur Indonesia, Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Agar-agar. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Kampus ITS Sukolilo.
- Setiawati R. T. 2016. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Wuisan D. D. E. M., Binilang A. 2018. Perencanaan Sistem Jaringan Pengolahan Air Limbah Domestik Di Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapanget. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.5.
- Wulandari A. F. 2020 Evaluasi Kinerja Ipal Komunal Ditinjau Dari Tahap Konstruksi Di Kecamatan Ngaglik Dan Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, D.I.Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.