

# Kajian Sistematis Identifikasi Permasalahan Utama Dalam Pengolahan Setempat Limbah Cair *Black Water* Pada Negara Berkembang Berdasarkan *Shit Flow Diagram*

Nur Faizeh, Nopa Dwi Maulidiany\*

Program Studi Teknik Lingkungan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Indonesia, Jawa Barat

\*Koresponden email: nd.maulidiany@ui.ac.id

Diterima: 11 Mei 2026

Disetujui: 20 Mei 2026

## Abstract

Approximately 40% of the global population, particularly those living in rural areas, still lack access to basic sanitation services. On-site sanitation systems are more commonly applied in rural settings because they are considered more affordable and easier to implement than centralized (off-site) systems. However, the effectiveness of on-site systems is highly dependent on the performance of each service chain component, including containment, emptying, transport, and treatment. Failure in any of these stages can lead to leakage and environmental contamination. The Shit Flow Diagram (SFD) serves as an effective visual tool to map sanitation infrastructure conditions and identify critical issues throughout the sanitation service chain, from the source to final disposal. This study employs a systematic review approach using the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) method to identify and analyze key challenges in on-site black water management in developing countries based on the SFD framework. The findings reveal that the problems are multidimensional, encompassing technical, operational, financial, institutional, and socio-cultural aspects across all stages of the sanitation chain.

**Keywords:** sanitation, fecal sludge management, shit flow diagram, developing countries

## Abstrak

Sekitar 40% populasi dunia, terutama di wilayah pedesaan, masih belum memiliki akses terhadap layanan sanitasi dasar yang layak. Sistem pengelolaan air limbah setempat (*onsite sanitation system*) lebih banyak diterapkan di daerah pedesaan karena dinilai lebih ekonomis dan mudah diimplementasikan dibandingkan sistem terpusat (*offsite*). Namun, efektivitas sistem onsite sangat dipengaruhi oleh kondisi komponen rantai layanannya, meliputi penampungan (*containment*), pengurasan (*emptying*), pengangkutan lumpur tinja (*transport*), serta fasilitas pengolahan (*treatment*). Kegagalan pada salah satu tahapan tersebut dapat mengakibatkan kebocoran dan pencemaran lingkungan. *Shit Flow Diagram* (SFD) merupakan instrumen visual yang efektif untuk memetakan kondisi infrastruktur sanitasi serta mengidentifikasi titik kritis dalam rantai pengelolaan limbah, mulai dari sumber hingga pembuangan akhir. Penelitian ini menggunakan pendekatan tinjauan sistematis dengan metode *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) untuk mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan utama dalam pengelolaan limbah cair black water setempat di negara berkembang berdasarkan kerangka SFD. Hasil kajian menunjukkan bahwa permasalahan yang dihadapi bersifat multidimensional, meliputi aspek teknis, operasional, finansial, kelembagaan, serta sosial-budaya di setiap tahapan rantai sanitasi.

**Kata Kunci:** sanitasi, pengelolaan lumpur tinja, diagram alir tinja, negara berkembang

## 1. Pendahuluan

Akses sanitasi dan air bersih adalah hak asasi manusia yang paling mendasar [1]. Sanitasi yang aman merupakan salah satu fondasi utama dalam pembangunan kesehatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan. Akan tetapi, berdasarkan laporan program gabungan antara UNICEF dan WHO sekitar 17% dari populasi dunia tidak memiliki akses terhadap sumber daya air, sementara hampir 40%, khususnya di daerah pedesaan, menderita kekurangan layanan sanitasi dasar [2]. Perserikatan Bangsa-Bangsa mengungkapkan komitmennya melalui upaya global pada Program *Sustainable Development Goals* (SDGs) tahun 2030 yang dimana salah satu tujuan pada tujuan ke 6-nya adalah menjamin ketersediaan air bersih dan sanitasi yang layak dan berkelanjutan untuk semua, dengan cara mencapai akses sanitasi dan kebersihan yang memadai dan merata untuk global, mengakhiri buang air besar sembarangan, serta menjaga kualitas air permukaan sebagai air baku.

Pada negara berkembang sanitasi menjadi masalah penting karena pertumbuhan populasi yang lebih banyak sehingga proporsi air limbah yang dihasilkan jauh lebih tinggi daripada proporsi air limbah yang dapat diolah secara memadai. Sistem sanitasi yang unggul menjadi semakin penting karena tingginya tekanan terhadap infrastruktur dan pelayanan publik. Dalam mencapai tujuan SDG's tersebut penelitian selama dekade terakhir mengamati bahwa dibutuhkan solusi dalam pengolahan limbah cair domestik terutama yang berasal dari kloset yang dikenal sebagai *black water* dengan peningkatan teknologi sanitasi secara besar-besaran terutama di sistem setempat (*onsite*). Selain itu, dibutuhkan penyediaan layanan pengelolaan lumpur tinja untuk 1,8 miliar orang di negara berkembang untuk mengelola limbah toilet yang terhubung dengan sistem sanitasi setempat dalam mengurangi buang air besar sembarangan [3].

Limbah *black water* mengandung banyak patogen dan senyawa organik yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak ditangani secara benar. Pengelolaan limbah cair black water pada negara berkembang lebih didominasi dengan sistem pengelolaan setempat dibandingkan sistem perpipaan atau terpusat (*offsite*). Hal tersebut dikarenakan sistem pengolahan setempat dianggap lebih murah dan mudah diimplementasikan [4]. Namun, banyak penelitian menunjukkan bahwa efektivitas sistem pengolahan setempat sangat dipengaruhi oleh kualitas penampungan (*containment*), frekuensi pengurasan (*emptying*), pengangkutan lumpur tinja (*transport*), serta keberfungsian fasilitas pengolahan (*treatment*). Jika terdapat satu kelemahan saja pada salah satu tahap maka dapat menyebabkan ekskreta masuk dan mencemari lingkungan [5].

