

Strategi Peningkatan Kinerja IPLT Bawang Kota Tangerang: Kajian Literatur

Nurina Anggraini^{1*}, Ayomi Dita Rarasati²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Indonesia, Depok, INDONESIA

*Corresponding author: nurina.anggraini@ui.ac.id

INTISARI

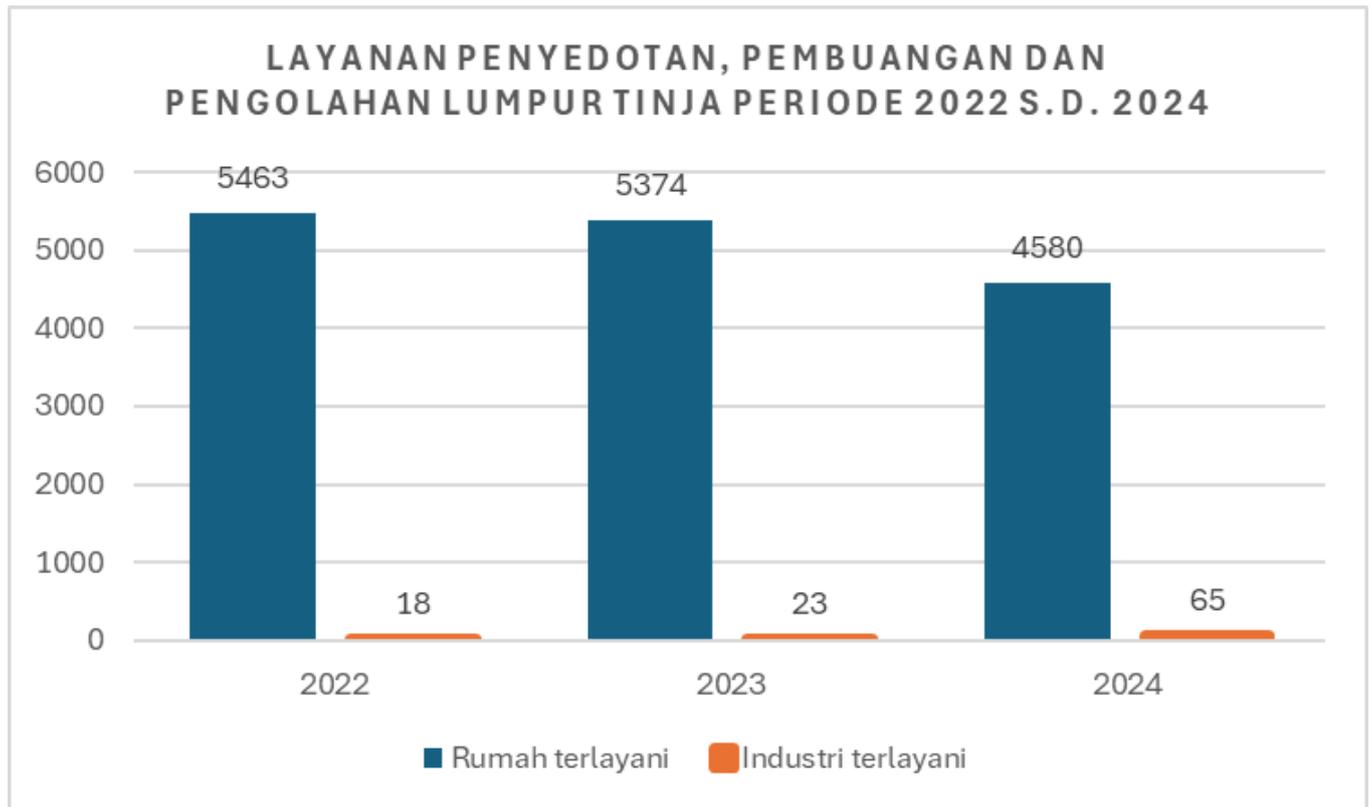
Pengelolaan lumpur tinja merupakan aspek penting dalam sistem sanitasi berkelanjutan, namun masih menghadapi berbagai tantangan bagi pelayanan di tingkat kota. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Bawang di Kota Tangerang melalui pendekatan kualitatif dan deskriptif terhadap kondisi lapangan, serta tinjauan literatur. Hasil observasi lapangan terhadap kondisi IPLT Bawang menunjukkan cakupan layanan rumah tangga yang masih rendah, kualitas efluen yang tidak konsisten memenuhi baku mutu, serta keterbatasan dalam kapasitas operasional dan koordinasi kelembagaan. Studi komparatif terhadap berbagai kasus di Asia, Afrika, dan Amerika Latin mengungkapkan bahwa tantangan serupa juga terjadi secara global, terutama terkait pendanaan, peran kelembagaan, dan partisipasi masyarakat. Berdasarkan sintesis masalah dan bukti empiris, penelitian ini merekomendasikan strategi perbaikan yang mencakup peningkatan teknologi, penguatan kebijakan tata kelola, pengembangan skema pembiayaan berkelanjutan, dan peningkatan partisipasi masyarakat. Melalui pendekatan yang terintegrasi, pengelolaan lumpur tinja di Kota Tangerang dapat ditingkatkan secara bertahap menuju sistem yang lebih efisien, inklusif, dan mendukung pembangunan berkelanjutan.

Kata kunci: pengelolaan lumpur tinja, teknologi, kebijakan, pembiayaan, partisipasi masyarakat.

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

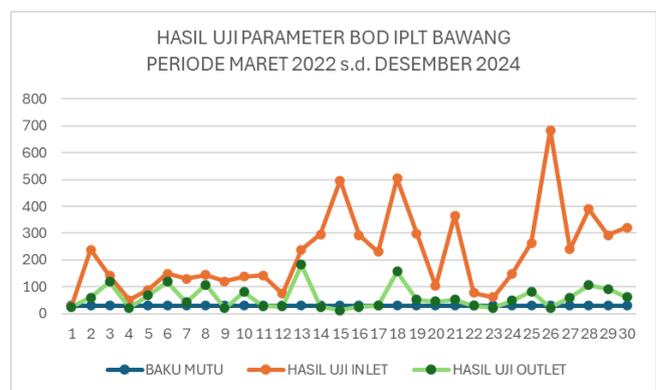
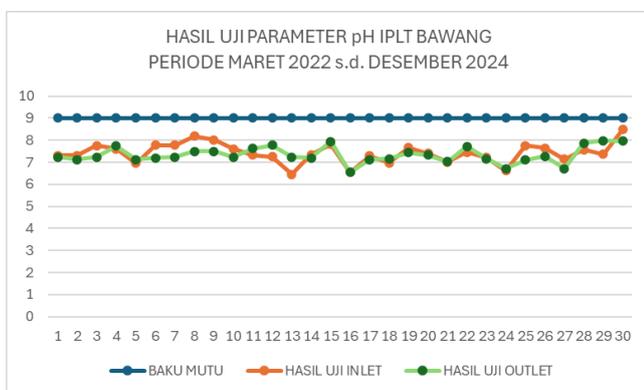
Memastikan ketersediaan dan pengelolaan air dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua merupakan salah satu tujuan dari *Sustainable Development Goals* (SDGs). Dalam mewujudkan tujuan tersebut, Kota Tangerang telah mencapai 0% Bebas Buang Air Besar Sembarangan (BABS)/ *Open Defecation Free* (ODF) pada tahun 2020 (Kemenkes, 2021). Perlu ada kebijakan yang mendorong partisipasi masyarakat dalam pembuangan lumpur tinja yang benar, sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan (Murungi & van Dijk, 2014). Sebagai upaya mempertahankan 0% BABS dan mengurangi pencemaran lingkungan akibat lumpur tinja, Dinas Perumahan, Permukiman dan Pertanahan (Perkimtan) Kota Tangerang mengelola layanan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Bawang yang terletak di Kecamatan Cibodas. Dalam menjalankan layanan penyedotan, pembuangan dan pengolahan lumpur tinja, saat ini IPLT Bawang memiliki 13 unit truk tinja, 2 unit *dump truck* dan 7 unit kolam pengolahan konvensional, yang dioperasikan oleh 26 orang tenaga pengemudi dan operator sedot tinja, 25 orang tenaga pemeliharaan, 3 orang tenaga administrasi, 2 orang pengemudi *dump truck*, dan 1 orang tenaga mekanik bengkel. Gambar 1 menunjukkan cakupan layanan IPLT Bawang pada periode tahun 2022 s.d. 2024.

