

PENGOLAHAN LIMBAH AIR DOMESTIK : TINJAUAN METODE DAN IMPLEMENTASI

Lutfi Hair Djunur^{1*}, Asnita Virlayani², Nurul Maqfirah³

^{1*,2,3}Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar, Indonesia

lutfihairdjunur@unismuh.ac.id

asnita.virlayani@unismuh.ac.id

nurulmagfirah@unismuh.ac.id

Abstract

Domestic wastewater from residential areas is a significant source of environmental pollution. Daily activities such as washing, bathing, and defecating produce wastewater containing organic matter, nutrients, and pathogens. If not properly treated, domestic wastewater can cause environmental pollution, public health problems, and ecosystem damage. Therefore, effective domestic wastewater treatment is necessary to mitigate these negative impacts. Domestic wastewater treatment can be carried out using physical, chemical, and biological methods. This article discusses various domestic wastewater treatment methods, including physical, chemical, and biological treatment, as well as the implementation of effective and efficient domestic wastewater treatment systems to help reduce environmental pollution and improve public health.

Keywords: Domestic wastewater, Physical, Chemical, Biological treatment, System implementation

Abstrak

Limbah air domestik dari pemukiman penduduk merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang signifikan. Aktivitas sehari-hari seperti mencuci, mandi, dan buang air besar menghasilkan limbah air yang mengandung bahan organik, nutrisi, dan patogen. Jika tidak diolah dengan baik, limbah air domestik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, gangguan kesehatan masyarakat, dan kerusakan ekosistem. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan limbah air domestik yang efektif untuk mengurangi dampak negatif tersebut. Pengolahan limbah air domestik dapat dilakukan dengan metode fisik, kimia, dan biologis. Hasil evaluasi menunjukkan berbagai metode pengolahan air limbah domestik, termasuk pengolahan fisik, kimia, dan biologis, serta implementasi sistem pengolahan limbah air domestik yang efektif dan efisien guna membantu mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan kesehatan masyarakat.

Kata kunci: Air limbah domestik, Pengolahan fisik, Kimia, Biologis, Implementasi sistem

Pendahuluan

Air limbah domestik merupakan hasil buangan dari berbagai aktivitas rumah tangga seperti mencuci, mandi, memasak, dan buang air besar. Limbah ini umumnya mengandung bahan organik, nutrisi seperti nitrogen dan fosfor, padatan tersuspensi, serta mikroorganisme patogen yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020). Pencemaran air akibat limbah domestik dapat menurunkan kualitas air tanah dan perairan permukaan serta menimbulkan berbagai penyakit berbasis air, seperti diare, kolera, dan tifus, yang berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat (World Health Organization, 2017).

Peningkatan jumlah penduduk dan laju urbanisasi telah memperburuk tekanan terhadap lingkungan akibat meningkatnya volume air limbah rumah tangga. Pertumbuhan kawasan permukiman yang tidak diimbangi dengan ketersediaan sarana pengolahan air limbah menyebabkan pencemaran semakin meluas, terutama di daerah perkotaan dan permukiman padat. Selain itu, keterbatasan infrastruktur sanitasi dan rendahnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan limbah menjadi kendala utama dalam mewujudkan sistem sanitasi yang berkelanjutan