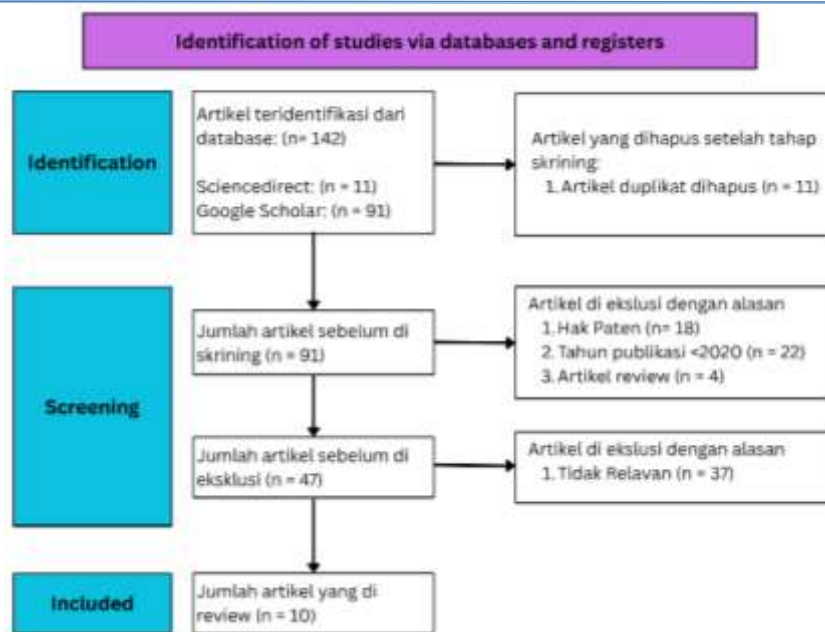
*Shit Flow Diagrams* (SFD) merupakan suatu instrument yang dapat memvisualisasikan sistem sanitasi sehingga dapat memetakan kondisi pembangunan infrastruktur sanitasi. SFD menyajikan status seluruh rantai layanan sanitasi dalam satu grafik yang mudah dipahami oleh audiens teknis maupun non-teknis, di mana analisisnya berfokus pada rantai sanitasi untuk memastikan aliran kotoran yang aman. Rantai pertama yaitu penilaian sistem penampungan dan sejauh mana kotoran tersebut di tampung dengan aman di titik produksi, kemudian dilakukannya penilaian bagaimana kotoran mengalir dari titik produksi ke jaringan pipa (pembuangan limbah) atau non pipa (truk pengangkutan) sampai ke titik pengolahan terakhir atau pembuangan [6]. Selain itu SFD dapat membantu identifikasi masalah yang terjadi dimana grafik SFD memberikan syarat visual langsung letak kegagalan sistem pengolahan yang mungkin terjadi sehingga dapat dijadikan evaluasi untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang terjadi pada rantai sanitasi.

Oleh karena itu, penting untuk melakukan kajian komprehensif untuk mengidentifikasi permasalahan utama dalam pengolahan setempat limbah cair black water berdasarkan pendekatan SFD. Dengan mengkaji titik-titik kritis pada rantai sanitasi dari berbagai konteks di negara berkembang, hasil kajian diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategis untuk peningkatan sanitasi yang inklusif, berkelanjutan.

## 2. Metode Studi Literatur

Pada penulisan artikel *review* ini metode yang digunakan adalah *systematic literature review* yang merupakan metode dalam mengidentifikasi, menilai, atau menjelaskan semua Penelitian yang berhubungan dengan topik tertentu. Metode tersebut dilakukan dengan mengidentifikasi kata kunci, menyeleksi dokumen, dan menilai atau memilih Penelitian yang relevan sesuai dengan fokus pembahasan. Metode seleksi artikel dilakukan dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi yang digunakan yaitu artikel yang terbit pada tahun 2020- 2025 baik artikel nasional maupun internasional yang berasal dari Science Direct dan Google Scholar. Artikel yang terpilih merupakan hak paten dan membahas tentang pengolahan limbah cair Black Water berdasarkan *Shit Flow Diagram*. Kriteria eklusi yang ditetapkan antara lain artikel yang membahas gambaran proses pengolahan limbah cair secara umum, artikel review lainnya dan artikel yang publikasinya di bawah tahun 2020.

Review artikel ini akan memaparkan data Penelitian untuk dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasikan permasalahan utama dalam pengelolaan limbah cair black water berbasis sistem pengolahan setempat di berbagai negara menggunakan pendekatan SFD, sehingga dapat membandingkan efektivitas sistem sanitasi setempat pada tahapan *containment*, *emptying*, *transport*, dan *treatment* berdasarkan hasil studi kasus dan pada akhirnya mendapatkan faktor yang mempengaruhi pengolahan tersebut seperti faktor teknis, institusional, sosial, dan ekonomi yang menjadi penyebab dominan kegagalan pengelolaan sanitasi onsite. Pencarian artikel menggunakan skema PRISMA Checklist 2020 seperti berikut ini:



Gambar 1: Diagram alir Proses Seleksi Literatur Berdasarkan PRISMA

### 3. Hasil dan Pembahasan

Limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga, perumahan, rumah susun, apartemen, perkantoran, rumah sakit, mall, pasar, swalayan, hotel, industri, sekolah baik berupa *grey water* ataupun air limbah toilet *black water*. *Black water* merupakan limbah kakus yang biasanya berasal dari kotoran manusia seperti urin dan tinja, sedangkan *grey water* merupakan limbah non kakus yang berasal dari dapur, air bekas cucian, dan air mandi [7]. Karakteristik umum dari *grey water* yaitu banyak mengandung unsur nitrogen dan fosfat yang berasal dari penggunaan deterjen, shampoo, pewangi, dan bahan kimia lainnya [8].