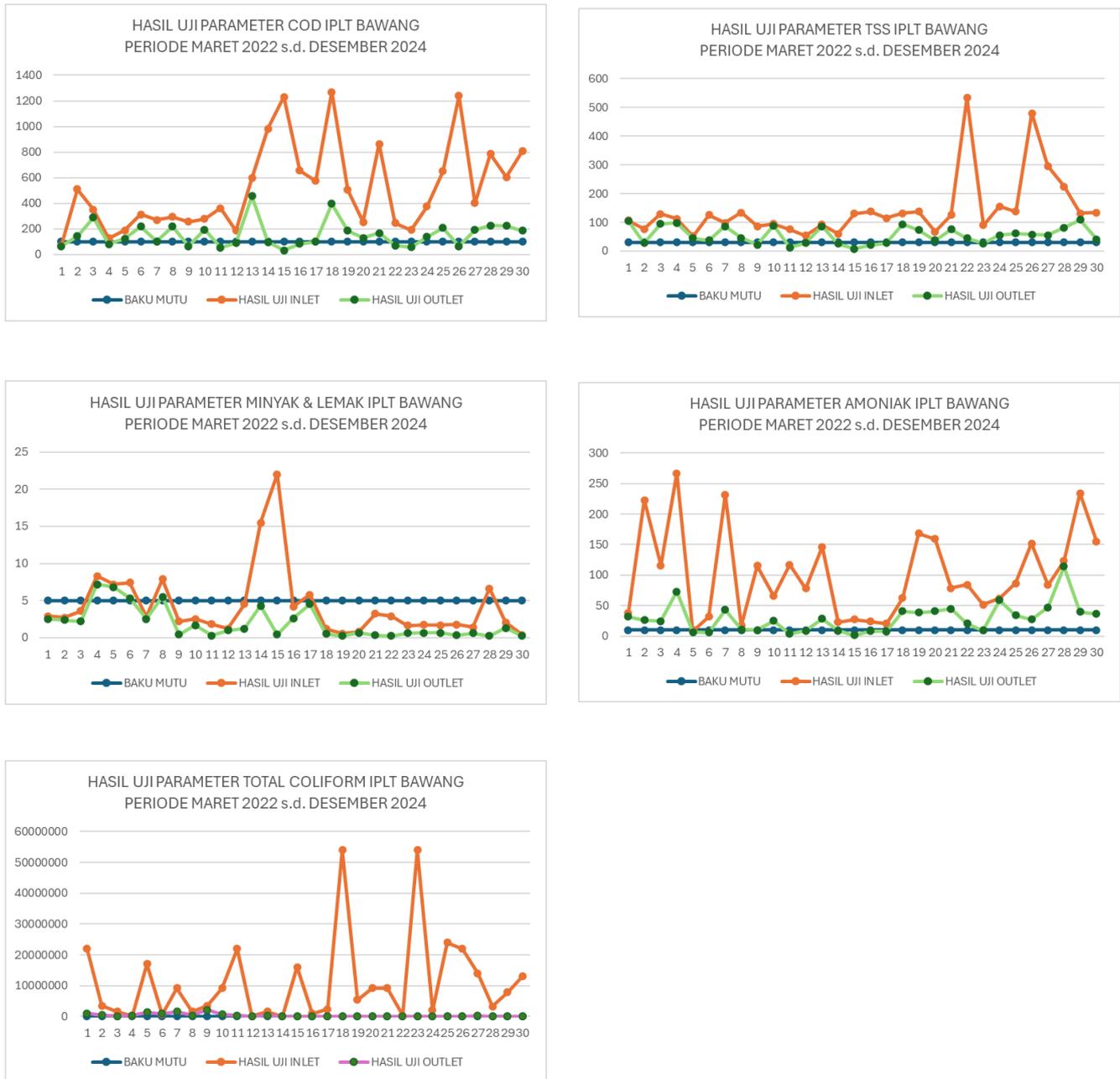


Gambar 1. Cakupan Layanan IPLT Bawang Periode 2022 s.d. 2024

Sumber: Dinas Perumahan, Permukiman dan Pertanahan Kota Tangerang, 2025

Terdapat 416.121 unit rumah di Kota Tangerang pada tahun 2024 (Dinas Perkimtan, 2024). Pada Gambar 1 dapat teridentifikasi bahwa cakupan layanan penyedotan, pembuangan, dan pengolahan lumpur tinja di IPLT Bawang per tahunnya hanya berkisar 1,1%-1,3% dari jumlah rumah di Kota Tangerang. Namun di sisi lain, terdapat peningkatan layanan dari sektor industri sebesar 261% dalam 3 tahun terakhir. Diperlukan adanya pengolahan primer untuk menghasilkan lumpur tinja dengan kualitas yang lebih baik (Singh et al., 2017). Berdasarkan hasil pemeriksaan baku mutu lingkungan terhadap outlet IPLT, indikator baku mutu lingkungan melebihi ambang batas yang diatur dalam Permen LHK No. 68 Tahun 2016. Gambar 2 menunjukkan hasil uji baku mutu tahun 2022 s.d. 2024.



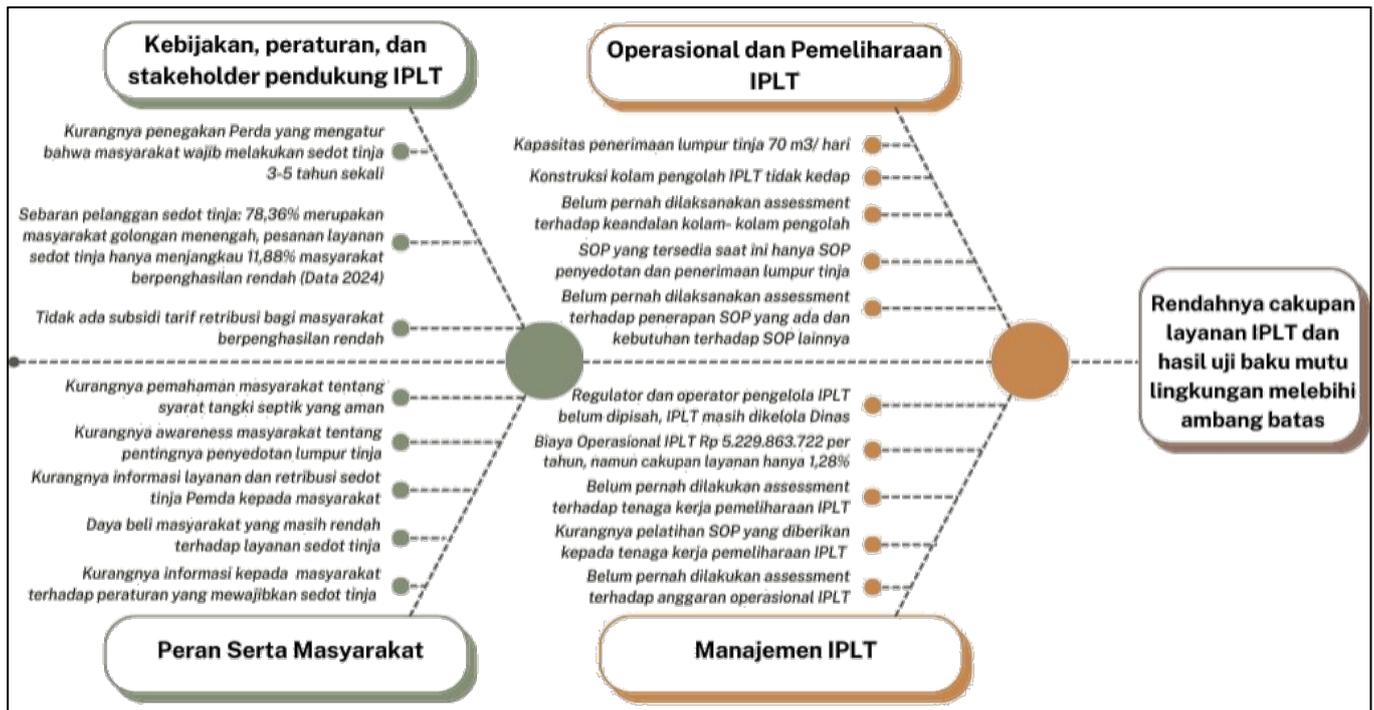


Gambar 2. Hasil Uji Baku Mutu Lingkungan IPLT Bawang Tahun 2022 s.d. 2024

Sumber: Dinas Perumahan, Permukiman dan Pertanahan Kota Tangerang, 2025

1.2 Identifikasi Masalah

Penulis menggunakan *fishbone diagram* pada Gambar 3 untuk mengidentifikasi akar masalah berdasarkan observasi lapangan, wawancara dengan pengelola IPLT Bawang, dan studi literatur.



Gambar 3. Identifikasi Masalah dengan *Fishbone Diagram*

Referensi: (Knieps, 2017; Asmara et al., 2021; Berawi et al., 2021; Fay et al., 2021; Yakubova et al., 2021; Caruso et al., 2022; Kumar et al., 2023; Phillips et al., 2022; Purnama Sari Indah et al., 2022; Dinas Perkimtan, 2024)

2 METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur sistematis terhadap 53 artikel ilmiah yang relevan, dikombinasikan dengan observasi kondisi kolam pengolahan dan wawancara terbatas dengan pengelola IPLT Bawang, menggunakan daftar pertanyaan yang mengacu pada Petunjuk Teknis Kementerian PUPR Nomor CT/AL/Op-TC/003/98 tentang Tata Cara Pengoperasian IPLT Sistem Kolam. Pendekatan kualitatif dan deskriptif digunakan untuk menganalisis keandalan kolam pengolahan, kesenjangan dan peluang peningkatan kinerja IPLT.

3 DISKUSI DAN PEMBAHASAN

3.1 Praktik Terkini dalam Pengelolaan Lumpur Tinja

Praktik pengelolaan lumpur tinja telah mengalami banyak perkembangan selama beberapa dekade terakhir sebagai respons terhadap meningkatnya regulasi lingkungan, tekanan urbanisasi, dan kebutuhan akan sistem sanitasi yang berkelanjutan. Lumpur adalah hasil samping dari proses pengolahan air limbah yang harus ditangani dengan benar karena mengandung beban organik tinggi, patogen, dan berpotensi mencemari lingkungan (Yoshida et al., 2013).

Di negara-negara berpenghasilan tinggi, pengolahan lumpur umumnya dilakukan melalui sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat (SPALDT) yang melibatkan beberapa tahapan, seperti pengentalan, stabilisasi (biasanya melalui digesti anaerobik), pengeringan, dan pembuangan melalui aplikasi lahan atau insinerasi. Pendekatan ini didukung oleh infrastruktur yang baik dan regulasi lingkungan yang ketat (Werkneh & Gebru, 2023). Beberapa sistem bahkan telah mengintegrasikan sanitasi ekologis, yang memungkinkan pemulihan sumber daya berupa biogas dan nutrisi untuk pertanian (Werkneh & Gebru, 2023).