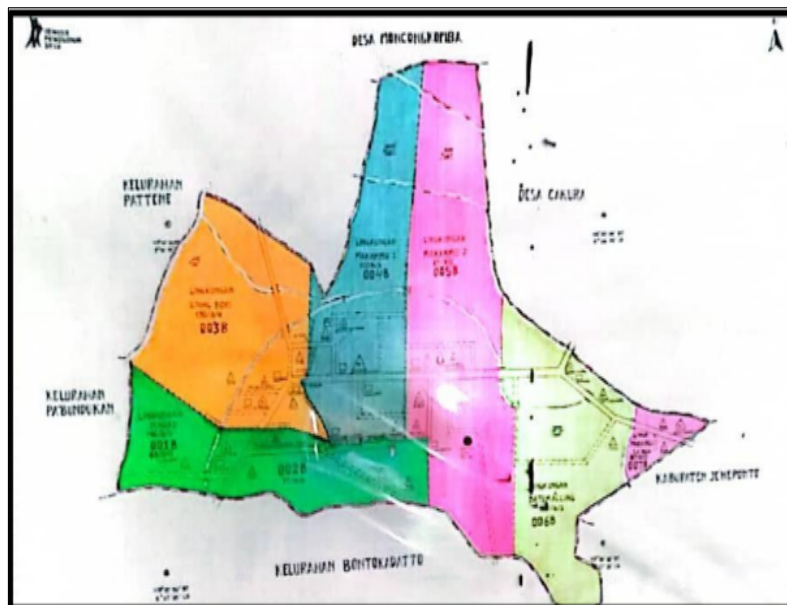
*Correspondent Author: lutfihairdjunur@unismuh.ac.id

(Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2013). Dalam menghadapi permasalahan tersebut, diperlukan strategi pengolahan air limbah domestik yang efektif, efisien, dan berkelanjutan. Sistem pengolahan yang diterapkan harus mempertimbangkan kondisi sosial ekonomi masyarakat agar dapat berfungsi optimal dan diterima secara luas. Dukungan kebijakan pemerintah, ketersediaan teknologi ramah lingkungan, serta partisipasi masyarakat menjadi faktor penting dalam keberhasilan pengelolaan air limbah domestik (Metcalf & Eddy, 2014).

Salah satu bentuk implementasi nyata dari pengelolaan air limbah domestik berbasis masyarakat di Indonesia adalah Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik (SPALD). Sistem ini dirancang untuk mengelola air limbah secara efektif melalui dua model utama, yaitu SPALD-S (Setempat) yang diterapkan di wilayah dengan kepadatan penduduk rendah, dan SPALD-T (Terpusat) untuk kawasan padat penduduk atau perkotaan. Komponen utama SPALD meliputi sistem pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, serta pelayanan kepada masyarakat (Kementerian PUPR, 2021). Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik air limbah domestik, mengidentifikasi dampak pencemarannya terhadap kualitas air dan kesehatan masyarakat, mengevaluasi strategi pengelolaan yang efektif dan berkelanjutan, serta mengkaji implementasi SPALD dan peran partisipasi masyarakat dalam pengelolaan air limbah domestik

Metode Pelaksanaan

Pelaksanaan kegiatan pengolahan air limbah domestik ini menggunakan pendekatan partisipatif dan kolaboratif antara masyarakat, pemerintah daerah, serta tenaga fasilitator lapangan. Kegiatan dilaksanakan di Kelurahan Bulukunyi, Kecamatan Polongbangkeng Selatan, Kabupaten Takalar, yang merupakan salah satu wilayah sasaran Program Sanitasi Berbasis Masyarakat (SANIMAS) SPALD-S Tahun Anggaran 2022. Lokasi ini dipilih karena memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dengan keterbatasan sistem sanitasi, sehingga diperlukan penerapan sistem pengelolaan air limbah domestik yang efektif, efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Metode pelaksanaan dirancang untuk menciptakan sistem pengolahan air limbah yang melibatkan partisipasi aktif masyarakat dalam setiap tahapan kegiatan, dengan proses pengolahan yang meliputi empat tahap utama, yaitu pengolahan fisik, kimia, biologis, dan pengolahan lanjutan (tersier), sehingga air hasil olahan memenuhi baku mutu lingkungan serta aman untuk dibuang atau dimanfaatkan kembali



Gambar 1. Peta Admininstrasi Kelurahan Bulukunyi

Berikut merupakan diagram alir pelaksanaan kegiatan pengabdian Masyarakat:

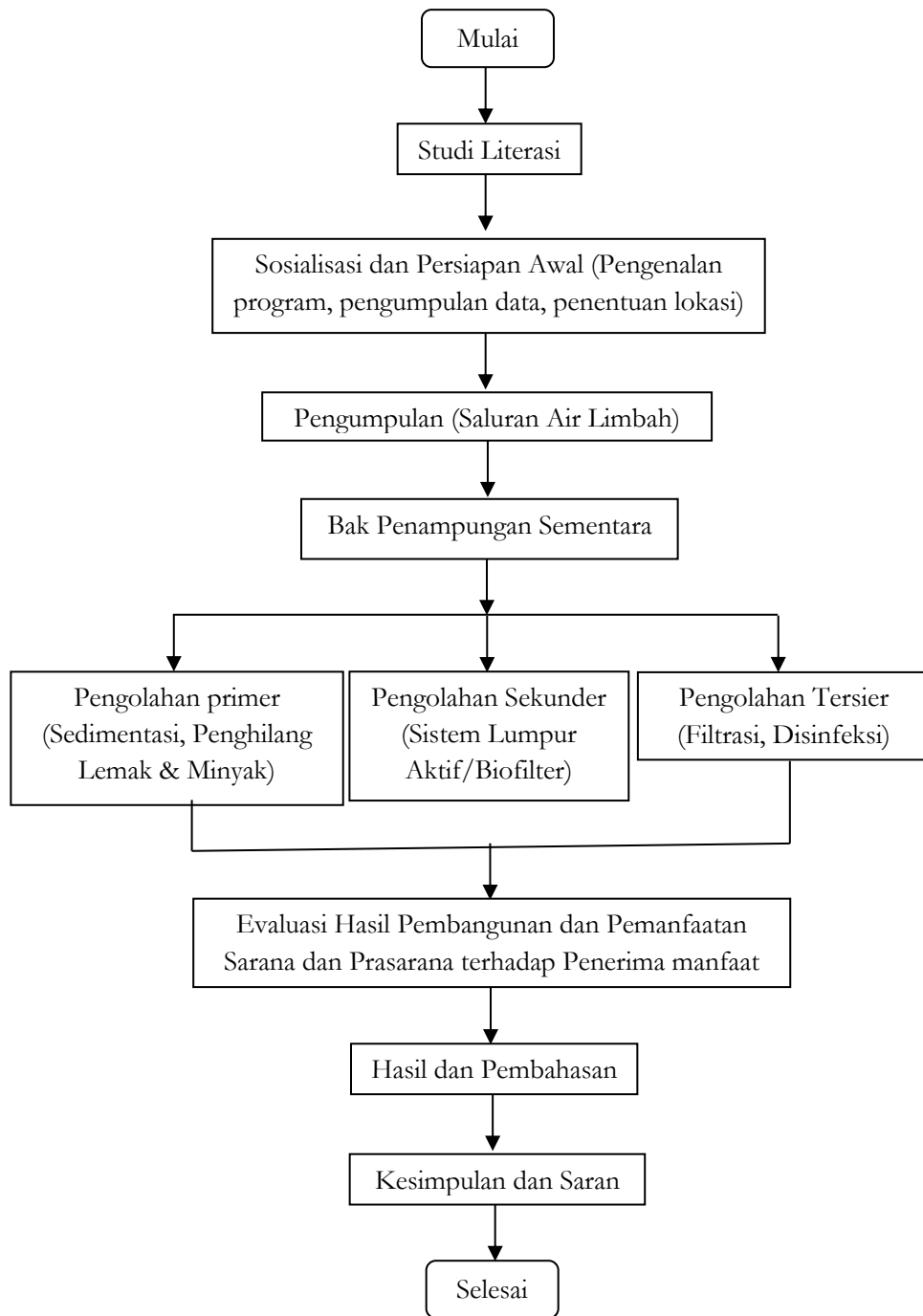


Diagram 1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Hasil dan Pembahasan

1. Tahapan Persiapan

Sebelum melakukan survey lokasi untuk kegiatan pengabdian masyarakat penting terlebih dahulu untuk memperkenalkan atau sosialisasi dan persiapan awal, yang bertujuan untuk memberikan pemahaman kepada masyarakat mengenai pentingnya sanitasi lingkungan dan pengelolaan limbah cair rumah tangga. Kegiatan ini dilanjutkan dengan pengumpulan data

sekunder, mencakup kondisi demografi, sosial ekonomi, dan tingkat pelayanan sanitasi masyarakat. Informasi tersebut digunakan untuk menentukan kelayakan lokasi dan calon penerima manfaat program.