Tinjauan literatur ini berfokus pada pengolahan setempat limbah cair *black water* (limbah cair tinja) dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan utama yang menghambat pengelolaan *black water* secara setempat di negara-negara berkembang, dengan mengacu pada kerangka SFD. SFD atau diagram aliran ekskreta merupakan sebuah inovasi penting dalam bidang sanitasi yaitu sebagai alat visual yang efektif untuk memetakan aliran tinja dari sumber hingga pembuangan akhir, memungkinkan identifikasi titik-titik kebocoran dan tantangan dalam sistem sanitasi. Selain itu, SFD dapat menunjukkan bagaimana kotoran manusia (feses) bergerak atau dikelola dari sumbernya (toilet) hingga pembuangan akhir, dan seberapa banyak yang dikelola dengan aman atau tidak. SFD tidak hanya mengidentifikasi apakah ekskreta telah dikelola dengan aman, tetapi juga memberikan gambaran jelas mengenai fungsionalitas setiap komponen layanan sanitasi, menyajikan representasi visual dari seluruh rantai layanan sanitasi dalam satu diagram [9]. Analisis yang dilakukan dalam pembuatan SFD yaitu menggunakan rantai sanitasi agar dapat memastikan aliran kotoran. Rantai pertama yaitu penilaian pada sistem penampungan (*containment*) dan sejauh mana kotoran tersebut di tampung dengan aman di titik produksi, kemudian penyedotan (*emptying*), Pengangkutan (*transport*) dan rantai terakhir yaitu pengolahan (*treatment*) [10].

Berdasarkan analisis komprehensif terhadap data dari berbagai studi kasus yang terangkum dalam tabel, ditemukan bahwa permasalahan dalam pengelolaan blackwater di negara berkembang bersifat multidimensional, melibatkan aspek teknis, operasional, finansial, kelembagaan, dan sosial-budaya. Pembahasan ini akan menguraikan permasalahan yang teridentifikasi pada setiap tahapan rantai sanitasi yang digunakan pada grafik SFD (penampungan, pengosongan, pengangkutan, dan pengolahan), serta membahas isu-isu lintas sektoral yang memengaruhi keberhasilan keseluruhan sistem.

**Tabel 1.** Identifikasi Tantangan Pengelolaan Lumpur Tinja Pada Negara Berkembang Berdasarkan Studi Literatur

| Penulis | Lokasi                          | Penampungan<br>(Containment)                                                                                                                                                                           | Pengosongan<br>(Emptying)                                                                                                                                                                                                                        | Pengangkutan<br>(Transport)                                                                                                                                           | Pengolahan<br>(Treatment)                                                                                                                                                                             |
|---------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [11]    | Kombolcha, Ethiopia             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem penampungan tidak dilapisi</li> </ul>                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Keterbatasan kendaraan dan akses layanan</li> <li>Biaya layanan tinggi</li> <li>Kurangnya frekuensi dan ketepatan waktu pengosongan</li> <li>Teknologi toilet yang tidak mendukung pengosongan</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pembuangan Ilegal ke Lingkungan</li> <li>Jarak dan Akses Fasilitas ke IPLT</li> </ul>                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Alat pengolahan tidak berfungsi</li> <li>Kurangnya pemeliharaan sistem pengolahan</li> </ul>                                                                   |
| [12]    | Noakhali Pourashava, Bangladesh | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tangki septik langsung mengalir ke saluran terbuka</li> <li>BABS</li> <li>Tidak ada Kebijakan khusus mengenai manajemen lumpur tinja</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Keterbatasan armada dan akses layanan</li> <li>Penyedotan Ilegal</li> <li>Keterbatasan Kendaraan</li> </ul>                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pembuangan Ilegal ke Lingkungan</li> <li>Transportasi pengangkutan tidak ter-integrasi</li> <li>Lemahnya pengawasan</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fasilitas pengolahan tidak memadai sehingga lumpur tinja hanya ditampung tidak diolah</li> </ul>                                                               |
| [2]     | Kurdistan Region, Iraq          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem penampungan tidak dilapisi</li> <li>Dinding tangki septik semi permeable</li> <li>Desain toilet dan tangki septik tidak sesuai standar teknis</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Teknologi toilet yang tidak mendukung pengosongan</li> </ul>                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pembuangan Ilegal ke Lingkungan</li> <li>Transportasi pengangkutan tidak ter-integrasi</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kurangnya pemeliharaan sistem pengolahan</li> <li>Alat pengolahan tidak berfungsi</li> <li>Kekurangan pendanaan</li> <li>Tidak ada peraturan teknis</li> </ul> |
| [13]    | Filipina                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desain tangki septik tidak sesuai standar teknis</li> <li>Tidak terdapat pengawasan pembangunan tangki septik</li> <li>BABS</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Penyedotan dilakukan oleh pekerja informal yang tidak dilindungi hukum atau fasilitas kerja</li> <li>Layanan yang tidak merata</li> <li>Biaya layanan tinggi</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Daya tampung transpor minim</li> <li>Pembuangan Ilegal ke Lingkungan</li> </ul>                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Terbatasnya Kapasitas IPLT</li> <li>Lumpur tinja tidak diolah dengan benar</li> <li>Reuse sludge belum optimal</li> </ul>                                      |
| [14]    | Maharashtra, India              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desain tangki septik tidak sesuai standar teknis</li> <li>Toilet tidak terhubung ke sistem penampungan</li> </ul>                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Biaya layanan tinggi</li> <li>Tidak terdapat jadwal rutin pengurasan</li> <li>Kurangnya pengetahuan masyarakat</li> <li>Penyedotan dilakukan oleh pekerja informal tidak terlatih</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Transportasi pengangkutan tidak terintegrasi</li> <li>Pembuangan Ilegal ke Lingkungan</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fasilitas pengolahan tidak memadai</li> <li>Tidak terdapat sistem reuse yang aman</li> <li>Lumpur tinja dibuang tanpa pengolahan</li> </ul>                    |
| [15]    | Bandung, Indonesia              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desain tangki septik tidak sesuai standar teknis</li> <li>Kurangnya pengetahuan masyarakat</li> </ul>                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kurangnya sosialisasi terkait jadwal penyedotan (program LLTT)</li> <li>Penyedotan hanya dilakukan saat tangki septik penuh</li> </ul>                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Keterbatasan Kendaraan</li> <li>Daya tampung transpor minim</li> <li>Operator tidak patuh terhadap SOP pembuangan</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tidak terdapat IPLT</li> <li>Menggunakan WWTP sekaligus untuk IPLT</li> <li>Beban berlebih</li> </ul>                                                          |