Sebaliknya, di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah, sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat (SPALDT) sering kali tidak tersedia atau tidak berfungsi optimal. Sebagian besar wilayah, terutama di daerah pinggiran kota dan permukiman informal, bergantung pada sistem pengelolaan air limbah domestik setempat

(SPALDS) seperti tangki septik dan jamban leher angsa (Putri, 2017). Lumpur dari fasilitas ini dikumpulkan secara berkala dan dibawa ke instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT). Sayangnya, banyak sistem ini mengalami kendala seperti pengurusan yang tidak rutin, pengawasan operasional yang lemah, dan kurangnya integrasi dengan kebijakan sanitasi kota (Asmara et al., 2021; Kim et al., 2022; Sam et al., 2022).

Di Asia Selatan, seperti India dan Pakistan, strategi pengelolaan lumpur tinja sangat bervariasi. India telah menerapkan model kemitraan pemerintah-swasta (PPP) serta pendekatan berbasis komunitas untuk meningkatkan cakupan layanan (Purnama Sari Indah et al., 2022; Mundonde & Makoni, 2023). Sementara itu, Pakistan masih menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan lumpur terdesentralisasi, termasuk pembuangan liar dan kapasitas pengolahan yang tidak memadai (Qamar et al., 2022).

Di kawasan sub-Sahara Afrika, kota seperti Kampala di Uganda mulai menerapkan model sanitasi hibrida, yaitu menggabungkan sistem limbah terpusat dengan pengelolaan lumpur tinja untuk daerah yang belum tersambung dengan jaringan pipa (Lawhon et al., 2023). Inisiatif ini didukung oleh keterlibatan organisasi masyarakat sipil dan lembaga swadaya masyarakat, meskipun tantangan tetap ada terkait skala dan konsistensi pelayanan. Studi di wilayah ini juga menyoroti ketimpangan sosial dan geografis dalam akses terhadap fasilitas pengolahan lumpur, terutama di kamp pengungsi dan kawasan informal (Calderón-Villarreal et al., 2022).

Di Asia Tenggara, termasuk Indonesia, sistem pengolahan lumpur modular dan terdesentralisasi semakin populer. Unit-unit ini dirancang sesuai dengan jumlah penduduk dan beban limbah lokal, serta memungkinkan respons operasional yang lebih cepat dan hemat biaya (Putri, 2017; Stevani & Soewondo, 2021). Studi terbaru juga menyoroti potensi sistem pengelolaan air limbah domestik setempat (SPALDS) mampu memfasilitasi pemulihan sumber daya secara efisien (de Simone Souza et al., 2023). Pendekatan ini memungkinkan pengolahan urin dan feses secara terpisah dari awal, sehingga proses daur ulang lebih terfokus dan efisien.

Saat ini terjadi pergeseran paradigma dari pengelolaan lumpur sebagai limbah menuju pemanfaatan lumpur sebagai sumber daya. Beberapa sistem telah mengembangkan produk dari lumpur seperti kompos, biochar, dan energi yang dapat dimanfaatkan kembali (Ddiba et al., 2022; Werkneh & Gebru, 2023; Balkrishna et al., 2025). Pendekatan ini sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular dan bertujuan untuk mengurangi beban lingkungan sekaligus membuka peluang ekonomi.

Namun, tantangan pengolahan lumpur tinja masih tetap ada, terutama terkait dengan kualitas dan keamanan produk olahan. Misalnya, Manga et al. (2021) menunjukkan bahwa patogen masih dapat bertahan dalam proses kompos pada iklim tropis, sementara Sam et al. (2022) menyoroti peran senyawa polimerik ekstraseluler yang mempengaruhi proses pengeringan lumpur dan efektivitas pengolahan.

3.2 Metode Penilaian Kinerja

Penilaian kinerja merupakan elemen kunci dalam sistem pengelolaan lumpur tinja karena berfungsi untuk mengidentifikasi kelemahan operasional, memberikan panduan untuk perbaikan sistem, serta memastikan bahwa pengoperasiannya tetap sesuai dengan baku mutu lingkungan yang berlaku. Seiring dengan kemajuan teknologi dan tuntutan keberlanjutan, berbagai metode dan instrumen penilaian telah dikembangkan untuk mengukur kinerja dari aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan. (Yoshida et al., 2013; Werkneh & Gebru, 2023).

Indikator kinerja yang paling umum digunakan terdiri dari efisiensi proses pengolahan, efektivitas biaya, konsumsi energi, pemulihan nutrisi, pengurangan volume lumpur tinja, serta kemampuan menghilangkan patogen (Yoshida et al., 2013; Manga et al., 2021; Ddiba et al., 2022). Penilaian siklus hidup atau (*Life Cycle Assessment/ LCA*) juga merupakan alat ukur indikator kinerja yang banyak direkomendasikan karena mampu mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu teknologi secara menyeluruh. Melalui pendekatan ini, dapat dilakukan analisis komparatif antara sistem pengolahan konvensional dan inovatif, dengan mempertimbangkan emisi gas rumah kaca, penggunaan sumber daya alam, serta output limbah yang dihasilkan (Yoshida et al., 2013).

Selain itu, pendekatan *benchmarking* juga digunakan sebagai alat evaluasi kinerja, yang umumnya mengacu pada parameter yang ditetapkan oleh lembaga pemerintah atau organisasi internasional. Parameter tersebut meliputi tingkat kepatuhan terhadap baku mutu lingkungan untuk pembuangan, frekuensi perawatan sistem, tingkat stabilisasi

lumpur tinja, hingga aspek keamanan penggunaan produk hasil pengolahan lumpur tinja. Namun, standar *benchmarking* umumnya lebih berkembang di negara maju. Sebaliknya, negara berkembang sering menghadapi keterbatasan dalam ketersediaan tolok ukur yang relevan dan belum memiliki infrastruktur pemantauan yang memadai (Kim et al., 2022; Adugna, 2023).

Selain aspek teknis, aspek ekonomi dan mekanisme pembiayaan juga memainkan peran penting dalam menilai efektivitas sistem pengelolaan lumpur tinja. Beberapa penelitian menyoroti perlunya model pembiayaan yang lebih inovatif, berorientasi pada hasil (*outcome-based*), dan disesuaikan dengan struktur fiskal lokal (Akbar Chinna Mohideen et al., 2022; Chung et al., 2023; Amin et al., 2025). Dalam konteks ini, Berawi et al. (2021) menunjukkan bahwa model pembiayaan infrastruktur berbasis *public-private partnership* (PPP) dapat dirancang untuk mendorong pencapaian teknis melalui skema pembagian biaya dan manfaat yang seimbang. Dalam studi kasus mereka, pihak swasta diberi porsi pendanaan dan penerimaan hasil yang sesuai dengan kontribusinya. Dengan cara ini, keberhasilan teknis proyek, seperti operasional sistem yang efisien atau manfaat sosial-ekonomi yang nyata, akan berdampak langsung terhadap keuntungan finansial. Pendekatan ini menekankan bahwa semakin baik kinerja sistem, semakin layak pula investasi secara finansial, sehingga mendorong keberlanjutan proyek.

Haas et al. (2021) membahas pentingnya mengaitkan model pembiayaan dengan capaian layanan yang diberikan oleh infrastruktur, bukan hanya pembangunannya. Mereka menekankan bahwa pembiayaan harus diarahkan untuk menjamin keberlanjutan layanan publik, seperti sanitasi atau energi, melalui kontrak berbasis hasil (*outcome-based contracts*) dan pengaturan tarif yang disesuaikan dengan performa. Dengan mengaitkan kinerja teknis terhadap standar layanan dengan pengembalian finansial, pendekatan ini memberikan kepastian bagi investor dan operator sekaligus menjamin kualitas layanan jangka panjang.

Asumadu et al. (2023) meneliti mekanisme pembiayaan infrastruktur di kawasan kumuh dan menyimpulkan bahwa skema inovatif seperti PPP dan obligasi daerah menjadi efektif jika dikaitkan dengan target pencapaian tertentu. Mereka menyarankan agar hibah atau pendanaan tambahan dapat diberikan berdasarkan capaian nyata, seperti peningkatan akses sanitasi atau kualitas infrastruktur. Meskipun istilah *performance-based grants* tidak disebutkan secara eksplisit, konsepnya hadir melalui pemberian dana yang dikaitkan dengan indikator kinerja. Pemberian dana yang dikaitkan dengan indikator kinerja tersebut menjadikan sistem pembiayaan sebagai alat pendorong pencapaian target pembangunan berkelanjutan di daerah berdaya rendah.

Dalam konteks teknologi pemantauan, penggunaan sensor dan sistem digital secara *real-time* semakin diakui penting dalam menilai kinerja operasional harian IPLT. Namun, penerapan teknologi ini masih terbatas, terutama karena keterbatasan anggaran dan kapasitas sumber daya manusia (Knieps, 2017; Xu et al., 2021). Di sisi lain, integrasi data kinerja ke dalam proses pengambilan keputusan strategis juga belum menjadi praktik yang umum di banyak pemerintah daerah, yang menunjukkan perlunya penguatan sistem tata kelola dan manajemen data (Adugna, 2023; Mundonde & Makoni, 2023).

3.3 Tantangan dan Hambatan Utama

Meskipun kesadaran dan investasi terhadap sanitasi semakin meningkat, berbagai tantangan masih menghambat kinerja sistem pengelolaan lumpur di banyak wilayah. Tantangan-tantangan ini mencakup hambatan teknis dan keuangan, fragmentasi kelembagaan, resistensi sosial, dan kekosongan regulasi (Asmara et al., 2021; Adugna, 2023; Mundonde & Makoni, 2023).