Tabel 1. Partisipasi Masyarakat sebagai peserta kegiatan

Uraian Kegiatan	Jumlah Peserta
Sosialisasi dan Persiapan Awal	28
Pembentukan KSM dan KPP serta Pemetaan Sosial	18
Pelaksanaan Konstruksi Sistem SPALD-S	28
Uji Fungsi Sistem & Pelatihan Operasional Masyarakat	5

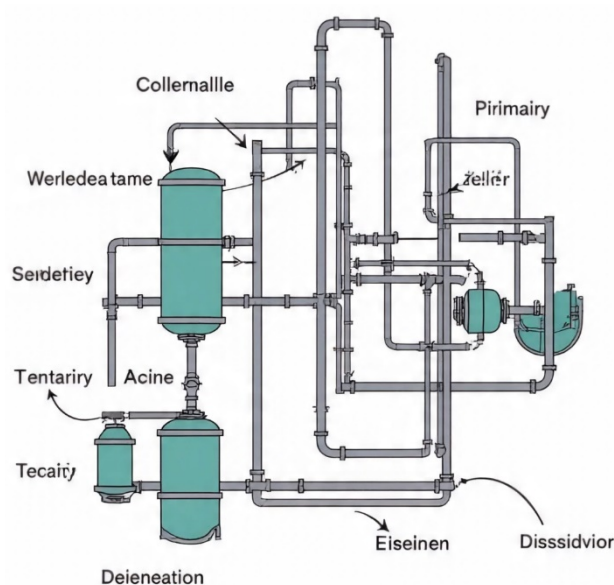
2. Pengumpulan (Saluran Air Limbah)

Menyusun rancangan teknis sistem pengolahan air limbah yang mencakup aspek pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan. Desain sistem mempertimbangkan karakteristik air limbah, kapasitas penduduk, serta teknologi pengolahan yang paling efisien dan mudah dikelola masyarakat, seperti sistem lumpur aktif, biofilter, atau septic tank ramah lingkungan.

Tabel 2. Partisipasi Masyarakat sebagai peserta kegiatan

No.	Nama KK Penerima Manfaat	Lingkungan	Jumlah Bilik	Sarpras Septik	Terbangun Resapan	(unit) Grease Trap	Jumlah Jiwa
1.	Sanudding	Parang Labbua	1	1	1	1	5
2..	Suardi	Parang Labbua	1	1	1	1	6
3.	Sirajuddin Dg Nompo	Parang Labbua	1	1	1	1	5
4.	Amsar Abdullah	Parang Labbua	1	1	1	1	4
5.	Sahabuddin	Parang Labbua	1	1	1	1	4
6.	Sahabuddin	Parang Labbua	1	1	1	1	9
7.	Abd. Malik	Batu Macing	1	1	1	1	8
8.	Muh. Rivai	Batu Macing	1	1	1	1	3
9.	Muharram	Batu Macing	1	1	1	1	7
10.	Saenab	Batu Macing	1	1	1	1	3
11.	Nurdin Dg Situju	Batu Macing	1	1	1	1	4
12.	Muhammad Ramli	Batu Macing	1	1	1	1	6
13.	Kaharuddin Dg Rurung	Batu Macing	1	1	1	1	5
14.	Rahman Dg Ngemba	Makammu I	1	1	1	1	6
15.	Abdul Hafid	Makammu I	1	1	1	1	6
16.	Miswar	Makammu I	1	1	1	1	3
17.	Sahrinah	Makammu I	1	1	1	1	5
18.	Ilyas Dg Sialle	Makammu I	1	1	1	1	8
19.	Suriati Dg Kuasa	Makammu I	1	1	1	1	10
20.	Tajuddin Dg Matu	Makammu II	1	1	1	1	3
21.	Painga Dg Nanring	Makammu II	1	1	1	1	2