| Penulis | Lokasi                                                                                                                                                                                                                     | Penampungan<br>(Containment)                                                                                                                                       | Pengosongan<br>(Emptying)                                                                                                                                                                                      | Pengangkutan<br>(Transport)                                                                                                                                                                                                 | Pengolahan<br>(Treatment)                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [16]    | Nepal                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desain toilet dan tangki septik tidak sesuai standar teknis</li> <li>Kurangnya pemantauan dan regulasi lokal</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tidak terdapat jadwal rutin pengurusan</li> <li>Kurangnya keterampilan operator</li> <li>Tidak ada sistem pelaporan dan pengawasan</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Keterbatasan Kendaraan</li> <li>Infrastruktur transportasi lumpur tinja sangat terbatas</li> <li>Biaya operasional tinggi</li> </ul>                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kapasitas IPAL tidak memadai</li> <li>Kurangnya efisiensi penghilang nutrient dan kontaminan baru</li> <li>Beberapa alat pengolahan tidak berfungsi</li> </ul>                                                                                                    |
| [5]     | Nkubu dan Meru, Kenya                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mayoritas menggunakan cubluk yang tidak aman</li> <li>Cubluk dekat sumber air dan di area genangan</li> <li>BABS</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Biaya layanan tinggi</li> <li>Tidak terdapat jadwal rutin pengurusan</li> <li>Keterbatasan akses</li> </ul>                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Jarak ke IPLT</li> <li>Pembuangan FS di pabrik pengolahan hanya diizinkan dua kali seminggu</li> </ul>                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Beberapa alat pengolahan tidak berfungsi</li> <li>Sebagian limbah dibuang ke lingkungan</li> </ul>                                                                                                                                                                |
| [4]     | Karachi, Lahore, dan Islamabad, Pakistan                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tangki septik dan cubluk tidak memenuhi standar teknis</li> <li>Tidak ada regulasi teknis nasional</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tidak terdapat jadwal rutin pengurusan</li> <li>Penyedotan dilakukan oleh pihak swasta tanpa izin</li> </ul>                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pembuangan ilegal ke Lingkungan</li> <li>Tidak ada lokasi pembuangan yang ditentukan</li> </ul>                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Keberadaan IPLT yang tidak merata</li> <li>Kapasitas pengolahan yang tidak memadai</li> </ul>                                                                                                                                                                     |
| [6]     | Asia: New Delhi, Dhaka, Khulna, Kochi, Hanoi, Nonthaburi, Danang<br>Afrika: Kampala, Dar es Salaam, Hawassa, Kumasi, Durban<br>Amerika Latin: Lima, Santa Cruz<br>Eropa Timur dan Asia Selatan lainnya: Kabul, Patna, Agra | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desain toilet dan tangki septik tidak sesuai standar teknis</li> </ul>                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Penyedotan manual (ilegal)</li> <li>Ketergantungan pada sektor informal yang tidak teregulasi</li> <li>Layanan yang tidak merata</li> <li>Keterbatasan akses</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pengangkutan yang tidak terorganisir</li> <li>Metode pengangkutan tidak sesuai SOP</li> <li>Pembuangan ilegal ke lingkungan</li> <li>Kurangnya infrastruktur transportasi</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kurangnya fasilitas pengolahan</li> <li>Pengelolaan yang tidak efektif</li> <li>Kurangnya pendanaan</li> <li>Kurangnya kapasitas teknis</li> <li>Manajemen pengolahan yang buruk</li> <li>Karakteristik pengolahan lumpur tinja yang sangat bervariasi</li> </ul> |

### Permasalahan pada Tahap Penampungan (*Containment*)

Tahap penampungan merupakan fondasi utama dalam sistem pengelolaan *black water* setempat. Kegagalan pada tahap ini akan berdampak sistemik pada tahapan selanjutnya, menyebabkan pencemaran lingkungan dan risiko kesehatan masyarakat yang serius [6]. Data dari tabel menunjukkan bahwa permasalahan pada tahap penampungan di negara berkembang sangat bervariasi, namun sebagian besar berakar pada kualitas infrastruktur dan kurangnya regulasi yang memadai. Salah satu isu utama yang terjadi di negara berkembang dalam penampungan limbah *black water* adalah desain dan konstruksi toilet serta tangki septik yang tidak sesuai standar teknis, yang umumnya dicirikan oleh kurangnya kapasitas penampung lumpur, konstruksi yang buruk sehingga mengakibatkan kebocoran, atau desain yang menghambat efisiensi pengolahan. Menurut penelitian Maqbool et al., 2024 kondisi tersebut dapat mengganggu proses sedimentasi dan anaerobik sehingga menghasilkan efluen tercemar dan mempercepat pengisian tangki, yang pada akan menyulitkan pengolahan dan pengosongan lebih lanjut.