Banyak sistem pengolahan lumpur, khususnya di negara berkembang, mengalami masalah desain yang kurang optimal, infrastruktur yang sudah tua, dan kurangnya pemeliharaan rutin (Aghalari et al., 2020; Stevani & Soewondo, 2021; Amin et al., 2025). Sistem yang awalnya dibangun untuk populasi kecil kini tidak mampu mengimbangi laju urbanisasi dan volume lumpur yang tinggi, yang akhirnya menyebabkan pengolahan yang tidak efektif dan pembuangan tanpa perlakuan (Hyde-Smith et al., 2022). Di sistem terdesentralisasi, masalah seperti kerusakan peralatan, proses pengeringan yang tidak efisien, dan penghilangan patogen yang tidak maksimal sering kali terjadi (Manga et al., 2021; Sam et al., 2022).

Kekurangan data yang akurat tentang karakteristik dan jumlah lumpur juga memperparah masalah teknis. Tanpa data dasar ini, sistem pengolahan sulit dikalibrasi dan pemantauan menjadi tidak efektif (Kim et al., 2022; Qamar et al., 2022).

Distribusi layanan lumpur tinja yang tidak merata antara wilayah perkotaan dan pedesaan serta antar kelompok sosial menjadi tantangan yang menonjol di berbagai negara. (Ghosh et al., 2022; Demsash et al., 2023) keterbatasan akses sanitasi sangat dipengaruhi oleh faktor geografis dan ekonomi lokal. Ketimpangan ini juga diperkuat oleh kelemahan tata kelola dan investasi infrastruktur yang tidak merata. Sementara itu, akses sanitasi di wilayah pedesaan yang minim turut memperburuk ketimpangan kesehatan dan sosial, sehingga diperlukan pendekatan berbasis data spasial dalam perencanaan layanan sanitasi.

Pengelolaan lumpur tinja yang tidak memadai dapat memicu penyebaran penyakit berbasis air, terutama diare pada anak-anak. Studi meta-analisis menunjukkan bahwa intervensi *Water, Sanitation, and Hygiene* (WASH) mampu menurunkan mortalitas anak secara signifikan (Waddington et al., 2023). Di sisi lain, studi di komunitas tunawisma di Los Angeles menunjukkan bahwa ketidakamanan akses terhadap WASH berkorelasi langsung dengan risiko kesehatan dan ketidakstabilan sosial (Avelar Portillo et al., 2023). Selain itu, dampak jangka panjang terhadap status gizi, kesejahteraan anak, dan ketahanan masyarakat semakin menegaskan pentingnya pengelolaan lumpur yang efektif (Merid et al., 2023).

Sejumlah literatur secara konsisten menekankan bahwa pengelolaan infrastruktur lumpur tinja sering terhambat oleh keterbatasan pendanaan (Yoshino et al., 2020; Omoruyi, 2021). Kegiatan belanja modal umumnya lebih diarahkan pada pengadaan air bersih dan sanitasi dasar, sementara aspek pengelolaan lumpur tinja masih sering luput dari perhatian. Akibatnya, dana operasional yang minim berdampak pada kurangnya tenaga kerja, kegiatan pemeliharaan, serta pengurusan lumpur secara rutin (Chaitkin et al., 2022; Phillips et al., 2022).

Tingkat pengembalian biaya operasional pengolahan lumpur tinja melalui tarif juga sangat rendah. Banyak rumah tangga, terutama di pemukiman informal, tidak mampu atau enggan membayar layanan pengelolaan lumpur tinja, yang berujung pada praktik pembuangan ilegal (Brouwer et al., 2023; Mundonde & Makoni, 2023). Bahkan ketika kemitraan publik-swasta digunakan untuk meningkatkan efisiensi, ketidakjelasan dalam pembagian biaya dan risiko politik sering kali menjadi hambatan (Yakubova et al., 2021; Asumadu et al., 2023).

Koordinasi yang buruk antara lembaga pemerintah merupakan hambatan besar dalam pengelolaan lumpur. Tanggung jawab untuk sanitasi, pengelolaan limbah, perlindungan lingkungan, dan kesehatan masyarakat sering tersebar di berbagai lembaga tanpa komunikasi yang memadai (Adugna, 2023; Asmara et al., 2021). Hal ini menyebabkan tumpang tindih kewenangan, lemahnya penegakan aturan, dan layanan yang tidak terpadu.

Contohnya, di Jakarta, pembagian tugas yang tidak jelas antar lembaga menyebabkan duplikasi layanan, pemantauan yang lemah, dan kegagalan mencapai target kinerja (Putri, 2017). Di Afrika sub-Sahara, Tseklevs et al. (2022) menemukan bahwa banyak proyek donor berjalan secara independen dari sistem pemerintah daerah, tanpa integrasi kelembagaan yang kuat.

Kesadaran dan penerimaan masyarakat menjadi aspek krusial namun sering diabaikan dalam pengelolaan lumpur. Beberapa studi menunjukkan bahwa stigma terhadap limbah manusia menjadi penghalang dalam adopsi praktik sanitasi yang lebih baik, terutama di budaya yang telah lama terbiasa dengan buang air sembarangan atau pembuangan tidak resmi (Caruso et al., 2022; Purnama Sari Indah et al., 2022). Selain itu, keengganan membayar layanan sanitasi, yang dianggap sebagai tanggung jawab publik, menurunkan partisipasi rumah tangga dalam sistem pengelolaan lumpur (Brouwer et al., 2023; Mundonde & Makoni, 2023).

Kampanye edukasi sering kali kekurangan dana atau tidak dilaksanakan secara efektif, sehingga hasil perubahan perilaku tidak maksimal. Tseklevs et al. (2022) menekankan pentingnya pendekatan partisipatif yang berkelanjutan untuk meningkatkan akuntabilitas dan keterlibatan masyarakat.

Kebijakan dan regulasi yang jelas serta dapat ditegakkan merupakan kunci dari pengelolaan lumpur yang efektif, namun banyak negara berkembang yang belum memilikinya (Qamar et al., 2022; Adugna, 2023). Beberapa negara masih menggunakan kebijakan sanitasi lama yang tidak mencakup seluruh siklus pengelolaan lumpur atau prinsip pemanfaatan ulang yang modern (Hdidou et al., 2022; Balkrishna et al., 2025). Banyak dari mereka tidak memiliki

standar kualitas untuk produk hasil pengolahan lumpur seperti kompos atau biochar, sehingga penggunaannya terbatas secara legal dan sosial (Manga et al., 2021; Qamar et al., 2022). Di sisi lain, penyedia layanan informal yang tidak diawasi oleh otoritas resmi kerap mendominasi wilayah-wilayah yang kurang terlayani (Kim et al., 2022; Amin et al., 2025).

Pelaksanaan kebijakan juga sering terhambat oleh kapasitas kelembagaan yang lemah dan ketidakstabilan politik. Hameiri & Jones (2024) menyoroti ketidaksesuaian antara kerangka pendanaan internasional dan kondisi lokal, sementara Omoruyi (2021) menunjukkan bahwa kualitas tata kelola memiliki pengaruh langsung terhadap hasil infrastruktur di negara-negara berkembang.

3.4 Inovasi Teknologi dalam Pengolahan Lumpur Tinja

Seiring meningkatnya permintaan global akan sanitasi berkelanjutan, inovasi teknologi menjadi pendorong utama dalam meningkatkan kinerja sistem pengelolaan lumpur tinja. Dari proses pengolahan canggih hingga otomatisasi dan pemantauan digital, berbagai perkembangan terbaru menawarkan solusi yang menjanjikan untuk mengatasi tantangan lingkungan dan operasional (Knieps, 2017; Ddiba et al., 2022; Kumar et al., 2023; Werkneh & Gebru, 2023).



Gambar 4. Unit pengolahan mekanis di IPLT Duri Kosambi dan IPLT Sumur Batu

Referensi: (Stevani & Soewondo, 2021)

Di tengah keterbatasan pendanaan, berbagai inovasi mulai dikembangkan dalam teknologi pengolahan lumpur tinja yang berorientasi pada pendekatan berbasis nilai tambah seperti daur ulang, pemanfaatan kembali, dan konversi hasil pengolahan lumpur tinja menjadi produk berguna. Beragam metode seperti hidrolisis termal, digesti anaerobik, pirolisis, dan pengomposan telah diterapkan untuk tidak hanya mengurangi volume lumpur, tetapi juga menghasilkan produk samping bernilai guna seperti energi, pupuk, dan air bersih yang dapat dimanfaatkan kembali. (Yoshida et al., 2013; Ddiba et al., 2022; Balkrishna et al., 2025).

Pendekatan sanitasi ekologis yang mengintegrasikan pemanfaatan energi dan nutrisi telah menunjukkan potensi dalam menciptakan siklus tertutup dan mendukung pertanian berkelanjutan (Tseklevs et al., 2022). Beberapa inovasi terkini bahkan menargetkan penggunaan limbah lumpur untuk produksi biochar dan bahan bangunan ringan.

Pendekatan terbaru menekankan pada integrasi prinsip ekonomi sirkular dalam pengolahan lumpur tinja, seperti pemanfaatan *sludge* menjadi energi dan pupuk. Shukla et al. (2023) merangkum pendekatan pemrosesan lumpur dengan orientasi pemulihan sumber daya, yang dapat diterapkan untuk mendukung keberlanjutan operasional IPLT. Inovasi ini mencakup teknologi *dewatering*, fermentasi, dan penggunaan sistem reaktor anaerobik modular yang berpotensi menurunkan beban operasional dan meningkatkan efisiensi pengolahan.

Untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur di wilayah dengan sumber daya rendah (*low-resource setting*), yaitu area yang menghadapi kendala finansial, teknis, maupun infrastruktur dalam menyediakan sanitasi aman, baik itu komunitas pedesaan terpencil (Hdidou et al., 2022), permukiman kumuh perkotaan (Putri, 2017), maupun kota yang belum memiliki jaringan instalasi Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALDT), sehingga

mengandalkan IPLT (Stevani & Soewondo, 2021). Istilah ini diartikan sebagai lingkungan yang minim infrastruktur dan dukungan, sehingga menuntut solusi pengelolaan lumpur tinja yang inovatif tapi sederhana, murah, dan sesuai kapasitas masyarakat lokal. Meskipun konteks tiap literatur berbeda, semua menekankan pentingnya menyesuaikan teknologi sanitasi dengan keterbatasan sumber daya setempat agar layanan berkelanjutan dapat terwujud, dengan merekomendasikan pemilihan teknologi sanitasi yaitu Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Setempat (SPALDS) sederhana berupa tangki septik komunal, untuk mewujudkan *cost-efficient*, yang dapat dioperasikan secara swadaya oleh masyarakat, dengan dukungan pemerintah secara parsial. Strategi yang direkomendasikan untuk tangki septik komunal yang *sustainable* antara lain penyedotan terjadwal, subsidi investasi pemerintah, penyesuaian tarif, dan optimalisasi kapasitas IPLT (Putri, 2017; Stevani & Soewondo, 2021).

Perkembangan signifikan muncul dari pengenalan teknologi berbasis Internet of Things (IoT). Knieps (2017) IoT dapat digunakan untuk pemantauan kualitas air limbah dan kondisi operasional secara *real-time* melalui sensor nirkabel yang terhubung ke sistem kendali pusat. Ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan pemeliharaan yang bersifat prediktif, sehingga sangat relevan untuk sistem terdesentralisasi yang sulit diawasi secara langsung. Penggunaan sistem cerdas ini juga membantu mengatasi kendala kekurangan tenaga kerja teknis, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi risiko kegagalan operasional yang berujung pada pencemaran lingkungan (Knieps, 2017; Sam et al., 2022).

Cakupan inovasi dapat diperluas dengan menyoroti teknologi lintas sektor dalam sistem *Water, Sanitation, and Hygiene* (WASH) yang menggabungkan sistem pengolahan air limbah dengan solusi manajemen air hujan dan penyediaan air bersih. Pendekatan ini sangat penting dalam konteks perkotaan yang rentan terhadap perubahan iklim dan lonjakan populasi (Kumar et al., 2023). Inovasi dalam desain infrastruktur hijau, penggunaan bahan lokal, dan penggabungan solusi berbasis alam seperti biofilter dan kolam ekologi menunjukkan bahwa masa depan sistem lumpur akan semakin terpadu dan berorientasi lingkungan (Kumar et al., 2023).

Meskipun banyak teknologi menjanjikan telah tersedia, tantangan tetap ada dalam hal biaya awal yang tinggi, keterbatasan infrastruktur digital, dan kapasitas teknis lokal yang terbatas. Oleh karena itu, penting untuk memasukkan komponen pelatihan dan penguatan kelembagaan dalam setiap inisiatif pengembangan teknologi. Diperlukan kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, swasta, dan lembaga riset untuk memastikan bahwa teknologi yang diadopsi benar-benar sesuai dengan kebutuhan lokal dan tidak hanya bersifat demonstratif (Xu et al., 2021; Mundonde & Makoni, 2023).

3.5 Isu Kebijakan dan Tata Kelola IPLT

Di samping aspek teknologi dan infrastruktur, keberhasilan pengelolaan lumpur tinja juga sangat bergantung pada efektivitas kebijakan dan tata kelola yang mendasarinya. Unsur-unsur penting dalam struktur tata kelola ini meliputi kerangka regulasi, pembagian peran antar lembaga, mekanisme penegakan hukum, strategi pembiayaan, serta sistem akuntabilitas publik. Sejumlah kajian menunjukkan bahwa tata kelola memiliki peran ganda, bila baik maka dapat berperan sebagai pendorong, namun bila lemah atau tidak terkoordinasi maka dapat menjadi kendala dalam upaya meningkatkan kinerja sistem pengelolaan lumpur tinja (Asmara et al., 2021; Adugna, 2023; Mundonde & Makoni, 2023).

Banyak negara menghadapi masalah fragmentasi kelembagaan, di mana tanggung jawab pengelolaan lumpur tersebar di berbagai kementerian, lembaga, atau pemerintah daerah. Hal ini sering menyebabkan tumpang tindih tugas, lemahnya koordinasi, dan celah dalam pelayanan (Asmara et al., 2021; Adugna, 2023).

Sebagai contoh, pembagian tugas antar lembaga yang tidak jelas menyebabkan layanan menjadi tumpang tindih (Putri, 2017), Sementara itu, di banyak kota di Afrika, pengelolaan lumpur tinja sering dikendalikan oleh organisasi yang memberikan dukungan pendanaan, atau pihak swasta, tanpa kerja sama yang kuat dengan pemerintah daerah (Calderón-Villarreal et al., 2022; Lawhon et al., 2023).

Fotio & Nguea (2022) menyoroti bahwa globalisasi berperan dalam membentuk pola investasi dan distribusi infrastruktur sanitasi, terutama di negara-negara Afrika. Ketergantungan pada proyek-proyek berskala besar yang digerakkan oleh kepentingan pasar global sering kali memperparah kesenjangan, karena pembangunan cenderung difokuskan pada kawasan perkotaan elit, sementara daerah miskin dan pedesaan tertinggal. Situasi ini menunjukkan bahwa kebijakan sanitasi perlu dirancang dengan mempertimbangkan pengaruh politik dan ekonomi global, yang

sangat menentukan alokasi dana dan arah pembangunan. Oleh sebab itu, peran pemerintah sangat penting untuk memastikan bahwa campur tangan pihak luar tidak mengorbankan prinsip keadilan sosial dan akses layanan yang merata bagi semua kelompok masyarakat (Fotio & Nguea, 2022; Hameiri & Jones, 2024).

Keterbatasan pendanaan menjadi hambatan utama dalam pengembangan sistem pengelolaan lumpur tinja yang berkelanjutan. Ahmad (2021) menekankan pentingnya memiliki beragam sumber pembiayaan di Tiongkok untuk mendukung infrastruktur hijau. Sementara itu, Fay et al. (2021) dan Bao et al. (2024) menunjukkan bahwa kerja sama antara dana pemerintah dan pinjaman dari pemerintah daerah dapat membantu memperluas jangkauan proyek sanitasi di perkotaan. Strategi ini sangat relevan dengan Kota Tangerang, dengan komposisi anggaran pengelolaan air limbah domestik sebesar Rp 11.703.273.566 atau 3,48% dari anggaran Dinas Perkimtan sejumlah Rp 336.152.349.338 selaku pengampu urusan sanitasi (Dinas Perkimtan, 2024). Penerapan insentif fiskal dan integrasi antara belanja sanitasi dan pembangunan berkelanjutan menjadi opsi yang layak dikaji lebih lanjut.

Kemitraan publik-swasta (*Public-Private Partnership/ PPP*) dipromosikan sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi dan membiayai kekurangan anggaran pemerintah (Yoshino et al., 2020; Yakubova et al., 2021). Namun, seperti ditunjukkan oleh Mundonde & Makoni (2023), keberhasilan PPP sangat tergantung pada kerangka kontrak yang jelas, insentif berbasis kinerja, dan keterlibatan masyarakat dalam proses perencanaan serta pengawasan.

Tata kelola yang baik mencakup keterlibatan komunitas secara aktif, tidak hanya sebagai pengguna, tetapi juga sebagai pengawas dan pengambil keputusan. Purnama Sari Indah et al. (2022) dan Tseklevs et al. (2022) menunjukkan bahwa sistem sanitasi yang dirancang bersama masyarakat memiliki peluang lebih besar untuk bertahan dalam jangka panjang. Namun, untuk memastikan partisipasi masyarakat bersifat substantif dan berdampak langsung terhadap pengambilan keputusan, dibutuhkan dukungan politik, ruang untuk berdiskusi, dan mekanisme insentif yang membuat masyarakat merasa memiliki sistem tersebut. Tanpa dukungan nyata dari pemerintah daerah, partisipasi warga seringkali hanya bersifat formalitas dan tidak benar-benar mempengaruhi desain maupun keberlanjutan program (Lawhon et al., 2023; Mundonde & Makoni, 2023).

3.6 Studi kasus dan Pembelajaran Komparatif

Studi kasus memberikan gambaran yang lebih konkret tentang bagaimana sistem pengelolaan lumpur tinja berfungsi di lapangan. Melalui pendekatan ini, kita dapat melihat bagaimana teknologi, kebijakan, kelembagaan, dan perilaku sosial saling memengaruhi dalam situasi tertentu. Literatur yang dianalisis mencakup berbagai contoh dari Asia, Afrika, dan Amerika Latin, yang memperlihatkan tidak hanya kegagalan yang dapat dijadikan pelajaran, tetapi juga praktik-praktik yang berhasil dan berpotensi untuk diterapkan. (Haas et al., 2021; Mundonde & Makoni, 2023; Qamar et al., 2022).