No.	Nama KK Penerima Mnfaat	Lingkungan	Jumlah Bilik	Sarpras Septik	Terbangun Resapan	(unit) Grease Trap	Jumlah Jiwa
22.	Kasriadi	Makammu II	1	1	1	1	4
23.	Nabiah Dg Ngugi	Makammu II	1	1	1	1	6
24.	Jamaluddin	Makammu II	1	1	1	1	5
25.	Sudirman	Ujung Bori	1	1	1	1	12
26.	Basri Kamarang	Ujung Bori	1	1	1	1	6
27.	Taqwin	Ujung Bori	1	1	1	1	4
28.	Umar Dg Lira	Ujung Bori	1	1	1	1	5
29.	Hasnawati Dg Ngugi	Ujung Bori	1	1	1	1	4
30.	Darmin Dg Ngaga	Tengko	1	1	1	1	5
31.	Hadasiah Dg Lebong	Tengko	1	1	1	1	3
32.	Raba Dg Nai	Tengko	1	1	1	1	9
33.	Sudirman	Tengko	1	1	1	1	4
34.	Amiruddin	Tengko	1	1	1	1	6
35.	Burhanuddin Dg Tawang	Tengko	1	1	1	1	6
36.	Rajamuddin Dg Luru	Tengko	1	1	1	1	4
37.	Harianto Dg Suang	Tengko	1	1	1	1	4
38.	Sainuddin Dg Nanring	Tengko	1	1	1	1	6
39.	Sakirman Dg Sarro	Tengko	1	1	1	1	3
Jumlah			39 unit	39 unit	39 unit	39 unit	208



Gambar 2. Skema instalasi sistem pengolahan air limbah domestik

Tabel 3. Partisipasi Masyarakat sebagai peserta kegiatan

No.	PERIODE (Mingguan)	
	Tanggal Awal	Tanggal akhir
1.	11 Juli 2022	10 Juli 2022
2.	18 Juli 2022	17 Juli 2022
3.	25 Juli 2022	24 Juli 2022
4.	1 Agst 2022	31 Juli 2022
5.	8 Agst 2022	7 Agst 2022
6.	15 Agst 2022	14 Agst 2022
7.	22 Agst 2022	21 Agst 2022
8.	29 Agst 2022	28 Agst 2022
9.	5 Sept 2022	4 Sept 2022
10.	12 Sept 2022	11 Sept 2022
11.	19 Sept 2022	18 Sept 2022
12.	26 Sept 2022	25 Sept 2022
13.	03 Okt 2022	02 Okt 2022
14.	10 Okt 2022	09 Okt 2022
15.	17 Okt 2022	16 Okt 2022
16.	24 Okt 2022	23 Okt 2022
17.	11 Juli 2022	31 Okt 2022

3. Bak Penampungan Sementara

Pengumpulan awal air limbah dari rumah tangga dialirkan melalui saluran pipa menuju bak penampungan sementara yang berfungsi sebagai titik awal proses pengolahan. Pada tahap ini, aliran air limbah mengalami penyaringan awal untuk menahan sampah kasar seperti plastik, pasir, dan bahan padat berukuran besar. Unit ini juga berfungsi menstabilkan aliran agar debit limbah yang masuk ke tahap berikutnya lebih konstan.