Keberadaan sistem penampungan yang tidak kedap atau tidak dilapisi atau seperti penggunaan cubluk yang tidak aman menyebabkan kemungkinan limbah cair akan meresap langsung ke tanah dan mencemari air tanah atau sumber air permukaan serta penyebaran penyakit dan bau tak sedap [5]. Kontaminasi ini merupakan ancaman serius terhadap kesehatan masyarakat melalui penyebaran penyakit menular dan mengakibatkan tingginya jumlah bakteri *salmonella* sp yang dapat menyebabkan terjadinya demam tifoid jika masuk kedalam tubuh manusia yang ditularkan melalui air, sekaligus mengurangi volume limbah yang dapat diukur dan dikelola secara akurat [17]. Menurut Bao et al., 2020 kapasitas tangki septik yang tidak memadai seringkali menyebabkan tangki cepat penuh, memerlukan pengosongan yang lebih sering, dan jika terabaikan, berujung pada luapan limbah ke permukaan tanah atau sistem drainase, menimbulkan bau, menarik vektor penyakit, dan meningkatkan risiko kontaminasi lingkungan, bahkan mengakumulasi lumpur tinja dalam volume besar.

Kondisi diperparah dengan konektivitas yang buruk, di mana banyak toilet tidak terhubung secara memadai ke sistem penampungan yang aman, seperti yang terjadi di India dan Bangladesh di mana tangki septik langsung mengalir ke saluran terbuka yang berkontribusi pada pencemaran air permukaan, penyebaran penyakit, dan degradasi ekosistem akuatik [18]. Akar masalah tersebut diperparah oleh kurangnya pengawasan pembangunan tangki septik, seperti yang dilaporkan Baltazar et al., 2021 di Filipina, pembangunan tangki septik tidak memenuhi standar teknis dan dilakukan oleh pekerja yang tidak terqualifikasi, yang secara langsung berkontribusi pada masalah penampungan yang tidak sesuai dengan standar teknis yang ada. Selain itu, permasalahan utama pada tahap penampungan limbah *black water* di negara berkembang adalah kepadatan penduduk dan keterbatasan lahan sehingga memperburuk tantangan pengolahan, terutama di daerah perkotaan [19].

Pada hasil kajian studi juga ditemukan beberapa negara berkembang masih melakukan praktik buang air besar sembarangan atau BABS. BABS atau yang dikenal dengan *open defecation* adalah suatu tindakan membuang kotoran atau tinja tidak pada tempatnya atau sembarangan seperti di sungai, ladang, semak-semak, hutan, dan area terbuka lainnya dan dibiarkan sehingga mengkontaminasi lingkungan [20]. BABS termasuk kedalam upaya pengelolaan limbah cair dikarenakan perilaku BABS merupakan sebuah perilaku tidak sehat dengan membuang limbah *black water* tanpa diolah terlebih dahulu, sehingga dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat dan penurunan kesehatan lingkungan [21].

### Permasalahan pada Tahap Pengosongan (*Emptying*)

Di negara berkembang, proses pengosongan limbah dari tempat penampungan adalah tahap penting dalam pengelolaan limbah kotoran manusia, namun sering terhambat oleh berbagai masalah operasional dan sosial-ekonomi. Salah satu masalah utamanya yaitu kurangnya kendaraan penyedot limbah dan kesulitan akses layanan. Penelitian di berbagai negara seperti Ethiopia, Bangladesh, Pakistan, Tanzania, dan Indonesia, secara konsisten menunjukkan bahwa jumlah armada penyedot limbah tidak mencukupi untuk melayani seluruh wilayah. Kondisi ini diperparah oleh infrastruktur jalan yang buruk, kepadatan penduduk yang menyulitkan akses, dan lokasi geografis yang terpencil, yang menyebabkan penundaan pengosongan dan mendorong masyarakat untuk menggunakan cara-cara yang kurang aman dalam penyedotan seperti penyedotan manual. Penyedotan manual banyak ditemukan di beberapa penelitian seperti di Bangladesh, India, Tanzania, dan Kenya. Praktik tersebut sering dilakukan tanpa peralatan pelindung diri yang memadai, yang dapat membahayakan pekerja, dan limbah yang disedot sering dibuang langsung ke lingkungan terdekat tanpa pengolahan, menciptakan sumber infeksi dan pencemaran yang signifikan [22]. Ini adalah indikator langsung dari kegagalan sistem formal dalam memenuhi permintaan layanan yang terjangkau dan aman, diperparah oleh ketersediaan layanan yang tidak sesuai SOP atau tidak merata serta kesenjangan regulasi penyedia layanan.

Ketergantungan penyedotan informal yang beroperasi tanpa pengawasan, regulasi, atau standar keselamatan, meningkatkan risiko kesehatan bagi pekerja dan menyebabkan pembuangan limbah yang tidak bertanggung jawab. Selain itu, kurangnya pengetahuan masyarakat terkait pentingnya pengosongan rutin juga menyebabkan penundaan praktik pengosongan [23]. Teknologi toilet yang tidak mendukung pengosongan juga menjadi salah satu penghambat dimana desain yang tidak memungkinkan akses mudah atau ukuran yang terlalu kecil, semakin menyulitkan proses pengosongan [11]. Kemudian, minimnya biaya operasional dan pemeliharaan fasilitas penyedotan, berujung pada kerusakan peralatan dan penurunan kualitas layanan, mencerminkan kurangnya investasi dan mekanisme pendanaan yang tidak berkelanjutan, sehingga seluruh permasalahan pada tahap pengosongan ini saling terkait menghambat kemajuan sanitasi, menuntut pendekatan holistik yang mencakup perbaikan infrastruktur, regulasi, edukasi masyarakat, dan dukungan finansial berkelanjutan.