Rendahnya cakupan layanan penyedotan lumpur tinja secara resmi di IPLT Bawang, yaitu hanya sekitar 1,1–1,3% dari total 416.121 rumah di Kota Tangerang pada tahun 2024 (Dinas Perkimtan, 2024), menjadi indikator utama kurang optimalnya kinerja sistem pengelolaan lumpur tinja. Tantangan ini juga tercermin pada studi-studi terdahulu di Indonesia, seperti pada IPLT Supit Urang Kota Malang dan IPLT Sumur Batu Kota Bekasi, dengan kondisi kapasitas layanan yang tidak sebanding dengan potensi kebutuhan (Asmara et al., 2021).

Sementara itu, peningkatan layanan di sektor industri dan komersial yang terdiri dari UMKM, Industri Menengah, Rumah Sakit, Apotek, dan Industri Besar meningkat sampai dengan 261% dalam tiga tahun terakhir (Dinas Perkimtan, 2024) menyoroti ketimpangan pemanfaatan layanan antara sektor rumah tangga dan non-rumah tangga, ketimpangan ini sejalan dengan kondisi serupa yang dilaporkan di Ghana dan Zimbabwe (Asumadu et al., 2023; Mundonde & Makoni, 2023).

Lebih lanjut, hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa limbah hasil olahan IPLT Bawang secara rutin melampaui ambang batas baku mutu lingkungan, khususnya pada parameter BOD, COD, dan TSS. Studi di berbagai lokasi seperti Uganda dan Pakistan juga menunjukkan kelemahan serupa dalam efektivitas pengolahan lumpur konvensional (Manga et al., 2021; Qamar et al., 2022; Werkneh & Gebru, 2023).

Ahmad (2021) dan Bao et al. (2024) menekankan pentingnya merancang ulang skema pembiayaan IPLT dengan mengintegrasikan pendekatan fiskal lokal yang lebih responsif. Bazaanah & Mothapo (2024) turut memperkuat pandangan tersebut dengan menyatakan bahwa penyediaan layanan sanitasi yang berkelanjutan di wilayah pinggiran

dan pedesaan membutuhkan perencanaan layanan yang kontekstual serta investasi jangka panjang. Sementara itu, temuan dari Shukla et al. (2023) menunjukkan bahwa penerapan sistem IPLT yang memungkinkan pemanfaatan kembali hasil pengolahannya menjadi energi, air, atau pupuk dari lumpur tinja, dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung upaya pemanfaatan limbah secara berkelanjutan. Merid et al. (2023) dan Waddington et al. (2023) juga menegaskan bahwa peningkatan kualitas layanan pengelolaan lumpur tinja sangat penting sebagai bagian dari strategi kesehatan masyarakat, khususnya dalam mencegah penyebaran penyakit diare di kawasan padat penduduk.

Berikut ini adalah studi kasus dan pembelajaran komparatif yang dirangkum dari kajian literatur terhadap penelitian terdahulu:

1. Jakarta, Indonesia – Desentralisasi dan Tantangan Koordinasi

Jakarta merupakan contoh yang jelas dari tantangan fragmentasi tata kelola dalam pengelolaan sanitasi di kota megapolitan. Putri (2017) menjelaskan bahwa berbagai instansi memiliki peran masing-masing, mulai dari pembangunan fasilitas sanitasi berbasis *on-site* hingga pengumpulan dan pengolahan lumpur tinja. Namun, koordinasi yang lemah antar instansi menyebabkan sejumlah permasalahan, misalnya tidak efisiennya biaya operasional, kekosongan data, dan tumpang tindih layanan. Upaya desentralisasi yang dilakukan tidak diiringi dengan mekanisme pengawasan yang memadai, sementara pemerintah daerah menghadapi kendala berupa keterbatasan anggaran dan mandat yang kurang jelas. Meskipun terdapat investasi untuk membangun IPLT skala kecil, lemahnya penegakan regulasi serta kurangnya komunikasi kepada masyarakat turut menghambat efektivitas implementasinya. Kasus Jakarta menunjukkan pentingnya koordinasi kelembagaan yang solid dan sistem pemantauan yang terstruktur dalam mendukung keberhasilan sistem pengelolaan lumpur tinja.

2. Kampala, Uganda – Pendekatan Hibrida dan Keterlibatan Komunitas

Kampala menunjukkan pendekatan sanitasi hibrida, yang menggabungkan sistem limbah terpusat dan pengelolaan lumpur tinja terdesentralisasi untuk daerah yang belum tersambung. Lawhon et al. (2023) menyebutkan bahwa kota ini melibatkan lembaga swadaya masyarakat dan organisasi berbasis masyarakat dalam perencanaan dan pelaksanaan layanan, yang meningkatkan penerimaan pengguna dan cakupan layanan. Pengalaman Kampala menunjukkan bahwa perpaduan antara infrastruktur formal dan model yang berbasis komunitas dapat meningkatkan kinerja layanan jika didukung oleh pembiayaan fleksibel dan tata kelola yang inklusif. Namun, tantangan tetap ada dalam memperluas pendekatan ini secara merata dan mempertahankan kualitas layanan.

3. Pakistan – Risiko Kesehatan Akibat Penanganan Lumpur yang Buruk

Kondisi di Pakistan menggambarkan risiko kesehatan masyarakat yang timbul akibat pengelolaan lumpur yang tidak terkendali. Qamar et al. (2022) menjelaskan bahwa di banyak wilayah, pembuangan lumpur tinja dilakukan ke saluran terbuka atau langsung ke lahan pertanian, yang menyebabkan kontaminasi lingkungan dan wabah penyakit. Regulasi hampir tidak ada, dan koordinasi antar lembaga sangat lemah. Upaya reformasi pengelolaan lumpur sering terhambat oleh ketidakstabilan politik, kekurangan anggaran, dan rendahnya kesadaran publik. Studi ini menekankan pentingnya kerangka kebijakan nasional, penegakan hukum, dan edukasi masyarakat.

4. Dhaka, Bangladesh – Kepadatan Tinggi dan Tekanan Infrastruktur

Dhaka menghadapi tantangan khas kota padat penduduk, Angelakis et al. (2023) menjelaskan bahwa meskipun proyek jaringan pembuangan berskala besar tersedia, cakupannya tidak merata dan banyak wilayah masih bergantung pada tangki septik. Kota ini telah menguji coba beberapa IPLT, tetapi keterbatasan lahan, kapasitas kelembagaan yang lemah, dan hambatan keterjangkauan menjadi kendala. Namun, studi tersebut menunjukkan bahwa investasi infrastruktur yang ditargetkan dan disertai partisipasi masyarakat dapat memberikan hasil positif, terutama jika selaras dengan rencana pembangunan kota.

5. Zimbabwe – Kegagalan PPP di Lingkungan Politik yang Tidak Stabil

Di Zimbabwe, upaya menggunakan kemitraan publik-swasta (PPP) dalam pembangunan infrastruktur sanitasi menunjukkan hasil yang beragam. Mundonde & Makoni (2023) menyatakan bahwa meskipun PPP menawarkan pembiayaan dan keahlian teknis, kontrak yang lemah, campur tangan politik, dan kurangnya keterlibatan komunitas menyebabkan ketidakberhasilan. Kasus ini menegaskan bahwa PPP bukan solusi otomatis, mereka membutuhkan

tata kelola yang kuat, struktur akuntabilitas, dan kepercayaan masyarakat. Tanpa itu, PPP justru berisiko memperdalam kesenjangan layanan atau menghasilkan infrastruktur yang tidak berkelanjutan.

3.7 Sintesis Masalah dan Rekomendasi Strategi Berdasarkan Studi Komparatif

Diagram identifikasi masalah pada Gambar 3 menunjukkan bahwa rendahnya kinerja IPLT Bawang disebabkan oleh berbagai faktor, mulai dari aspek teknis, kelembagaan, pendanaan, hingga partisipasi masyarakat. Temuan ini sejalan dengan studi komparatif dari berbagai negara di Asia, Afrika, dan Amerika Latin, yang menunjukkan bahwa permasalahan serupa juga terjadi di banyak kota berkembang. Oleh karena itu, penting untuk menyusun strategi peningkatan kinerja yang berdasarkan bukti dan sesuai dengan kondisi Kota Tangerang sebagai berikut:

1. **Aspek Teknis dan Infrastruktur**
Kualitas efluen IPLT Bawang yang tidak stabil dan sering tidak memenuhi baku mutu juga ditemukan dalam kasus serupa di kota-kota seperti Dhaka dan Kampala. Untuk mengatasinya, dibutuhkan peningkatan teknologi pengolahan lumpur, misalnya melalui sistem modular, unit dewatering, dan pemanfaatan hasil olahan sebagai energi atau pupuk (Shukla et al., 2023; Werkneh & Gebru, 2023).
2. **Kelembagaan dan Koordinasi**
Minimnya koordinasi antar instansi, seperti yang terjadi di Jakarta (Putri, 2017) dan Zimbabwe (Mundonde & Makoni, 2023), mengakibatkan tumpang tindih peran dan lemahnya pengawasan. Situasi serupa juga terjadi di IPLT Bawang. Maka, penting untuk membentuk mekanisme koordinasi yang jelas antar lembaga dan memperkuat sistem pemantauan kinerja.
3. **Pendanaan yang Terbatas**
Layanan lumpur rumah tangga di IPLT Bawang masih sangat terbatas, salah satunya karena keterbatasan dana. Studi di Tiongkok dan Ghana menunjukkan bahwa pembiayaan dari berbagai sumber, seperti dana pemerintah, pinjaman lokal, dan insentif berbasis hasil, dapat meningkatkan keberlanjutan layanan (Ahmad, 2021; Fay et al., 2021; Asumadu et al., 2023). Pendekatan ini dapat diadaptasi untuk memperkuat pembiayaan di Kota Tangerang.
4. **Keterlibatan Masyarakat**
Kurangnya kesadaran dan partisipasi masyarakat menjadi hambatan tersendiri. Studi di beberapa kota di Afrika dan Asia menunjukkan bahwa program sanitasi yang dirancang dengan melibatkan masyarakat cenderung lebih berhasil dan berkelanjutan (Purnama Sari Indah et al., 2022; Tseklevs et al., 2022). Oleh karena itu, upaya edukasi dan upaya melibatkan masyarakat perlu diperkuat.
5. **Ketimpangan Akses**
Data menunjukkan bahwa peningkatan cakupan layanan IPLT lebih banyak dipengaruhi industri dibandingkan rumah tangga. Hal ini mencerminkan ketimpangan yang juga ditemukan di negara lain seperti Pakistan dan Ghana. Maka, penting bagi pemerintah daerah untuk memastikan akses layanan yang lebih merata dan adil.
6. **Dampak terhadap Kesehatan**
Sistem pengelolaan lumpur yang tidak optimal dapat berdampak pada kesehatan masyarakat, terutama di daerah padat penduduk. Studi di Pakistan dan Los Angeles menunjukkan bahwa sanitasi yang buruk berkaitan langsung dengan meningkatnya risiko penyakit seperti diare (Avelar Portillo et al., 2023; Qamar et al., 2022). Temuan tersebut menegaskan bahwa peningkatan kinerja IPLT juga merupakan bagian penting dari strategi kesehatan masyarakat.

Studi komparatif membantu memperjelas bahwa permasalahan di IPLT Bawang bukanlah kasus yang berdiri sendiri, tetapi bagian dari pola umum yang terjadi di kota-kota berkembang. Oleh karena itu, strategi perbaikan perlu disusun secara menyeluruh, berbasis data, dan mempertimbangkan kondisi lokal, agar mampu menjawab tantangan teknis, kelembagaan, dan sosial secara terpadu.

4 KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja sistem pengelolaan lumpur tinja di IPLT Bawang, Kota Tangerang, masih menghadapi berbagai tantangan dari sisi teknis, kelembagaan, pembiayaan, hingga partisipasi masyarakat. Hasil observasi lapangan mengungkapkan bahwa cakupan layanan rumah tangga masih sangat rendah, kualitas efluen belum stabil memenuhi baku mutu, dan terdapat keterbatasan dalam kapasitas operasional maupun dukungan anggaran.

Melalui studi literatur dan analisis komparatif dengan kasus-kasus di Asia, Afrika, dan Amerika Latin, ditemukan bahwa permasalahan serupa juga terjadi di banyak negara berkembang. Masalah seperti lemahnya koordinasi, pendanaan yang tidak berkelanjutan, dan minimnya keterlibatan masyarakat adalah isu umum yang menghambat keberhasilan sistem pengelolaan lumpur tinja.

Untuk itu, dibutuhkan strategi peningkatan kinerja IPLT secara terpadu secara menyeluruh dan berbasis pada data. Strategi yang direkomendasikan meliputi perbaikan teknologi pengolahan, memperkuat kerja sama antar lembaga dan sistem pemantauan, mengembangkan model pembiayaan yang fleksibel dan berkelanjutan, serta melibatkan masyarakat secara aktif melalui edukasi dan insentif. Kedepannya, pemerintah daerah perlu menempatkan pengelolaan lumpur tinja sebagai bagian penting dari kebijakan kesehatan dan pembangunan daerah. Melalui kerja sama antar sektor dan pendekatan yang menyeluruh, sistem pengelolaan lumpur tinja di IPLT Bawang Kota Tangerang dapat ditingkatkan secara bertahap menjadi lebih adil, efisien, dan tahan terhadap tantangan ke depan.

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih secara khusus saya sampaikan kepada Kepala Dinas Perumahan, Permukiman dan Pertanahan Kota Tangerang beserta jajarannya atas kerja sama dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Juga kepada Dwi Sari Ayuningtias dan Rizki Dewayani Putri atas masukan dan saran yang meningkatkan kualitas kajian literatur ini secara signifikan.

6 REFERENSI

- Adugna, D. (2023). Challenges of sanitation in developing counties - Evidenced from a study of fourteen towns, Ethiopia. *Heliyon*, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12932>
- Aghalari, Z., Dahms, H. U., Sillanpää, M., Sosa-Hernandez, J. E., & Parra-Saldívar, R. (2020). Effectiveness of wastewater treatment systems in removing microbial agents: A systematic review. In *Globalization and Health* (Vol. 16, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12992-020-0546-y>
- Ahmad, E. (2021). Multilevel financing of sustainable infrastructure in china— policy options for inclusive, resilient and green growth. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 5(1). <https://doi.org/10.24294/jipd.v5i1.1251>
- Akbar Chinna Mohideen, S. M. S., Singh, S., Chowdhury, T. A., & Brdjanovic, D. (2022). Application of Financial Flow Simulator (eSOSView™) for Analyzing Financial Viability and Developing a Sustainable Fecal Sludge Management Business Model in Kushtia, Bangladesh. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.863044>
- Amin, N., Foster, T., Shimki, N. T., Hasan, M. R., Sarkar, S., Adnan, S. D., Rahman, A., Khan, R., Rahman, M., & Willetts, J. (2025). Inadequate wastewater management in Dhaka's major hospitals: A socio-technical systems analysis of leadership, policy, and technological challenges. *PLOS Water*, 4(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000270>
- Angelakis, A. N., Capodaglio, A. G., Passchier, C. W., Valipour, M., Krasilnikoff, J., Tzanakakis, V. A., Sürmelihindi, G., Baba, A., Kumar, R., Haut, B., Roubelakis, M. G., Min, Z., & Dercas, N. (2023). Sustainability of Water, Sanitation, and Hygiene: From Prehistoric Times to the Present Times and the Future. In *Water (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/w15081614>

- Asmara, A. A., Rahmawati, S., Yulianto, A., Abay, M. R., Arlina, D., & Wacano, D. (2021). A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SEPTAGE MANAGEMENT IN BANTUL, YOGYAKARTA. *INDONESIAN JOURNAL OF URBAN AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY*, 109–124. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v4i2.7624>
- Asumadu, G., Quaigrain, R., Owusu-Manu, D., Edwards, D. J., Oduro-Ofori, E., & Dapaah, S. M. (2023). Analysis of urban slum infrastructure projects financing in Ghana: A closer look at traditional and innovative financing mechanisms. *World Development Perspectives*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2023.100505>
- Avelar Portillo, L. J., Kayser, G. L., Ko, C., Vasquez, A., Gonzalez, J., Avelar, D. J., Alvarenga, N., Franklin, M., & Chiang, Y. Y. (2023). Water, Sanitation, and Hygiene (WaSH) insecurity in unhoused communities of Los Angeles, California. *International Journal for Equity in Health*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12939-023-01920-8>
- Balkrishna, A., Kaushik, P., Singh, S., Agrahari, P., Kumar, B., Kumar, P., & Arya, V. P. (2025). Potential use of sewage sludge as fertilizer in organic farming. In *Cleaner Waste Systems* (Vol. 10). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100245>
- Bao, H. X. H., Wang, Z., & Wu, R. L. (2024). Understanding local government debt financing of infrastructure projects in China: Evidence based on accounting data from local government financing vehicles. *Land Use Policy*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106964>
- Bazaanah, P., & Mothapo, R. A. (2024). Sustainability of drinking water and sanitation delivery systems in rural communities of the Lepelle Nkumpi Local Municipality, South Africa. *Environment, Development and Sustainability*, 26(6), 14223–14255. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03190-4>
- Berawi, M. A., Putri, C. R., Sari, M., Salim, A. V., Saroji, G., & Miraj, P. (2021). An Infrastructure Financing Scheme for Industrial Development. *International Journal of Technology*, 12(5), 935–945. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i5.5202>
- Brouwer, R., Sharmin, D. F., Elliott, S., Liu, J., & Khan, M. R. (2023). Costs and benefits of improving water and sanitation in slums and non-slum neighborhoods in Dhaka, a fast-growing mega-city. *Ecological Economics*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107763>
- Calderón-Villarreal, A., Schweitzer, R., & Kayser, G. (2022). Social and geographic inequalities in water, sanitation and hygiene access in 21 refugee camps and settlements in Bangladesh, Kenya, Uganda, South Sudan, and Zimbabwe. *International Journal for Equity in Health*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12939-022-01626-3>
- Caruso, B. A., Conrad, A., Patrick, M., Owens, A., Kviton, K., Zarella, O., Rogers, H., & Sinharoy, S. S. (2022). Water, sanitation, and women's empowerment: A systematic review and qualitative metasynthesis. *PLOS Water*, 1(6), e0000026. <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000026>
- Chaitkin, M., McCormick, S., Alvarez-Sala Torrealano, J., Amongin, I., Gaya, S., Hanssen, O. N., Johnston, R., Slaymaker, T., Chase, C., Hutton, G., & Montgomery, M. (2022). Estimating the cost of achieving basic water, sanitation, hygiene, and waste management services in public health-care facilities in the 46 UN designated least-developed countries: a modelling study. *The Lancet Global Health*, 10(6), e840–e849. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(22\)00099-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(22)00099-7)
- Chung, K. H. Y., Li, D., & Adriaens, P. (2023). Technology-enabled financing of sustainable infrastructure: A case for blockchains and decentralized oracle networks. *Technological Forecasting and Social Change*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122258>
- Ddiba, D., Andersson, K., Rosemarin, A., Schulte-Herbrüggen, H., & Dickin, S. (2022). The circular economy potential of urban organic waste streams in low- and middle-income countries. *Environment, Development and Sustainability*, 24(1), 1116–1144. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01487-w>
- de Simone Souza, H. H., de Moraes Lima, P., Medeiros, D. L., Vieira, J., Filho, F. J. C. M., Paulo, P. L., Fullana-i-Palmer, P., & Boncz, M. Á. (2023). Environmental assessment of on-site source-separated wastewater treatment