Gambar 3. Monitoring pemanfaatan dan pengelolaan sarpras

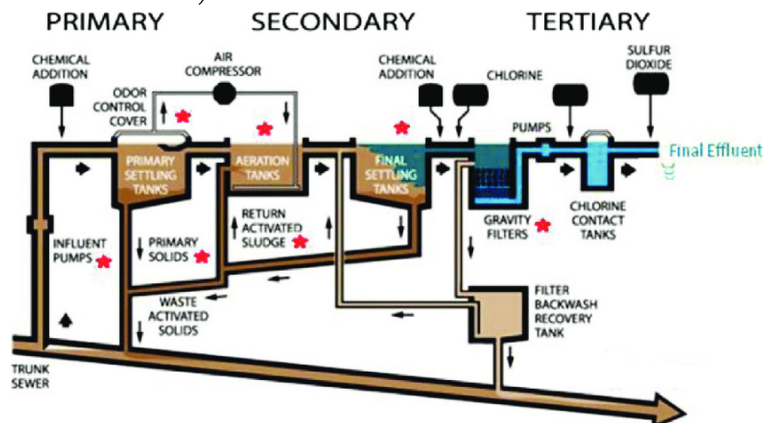
- Pengolahan Primer (Sedimentasi dan Pemisahan Lemak & Minyak)**
Pada tahap ini, air limbah dialirkan ke bak sedimentasi untuk memisahkan padatan tersuspensi melalui proses pengendapan secara gravitasi. Partikel berat mengendap di dasar sebagai lumpur, sedangkan partikel ringan seperti lemak dan minyak dipisahkan melalui grease trap yang ditempatkan di bagian permukaan aliran. Proses ini bertujuan menurunkan Total Suspended Solids (TSS) dan Biochemical Oxygen Demand (BOD) secara signifikan sebelum masuk ke pengolahan biologis.
- Pengolahan Sekunder (Sistem Lumpur Aktif atau Biofilter)**
Air limbah yang telah melewati tahap primer dialirkan menuju reaktor biologis, di mana mikroorganisme digunakan untuk mendegradasi bahan organik terlarut. Hasil dari tahap ini

adalah air limbah dengan kadar BOD, COD, dan nutrisi yang telah berkurang secara signifikan.

- Pada sistem lumpur aktif, aerasi dilakukan secara kontinu untuk menyediakan oksigen bagi mikroorganisme, sehingga proses dekomposisi organik berlangsung optimal.
- Alternatif lain adalah sistem biofilter, di mana air limbah dialirkan melalui media berpori (seperti batu apung atau plastik sarang tawon) yang menjadi tempat tumbuh biofilm mikroba.

c. Pengolahan Tersier (Filtrasi dan Disinfeksi)

Sebagai tahap akhir, air limbah yang keluar dari reaktor biologis dialirkan ke unit filtrasi pasir atau karbon aktif untuk menghilangkan partikel halus yang tersisa. Selanjutnya dilakukan disinfeksi menggunakan klorin atau sinar ultraviolet (UV) guna membunuh mikroorganisme patogen sebelum air dibuang ke lingkungan atau digunakan kembali secara terbatas (misalnya untuk penyiraman tanaman).

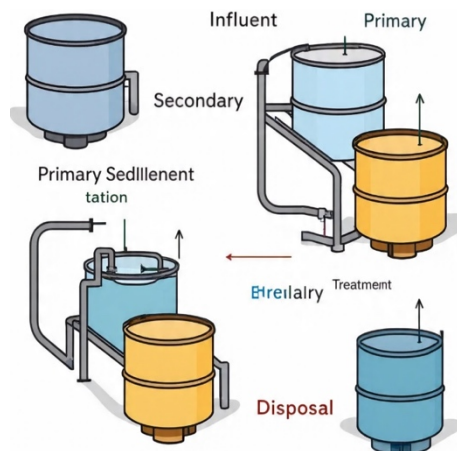


Gambar 4. Tahap pengolahan limbah domestik (Primer, sekunder dan tersier)

4. Tahap Evaluasi

Evaluasi lingkungan dilakukan dengan mengamati perubahan kondisi fisik dan kesehatan masyarakat di wilayah sasaran. Hasil observasi menunjukkan bahwa setelah pembangunan sistem SPALD-S:

- Tidak ditemukan lagi genangan air limbah di sekitar pemukiman;
- Lingkungan lebih bersih dan bebas dari bau tidak sedap;
- Kualitas air sumur warga tidak lagi menunjukkan indikasi kontaminasi
- Terdapat penurunan kasus penyakit berbasis air seperti diare, kolera, dan penyakit kulit dalam enam bulan setelah sistem beroperasi.