Hal tersebut juga di dukung oleh biaya layanan yang tinggi, yang dilaporkan di negara Ethiopia, Tanzania, Filipina, India, Pakistan, dan Bangladesh. Harga penyedotan yang tidak terjangkau, ditambah dengan kurangnya transparansi, menjadikan layanan formal tidak realistis bagi sebagian besar rumah tangga berpenghasilan rendah, memaksa mereka menunda pengosongan atau beralih ke praktik ilegal yang lebih murah namun sangat berisiko bagi kesehatan dan lingkungan. Akibat dari kendala finansial dan akses tersebut frekuensi dan ketetapan waktu pengosongan terhambat di mana penyedotan hanya dilakukan saat tangki septik penuh, bukan berdasarkan jadwal teratur, seperti yang terjadi di Bandung, Indonesia, menyebabkan luapan limbah ke lingkungan dan berkurangnya efektivitas pengolahan anaerobik di dalam tangki, menunjukkan manajemen layanan yang buruk dan kurangnya perencanaan terpusat [15].

### **Permasalahan pada Tahap Pengangkutan (Transport)**

Tahap pengangkutan limbah dari lokasi penampungan ke fasilitas pengolahan merupakan mata rantai ketiga dalam SFD, di mana kegagalan pada tahap ini akan meniadakan seluruh upaya sebelumnya dan kembali menyebabkan pencemaran lingkungan. Di negara berkembang, permasalahan yang sering terjadi pada tahap pengangkutan yaitu praktik yang tidak sesuai standar dan infrastruktur yang tidak memadai. Permasalahan yang sangat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan adalah pembuangan ilegal langsung ke lingkungan yang masih terjadi di negara Ethiopia, Bangladesh, Kurdistan, Pakistan, India, Filipina, dan Indonesia. Lumpur tinja yang dibuang langsung ke saluran air, sungai, danau, atau lahan kosong, secara langsung menyebabkan pencemaran air dan tanah, penyebaran patogen berbahaya, serta bau tak sedap. Selain itu, disebutkan di beberapa penelitian bahwa transportasi pengangkutan yang digunakan tidak terintegrasi, seperti yang terlihat di Bangladesh, Kurdistan, Pakistan, Tanzania, India, dan Indonesia. Kurangnya sistem logistik atau jaringan transportasi yang terencana untuk lumpur tinja ini mengakibatkan inefisiensi rute, koordinasi yang buruk antara operator dan fasilitas pengolahan, serta tiadanya sistem pelacakan aliran limbah yang efektif, sehingga meningkatkan biaya operasional dan risiko pembuangan ilegal.

Keterbatasan kendaraan dan daya tampung yang minim juga menjadi penyebab tertundanya jadwal pengosongan, dan penumpukan limbah. Infrastruktur transportasi yang tidak merata atau terbatas serta tidak sesuai dengan standar seperti kondisi jalan yang buruk di Indonesia, Ethiopia, dan Kenya, menjadi tantangan signifikan, terutama di daerah padat penduduk atau terpencil, yang menyulitkan operasional kendaraan besar dan meningkatkan risiko tumpahan serta pembuangan ilegal [22]. Kondisi diperburuk dengan tidak adanya sistem transfer atau titik pengumpulan resmi sebelum pengangkutan ke fasilitas pengolahan. Ketiadaan titik transfer tersebut meningkatkan biaya dan waktu tempuh yang mendorong terjadinya pembuangan ilegal.

### **Permasalahan pada Tahap Pengolahan (Treatment)**

Tahap pengolahan lumpur tinja adalah langkah akhir dalam rantai sanitasi *black water* untuk mengubah limbah berbahaya menjadi effluen yang lebih aman atau produk yang dapat dimanfaatkan kembali. Namun, data dari berbagai penelitian yang dikaji menunjukkan bahwa tahap ini merupakan titik kelemahan terbesar dalam sistem sanitasi di negara berkembang. Keterbatasan dan tidak adanya fasilitas pengolahan lumpur tinja (IPLT) menjadi masalah paling utama pada rantai sanitasi ini. Akibatnya, lumpur tinja sering dibuang tanpa pengolahan dan langsung mencemari lingkungan. Pada beberapa negara yang memiliki IPLT memiliki kendala lain seperti kapasitasnya sering terbatas, alat pengolahan tidak berfungsi atau operasionalnya tidak optimal. Hal ini diperparah oleh kurangnya sistem pemeliharaan rutin yang menyebabkan penurunan efisiensi pengolahan. Selain itu, banyak lumpur tinja yang hanya ditampung tanpa adanya pengolahan.

Tantangan Operasional dan Teknis Fasilitas pengolahan juga menghadapi beban berlebih yaitu penggunaan *Wastewater Treatment Plant* (WWTP) umum sebagai IPLT yang dapat mengganggu efisiensi pengolahan limbah cair domestik [15]. Karakteristik lumpur tinja yang sangat bervariasi juga mempersulit perancangan dan operasional fasilitas yang efektif ditambah dengan tidak adanya sistem monitoring atau kontrol [6]. Akibatnya, efisiensi pengolahan berkurang dalam menghilangkan nutrisi, kontaminan baru, atau patogen yang akan menjadi masalah dalam menghambat potensi ekonomi dan menimbulkan risiko kontaminasi baru.