- and reuse systems for resource recovery in a sustainable sanitation view. *Science of the Total Environment*, 895. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165122>
- Demsash, A. W., Tegegne, M. D., Wubante, S. M., Walle, A. D., Donacho, D. O., Senishaw, A. F., Emanu, M. D., & Melaku, M. S. (2023). Spatial and multilevel analysis of sanitation service access and related factors among households in Ethiopia: Using 2019 Ethiopian national dataset. *PLOS Global Public Health*, 3(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0001752>
- Dinas Perkimtan. (2024). *LPPD Dinas Perkimtan*.
- Fay, M., Martimort, D., & Straub, S. (2021). Funding and financing infrastructure: The joint-use of public and private finance. *Journal of Development Economics*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102629>
- Fotio, H. K., & Nguea, S. M. (2022). Access to water and sanitation in Africa: Does globalization matter? *International Economics*, 170, 79–91. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2022.02.005>
- Ghosh, P., Hossain, M., & Alam, A. (2022). Water, Sanitation, and Hygiene (WASH) poverty in India: A district-level geospatial assessment. *Regional Science Policy and Practice*, 14(2), 396–416. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12468>
- Haas, R., Ajanovic, A., Ramsebner, J., Perger, T., Knápek, J., & Bleyl, J. W. (2021). Financing the future infrastructure of sustainable energy systems. *Green Finance*, 3(1), 90–118. <https://doi.org/10.3934/GF.2021006>
- Hameiri, S., & Jones, L. (2024). Why the West's alternative to China's international infrastructure financing is failing. *European Journal of International Relations*, 30(3), 697–724. <https://doi.org/10.1177/13540661231218573>
- Hdidou, M., Necibi, M. C., Labille, J., Hajjaji, S. El, Dhiba, D., Chechbouni, A., & Roche, N. (2022). Potential use of constructed wetland systems for rural sanitation and wastewater reuse in agriculture in the moroccan context. In *Energies* (Vol. 15, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/en15010156>
- Hyde-Smith, L., Zhan, Z., Roelich, K., Mdee, A., & Evans, B. (2022). Climate Change Impacts on Urban Sanitation: A Systematic Review and Failure Mode Analysis. In *Environmental Science and Technology* (Vol. 56, Issue 9, pp. 5306–5321). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c07424>
- Kemenkes. (2021, January 19). *Berhasil Raih 100% Stop BAB Sembarangan, 29 Kab/Kota Terima Penghargaan STBM Awards 2020*. <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/umum/20201113/0035677/berhasil-raih-100-stop-bab-sembarangan-29-kabkota-terima-penghargaan-stbm-awards-2020/>
- Kim, J., Hagen, E., Muindi, Z., Mbonglou, G., & Laituri, M. (2022). An examination of water, sanitation, and hygiene (WASH) accessibility and opportunity in urban informal settlements during the COVID-19 pandemic: Evidence from Nairobi, Kenya. *Science of the Total Environment*, 823. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153398>
- Knieps, G. (2017). Internet of things and the economics of smart sustainable cities. *Competition and Regulation in Network Industries*, 18(1–2), 115–131. <https://doi.org/10.1177/1783591717736502>
- Kumar, G. M., Chaturvedi, P., Rao, A. K., Vyas, M., Sethi, V. A., Swathi, B., & Jabbar, K. A. (2023). Flowing Futures: Innovations in WASH for Sustainable Water, Sanitation, and Hygiene. *E3S Web of Conferences*, 453. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345301040>
- Lawhon, M., Nsangi Nakyagaba, G., & Karpouzoglou, T. (2023). Towards a modest imaginary? Sanitation in Kampala beyond the modern infrastructure ideal. *Urban Studies*, 60(1), 146–165. <https://doi.org/10.1177/00420980211064519>
- Manga, M., Camargo-Valero, M. A., Anthonj, C., & Evans, B. E. (2021). Fate of faecal pathogen indicators during faecal sludge composting with different bulking agents in tropical climate. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 232. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113670>

- Merid, M. W., Alem, A. Z., Chilot, D., Belay, D. G., Kibret, A. A., Asratie, M. H., Shibabaw, Y. Y., & Aragaw, F. M. (2023). Impact of access to improved water and sanitation on diarrhea reduction among rural under-five children in low and middle-income countries: a propensity score matched analysis. *Tropical Medicine and Health*, 51(1). <https://doi.org/10.1186/s41182-023-00525-9>
- Mundonde, J., & Makoni, P. L. (2023). Public private partnerships and water and sanitation infrastructure development in Zimbabwe: what determines financing? *Environmental Systems Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40068-023-00295-7>
- Murungi, C., & van Dijk, M. P. (2014). Emptying, Transportation and Disposal of fecal sludge in informal settlements of Kampala Uganda: The economics of sanitation. *Habitat International*, 42, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2013.10.011>
- Omoruyi, E. M. M. (2021). Harnessing the Demographic Dividend in Africa Through Lessons From East Asia's Experience. *Journal of Comparative Asian Development*, 18(2). <https://doi.org/10.4018/JCAD.20210701.oa1>
- Phillips, A. E., Ower, A. K., Mekete, K., Liyew, E. F., Maddren, R., Belay, H., Chernet, M., Anjulo, U., Mengistu, B., Salasibew, M., Tasew, G., & Anderson, R. (2022). Association between water, sanitation, and hygiene access and the prevalence of soil-transmitted helminth and schistosome infections in Wolayita, Ethiopia. *Parasites and Vectors*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05465-7>
- Purnama Sari Indah, F., Cardiah, T., Rahmat, A., Sulandjari, K., Andiyan, A., & Hendayani, N. (2022). Effect of Community-Based Total sanitation Program with diarrhea Incidents in toddler at communities near rivers. *Materials Today: Proceedings*, 63, S349–S353. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.538>
- Putri, P. W. (2017). A Decentralised Approach to Wastewater Management in the Urbanising Region: The Case of Jakarta, Indonesia. *Urbanisation*, 2(2), 83–97. <https://doi.org/10.1177/2455747117740439>
- Qamar, K., Nchasi, G., Mirha, H. T., Siddiqui, J. A., Jahangir, K., Shaheen, S. K., Islam, Z., & Essar, M. Y. (2022). Water sanitation problem in Pakistan: A review on disease prevalence, strategies for treatment and prevention. In *Annals of Medicine and Surgery* (Vol. 82). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.104709>
- Sam, S. B., Ward, B. J., Niederdorfer, R., Morgenroth, E., & Strande, L. (2022). Elucidating the role of extracellular polymeric substances (EPS) in dewaterability of fecal sludge from onsite sanitation systems, and changes during anaerobic storage. *Water Research*, 222. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118915>
- Shukla, A., Patwa, A., Parde, D., & Vijay, R. (2023). A review on generation, characterization, containment, transport and treatment of fecal sludge and septage with resource recovery-oriented sanitation. In *Environmental Research* (Vol. 216). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114389>
- Singh, S., Mohan, R. R., Rathi, S., & Raju, N. J. (2017). Technology options for faecal sludge management in developing countries: Benefits and revenue from reuse. In *Environmental Technology and Innovation* (Vol. 7, pp. 203–218). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.02.004>
- Stevani, A. M., & Soewondo, P. (2021). Comparative study between conventional and mechanical technology on fecal sludge treatment plants (FSTP) in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 896(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/896/1/012031>
- Tsekles, E., Braga, M. F., Abonge, C., Santana, M., Pickup, R., Anchang, K. Y., de Pippo, T., Semple, K., & Roy, M. (2022). Community engagement in water, sanitation and hygiene in sub-Saharan Africa: does it WASH? *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 12(2), 143–156. <https://doi.org/10.2166/washdev.2022.136>
- Waddington, H. S., Masset, E., Bick, S., & Cairncross, S. (2023). Impact on childhood mortality of interventions to improve drinking water, sanitation, and hygiene (WASH) to households: Systematic review and meta-analysis. *PLoS Medicine*, 20(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1004215>

- Werkneh, A. A., & Gebru, S. B. (2023). Development of ecological sanitation approaches for integrated recovery of biogas, nutrients and clean water from domestic wastewater. In *Resources, Environment and Sustainability* (Vol. 11). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2022.100095>
- Xu, J., Ru, X., & Song, P. (2021). Can a new model of infrastructure financing mitigate credit rationing in poorly governed countries? *Economic Modelling*, 95, 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.12.001>
- Yakubova, S., Yunusova, S., Shaislamova, N., Murodov, S., Avazov, N., & Shovkatov, N. (2021). The role of public-private partnerships in financing infrastructure projects. *E3S Web of Conferences*, 284. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128407018>
- Yoshida, H., Christensen, T. H., & Scheutz, C. (2013). Life cycle assessment of sewage sludge management: A review. In *Waste Management and Research* (Vol. 31, Issue 11, pp. 1083–1101). <https://doi.org/10.1177/0734242X13504446>
- Yoshino, N., Azhgaliyeva, D., & Mishra, R. (2020). Financing infrastructure using floating-interest-rate infrastructure bond. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 4(2), 306–315. <https://doi.org/10.24294/jipd.v4i2.1236>