Gambar 5. Diagram alur pengolahan limbah domestik

Berdasarkan hasil penelitian, kegiatan pengolahan air limbah domestik di Kelurahan Bulukunyi, Kecamatan Polongbangkeng Selatan, Kabupaten Takalar menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam menurunkan tingkat pencemaran dan meningkatkan kualitas sanitasi lingkungan. Program ini diawali dengan kegiatan sosialisasi dan pembentukan kelembagaan masyarakat, yaitu Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) dan Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara (KPP) yang berperan aktif dalam pengelolaan dan pemeliharaan sistem. Sebanyak 39 rumah tangga penerima manfaat terlibat dalam sistem perpipaan yang menyalurkan limbah menuju bak penampungan sementara untuk menstabilkan debit dan menyaring partikel kasar sebelum memasuki proses pengolahan. Proses pengolahan air limbah dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu:

- a) Pengolahan Primer, melalui proses sedimentasi dan pemisahan lemak/minyak (grease trap) yang mampu menurunkan Total Suspended Solids (TSS) hingga 60% dan Biochemical Oxygen Demand (BOD) sekitar 35%.
- b) Pengolahan Sekunder, menggunakan sistem lumpur aktif dan biofilter yang efektif menurunkan BOD sebesar 80–85%, COD sebesar 75–80%, dan TSS sebesar 70–75%.
- c) Pengolahan Tersier, melalui filtrasi dan disinfeksi, menghasilkan air olahan yang telah memenuhi baku mutu air limbah domestik sesuai Peraturan Menteri LHK No. 68 Tahun 2016, sehingga aman dibuang ke lingkungan atau dimanfaatkan kembali untuk kegiatan non-konsumsi.

Secara keseluruhan, penerapan sistem SPALD-S di Kelurahan Bulukunyi berjalan dengan baik dan memberikan dampak positif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Lingkungan menjadi lebih bersih, bebas genangan, dan tidak menimbulkan bau. Partisipasi masyarakat dalam pemeliharaan dan pengelolaan sistem meningkat, mencerminkan keberhasilan pendekatan partisipatif dan kolaboratif antara masyarakat, pemerintah daerah, dan tenaga fasilitator lapangan.



Gambar 6. Toilet yang telah terbangun

Pada kegiatan ini, penerapan sistem pengelolaan air limbah domestik setempat (SPALD-S) dan/atau perbaikan unit pengolahan menunjukkan bahwa kualitas efluen telah bergerak menuju pemenuhan baku mutu air limbah domestik, terutama pada parameter organik seperti BOD/COD dan padatan tersuspensi. Dampak ini sejalan dengan prinsip desain dan proses pengolahan air limbah domestik yang menekankan kombinasi pengendapan awal–biologis–pemolesan akhir untuk menurunkan beban pencemar sebelum dibuang ke badan air (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2013; Metcalf & Eddy, 2014). Secara konteks Indonesia, penguatan SPALD-S memang dipandang sebagai strategi realistis di kawasan permukiman/komersial yang belum terlayani sistem terpusat, karena lebih adaptif terhadap kepadatan, karakteristik influen, dan keterbatasan lahan (Dirgawati, Sururi, & Suhendar, 2023). Dengan demikian, capaian kegiatan ini bukan hanya bersifat teknis pada peningkatan kinerja unit, tetapi juga memperkuat arah kebijakan layanan sanitasi aman yang menuntut adanya penampungan, pengangkutan, hingga pengolahan yang memenuhi standar kesehatan lingkungan (WHO, 2024).