Permasalahan pengolahan ini diperparah oleh isu-isu lintas sektoral yang bersifat sistemik. Kekurangan pendanaan atau investasi adalah akar masalah yang menghambat pembangunan, operasional, dan pemeliharaan fasilitas. Tidak adanya kebijakan khusus atau peraturan teknis menciptakan ketidakjelasan regulasi, diperparah oleh lemahnya pengawasan dan regulasi yang memungkinkan terjadinya praktik ilegal. Ketidakjelasan tanggung jawab kelembagaan menyebabkan tumpang tindih fungsi dan kurangnya akuntabilitas [24]. Selain itu, kurangnya pengetahuan masyarakat tentang sanitasi aman berdampak pada perilaku tidak aman selaras dengan penelitian lain yang dilakukan oleh Widyasari et al., 2021 yang mengatakan terdapat hubungan yang signifikan antara pengetahuan dan pengelolaan limbah. Hal tersebut sesuai dengan pendapat para ahli yang mengatakan bahwa pengetahuan merupakan stimuli yang dapat merubah perilaku seseorang jika melalui proses adopsi yang relatif lama [25].

Secara keseluruhan, analisis pengkajian literatur ini mengamati permasalahan dalam pengelolaan limbah cair black water di negara berkembang yang merupakan isu kompleks dan saling terkait. Untuk mengatasi permasalahan pengelolaan black water yang kompleks dan memastikan sanitasi yang aman serta berkelanjutan, dibutuhkan pendekatan holistik yang mencakup perbaikan infrastruktur, penguatan regulasi, edukasi masyarakat, peningkatan kapasitas kelembagaan, serta dukungan finansial yang berkelanjutan untuk mencapai sanitasi yang aman dan berkelanjutan sehingga dapat mendukung upaya perubahan perilaku dalam pengolahan limbah cair domestik terutama pada limbah black water. Pengelolaan limbah cair domestik merupakan suatu perilaku kesehatan lingkungan dalam menjaga lingkungan sehingga tidak mengganggu lingkungan yang berakibat pada kesehatan diri sendiri, keluarga, dan masyarakat. Perilaku sendiri merupakan bentuk efek stimulus yang dikeluarkan luar organisme, meskipun begitu respon yang dilakukan akan sesuai dengan jenis atau faktor lain dari sekitar [26].

## 5. Kesimpulan

Permasalahan dalam pengelolaan limbah cair *black water* secara setempat di negara berkembang sangat kompleks dan saling terkait, melibatkan berbagai aspek mulai dari teknis, operasional, finansial, kelembagaan, hingga sosial-budaya. Berdasarkan analisis SFD, tantangan utama teridentifikasi di setiap tahapan yaitu penampungan yang seringkali tidak memenuhi standar atau kapasitas, pengosongan yang terkendala oleh keterbatasan armada, biaya tinggi, dan praktik ilegal, pengangkutan yang rawan pembuangan sembarangan serta infrastruktur yang buruk, hingga pengolahan yang minim fasilitas dan operasionalnya tidak optimal. Selain itu, isu lintas sektoral seperti kurangnya pendanaan, regulasi yang tidak jelas, pengawasan yang lemah, dan rendahnya kesadaran masyarakat memperparah kondisi pengolahan limbah cair domestik pada negara berkembang. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah ini dan mencapai sanitasi yang aman serta berkelanjutan, diperlukan pendekatan holistik yang mencakup perbaikan infrastruktur, penguatan regulasi, edukasi masyarakat, peningkatan kapasitas kelembagaan, serta dukungan finansial yang berkelanjutan.

## 6. Referensi

- [1] Bappenas, *Laporan Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan*. 2023.
- [2] A. Hani Shukri, N. Shawkat Mizzouri, A. Saifadeen, D. Saleem, and M. O'Malley, "Assessing and improving the sanitation services in Kabarto 2 IDP camp using the Smart sanitation approach," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 15, no. 4, p. 102593, 2024, doi: 10.1016/j.asej.2023.102593.
- [3] P. Chhajed-Picha and N. C. Narayanan, "Refining the shit flow diagram using the capacity-building approach – Method and demonstration in a south Indian town," *J. Environ. Manage.*, vol. 294, no. June, p. 112971, 2021, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112971.
- [4] N. Maqbool, M. A. Shahid, and S. J. Khan, "Situational assessment for fecal sludge management in major cities of Pakistan," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, no. 44, pp. 98869–98880, 2023, doi: 10.1007/s11356-022-22331-2.
- [5] K. K. Gituma, K. Gachoka, and G. Gakii, "Tracking the flow of excreta across the sanitation service chain in Nkubu town," *African J. Sci. Technol. Soc. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 686–690, 2022, doi: 10.58506/ajstss.v1i1.88.

- [6] A. Peal *et al.*, "Estimating Safely Managed Sanitation in Urban Areas; Lessons Learned From a Global Implementation of Excreta-Flow Diagrams," *Front. Environ. Sci.*, vol. 8, no. January, pp. 1–14, 2020, doi: 10.3389/fenvs.2020.00001.
- [7] N. M. Najibullah, A. Khaer, and D. Marlina, "Penambahan Lumpur Grey Water Dan Black Water Pada Penguraian Sampah Organik Rumah Tangga," *J. Sulolipu Media Komun. Sivitas Akad. dan Masy.*, vol. 22, no. 1, pp. 101–110, 2015.
- [8] Purnawan and P. D. Sukmawati, "Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di UPT Rusunawa Graha Bina Harapan, Kota Yogyakarta," *J. Teknol.*, vol. 12, no. 2, pp. 130–136, 2019.
- [9] M. A. Hoque, M. A. Hasan, B. K. Banik, and M. I. Kabir, *Investigating the Compatibility of Existing Sanitation Services with Sustainable Development Goal Using GIS and SFD Graphic: A Case Study on Sylhet City Corporation*, no. Iccesd 2024. Atlantis Press International BV, 2024. doi: 10.2991/978-94-6463-478-5\_17.
- [10] A. Peal, B. Evans, I. Blackett, P. Hawkins, and C. Heymans, "A Review of Fecal Sludge Management in 12 Cities," *Water Sanit. Progr.*, no. June, p. 563, 2015, [Online]. Available: <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2212>
- [11] S. Endris, A. Kebede, E. Assefa, A. Ali, and T. Desale, "Excreta flow mapping along the sanitation service chain, a case of Kombolcha town, Ethiopia," *Sci. Rep.*, pp. 1–10, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-53724-7.
- [12] F. Karim, M. Mohinuzzaman, N. Rafa, S. M. N. Uddin, R. Hosen, and S. Ahmed, "Holistic citywide sanitation for an urban area in the Global South: A case study of the Noakhali Pourashava of Bangladesh," *J. Water Sanit. Hyg. Dev.*, vol. 14, no. 7, pp. 572–582, 2024, doi: 10.2166/washdev.2024.169.
- [13] D. E. Baltazar, H. Harada, S. Fujii, M. F. Tan, and S. Akib, "A Comparative Analysis of Septage Management in Five Cities in the Philippines," *Eng*, vol. 2, no. 1, pp. 12–26, 2021, doi: 10.3390/eng2010002.
- [14] N. Chandana and B. Rao, "Status of sustainable sanitation chain in rural, semi-urban, and urban regions: A case study of maharashtra, india," *J. Water Sanit. Hyg. Dev.*, vol. 11, no. 1, pp. 112–125, 2021, doi: 10.2166/washdev.2020.020.
- [15] P. N. Bao, M. S. Abfertiawan, P. Kumar, and M. F. Hakim, "Challenges and opportunities for septage management in the urban areas of Indonesia – Case study in Bandung City," *J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 52, no. 4, pp. 481–500, 2020, doi: 10.5614/j.eng.technol.sci.2020.52.4.3.
- [16] B. K. Karki, S. Baniya, H. L. Kharel, M. J. Angove, and S. R. Paudel, "Urban wastewater management in Nepal: generation, treatment, engineering, and policy perspectives," *H2Open J.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–21, 2024, doi: 10.2166/h2oj.2024.105.
- [17] N. Hasmia, Hasrianti, R. Y. Wardi, and M. N. Alam, "Identifikasi Bakteri Escherichia coli dan Salmonella sp pada Air Sumur Gali di Tepi Sungai Desa Tiromanda Kecamatan Bua Kabupaten Luwu," *Cokroaminoto J. Biol. Sci.*, vol. 4, no. 492, pp. 29–35, 2022, [Online]. Available: <https://science.e-journal.my.id/cjbs/article/view/131>
- [18] A. S. Ningrum, Syafrudin, and Sudarno, "Pengaruh Konsentrasi Influen Dan Debit Terhadap Penyisihan Parameter Bod Dan Cod Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Artificial (Grey Water) Menggunakan Reaktor UASB," *J. Tek. Lingkung.*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [19] P. Scott and A. P. Cotton, "The Sanitation Cityscape – Toward a Conceptual Framework for Integrated and Citywide Urban Sanitation," *Front. Environ. Sci.*, vol. 8, no. July, pp. 1–9, 2020, doi: 10.3389/fenvs.2020.00070.
- [20] Marwanto, Andriana. "Hubungan Tingkat Pengetahuan dan Sikap Dengan Pelaksanaan Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM) Pilar Pertama Di Wilayah Kerja UPTD Puskesmas Perawatan Ratu Agung Kelurahan Pematang Gubernur Kota Bengkulu." *Journal of Nursing and Public Health* 7.1 (2019): 1-6.
- [21] D. Widiastuti and D. Priyanto, "Kondisi Kebersihan Lingkungan Berhubungan dengan Risiko Penularan Kasus Leptospirosis di Area Pasar Tradisional," *Balaba J. Litbang Pengendali. Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara*, pp. 199–208, 2020, doi: 10.22435/blb.v16i2.3402.
- [22] M. Odagiri *et al.*, "Safely Managed On-Site Sanitation : A National Assessment of Sanitation Services and Potential Fecal Exposure in Indonesia," *Int. J. Environ. Reserch Public Heal.*, 2021.
- [23] K. A. Widyasari and I. N. Sujaya, "Hubungan Antara Pengetahuan Dan Sikap Dengan Tindakan Petugas Kesehatan Dalam Upaya Pengelolaan Sampah Medis Di Puskesmas Dawan II Tahun 2021," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 11, no. 2, pp. 183–192, 2021, doi: 10.33992/jkl.v11i2.1620.

- 
- [24] S. Yudo and N. I. Said, "Water quality status of Ciliwung River in DKI Jakarta region case study: Installation of online water quality monitoring station in segment of Kelapa Dua - Istiqlal Mosque," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 19, no. 1, pp. 13–22, 2018, [Online]. Available: <https://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JTL/article/view/2243>
- [25] O. A. Pratiwi, H. Hasyim, and E. Sunarsih, "Analysis of Determinant Workers Behavior in Effluent Management System Pet in PT Pusri Palembang," *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, vol. 4, no. 2, pp. 132–139, 2013.
- [26] A. S. Asmara, T. Suparman, and A. S. Anwar, "Analisis Perilaku Masyarakat Dalam Pengelolaan Kesehatan Lingkungan," *Konf. Nas. Penelit. dan Pengabd.*, pp. 394–401, 2021, [Online]. Available: <https://journal.ubpkarawang.ac.id/index.php/ProsidingKNPP/article/view/1591>