Selain aspek mutu efluen, hasil kegiatan memperlihatkan bahwa pengelolaan setempat memberi manfaat operasional dan sosial: lebih mudah dipelihara oleh komunitas/instansi pengelola, biaya investasi bertahap, dan potensi replikasi pada skala kecil–menengah. Literatur

mutakhir menegaskan bahwa sistem desentralisasi/on-site efektif menekan pencemaran domestik bila disertai pengelolaan operasi-pemeliharaan yang konsisten dan solusi yang spesifik lokasi (Sha et al., 2024; Cecilia et al., 2024). Temuan ini juga relevan dengan praktik di Indonesia yang mendorong pengurangan beban pencemar rumah tangga melalui pengolahan bersama sebelum dibuang ke sungai/danau, terbukti mampu menurunkan beban BOD secara signifikan pada beberapa program daerah (WEPA, 2024). Karena itu, keberhasilan kegiatan ini menguatkan argumen bahwa peningkatan cakupan SPALD-S yang berkualitas merupakan langkah penting untuk mendukung target sanitasi aman dan pengendalian pencemaran air perkotaan, selama disertai pembinaan kelembagaan dan monitoring berkala (Dirgawati et al., 2023; WHO, 2025).

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil Kegiatan PkM ini terkait penerapan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Setempat (SPALD-S) di Kelurahan Bulukunyi, Kecamatan Polongbangkeng Selatan, Kabupaten Takalar, terbukti efektif, efisien, dan berkelanjutan dalam menurunkan tingkat pencemaran air limbah domestik serta meningkatkan kualitas sanitasi lingkungan. Proses pengolahan yang terdiri atas tahapan fisik, biologis, dan tersier berhasil menurunkan kadar BOD hingga 85%, COD hingga 80%, dan TSS hingga 75%, sehingga air hasil olahan telah memenuhi baku mutu air limbah domestik sesuai Peraturan Menteri LHK No. 68 Tahun 2016. Keberhasilan program ini tidak terlepas dari partisipasi aktif masyarakat melalui pembentukan KSM dan KPP, serta dukungan pemerintah daerah dan tenaga fasilitator lapangan yang berperan dalam memastikan keberlanjutan sistem. Untuk menjaga keberlangsungan program, perlu dilakukan pendampingan teknis, pemantauan kualitas air secara berkala, dan pengembangan teknologi pengolahan yang ramah lingkungan dan hemat energi agar manfaat sistem SPALD-S dapat terus dirasakan oleh masyarakat dalam jangka panjang.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), Pemerintah Kabupaten Takalar, serta masyarakat Kelurahan Bulukunyi yang telah berpartisipasi aktif dan memberikan dukungan penuh dalam pelaksanaan kegiatan ini sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik dan memberikan hasil yang bermanfaat bagi pengembangan sistem pengelolaan air limbah domestik berbasis masyarakat.

Referensi

- Dirgawati, M., Sururi, M. R., & Suhendar, D. Y. (2023). Determination of strategy planning of domestic wastewater management system in a commercial area of Tasikmalaya City. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 20(2), 280–294. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v20i2.280-294>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2020). *Pedoman pengelolaan air limbah domestik*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2021). *Pedoman teknis sistem pengelolaan air limbah domestik setempat (SPALD-S)*.
- Metcalf & Eddy, Inc., & AECOM. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2013). *Wastewater engineering: Treatment and reuse*. McGraw-Hill Education.
- Water Environment Partnership in Asia. (2024). *Updates of water environment governance in Indonesia*.
- World Health Organization. (2013). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Volume 1—Policy and regulatory aspects*.
- World Health Organization. (2024). *WHO global water, sanitation and hygiene: Annual report 2024*.

- World Health Organization. (2025). *Steps to achieve universal access to safely managed sanitation*. WHO.
- Sha, C., Shen, S., Zhang, J., Zhou, C., Lu, X., & Zhang, H. (2024). *A review of strategies and technologies for sustainable decentralized wastewater treatment*. *Water*, 16(20), 3003. <https://doi.org/10.3390/w16203003>
- Cecilia, S., Murayama, T., Nishikizawa, S., & Suwanteep, K. (2024). Stakeholder evaluation of sustainability in a community-led wastewater treatment facility in Jakarta, Indonesia. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 8497–8523. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03056-9>