

Kajian Literatur Tentang Sistem Desain TPA Sebagai Upaya Pengelolaan Sampah Berkelanjutan

Muhammad Pasca Ashar¹⁾ and Husna Muizzati Shabrina²⁾

¹⁾ Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

²⁾ Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

^{a)}Corresponding author: 114210041@student.upnyk.ac.id

^{b)}husna.muizzati@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Pengelolaan sampah yang berkelanjutan masih menjadi tantangan di Indonesia, terutama karena banyak Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang masih beroperasi dengan sistem *Open Dumping*. Padahal berbagai regulasi seperti UU No. 18 Tahun 2008, PP No. 81 Tahun 2012, PermenPU No. 03 Tahun 2013, serta SNI 03-3241-1994 telah menetapkan standar teknis dan lingkungan dalam perancangan TPA. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem desain TPA dengan fokus pada komponen utama seperti sistem *liner*, saluran pengumpul lindi, pengelolaan gas metana, zona penyangga, serta fasilitas pendukung lainnya, serta membandingkan praktik di lapangan dengan regulasi yang berlaku. Penelitian ini menggunakan metode Kajian Literatur (*Literature Review*) deskriptif-analitis dengan sumber literatur yang diperoleh dari *Google Scholar*, *Scopus*, serta berbagai regulasi nasional terkait pengelolaan sampah. Proses pencarian awal menghasilkan 50 literatur yang kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi sehingga diperoleh 12 literatur utama, dengan minimal 60% merupakan publikasi tahun 2021–2025. Analisis dilakukan melalui komparasi antara standar desain dalam regulasi dan praktik pengelolaan TPA pada berbagai studi kasus serta analisis kesenjangan (*Gap Analysis*). Hasil kajian menunjukkan bahwa desain TPA berbasis *Sanitary Landfill* dapat meminimalkan risiko pencemaran lingkungan, namun implementasinya masih menghadapi kendala teknis, keterbatasan pendanaan, serta kurangnya data lingkungan seperti permeabilitas tanah dan kedalaman muka air tanah (MAT). Kajian ini memberikan sintesis mengenai kesenjangan antara standar regulasi dan praktik pengelolaan TPA yang dapat menjadi acuan dalam pengembangan desain TPA yang lebih efektif dan berkelanjutan di Indonesia.

Kata Kunci: Desain TPA, *Gap Analysis*, Regulasi, *Sanitary Landfill*, TPA

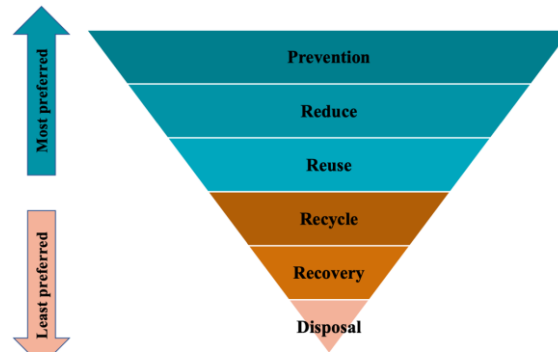
ABSTRACT

Sustainable waste management remains a significant challenge in Indonesia, particularly because many landfills still operate using the open dumping system. In fact, several national regulations such as Law No. 18 of 2008, Government Regulation No. 81 of 2012, Minister of Public Works Regulation No. 03 of 2013, and SNI 03-3241-1994 have established technical and environmental standards for landfill design. This study aims to analyze landfill design systems by focusing on key components such as liner systems, leachate collection systems, methane gas management, buffer zones, and other supporting facilities, while also comparing field practices with applicable regulations. This research employs a descriptive-analytical literature review method using literature sources obtained from Google Scholar, Scopus, and various national regulations related to waste management. The initial search identified 50 literature sources, which were then screened based on inclusion and exclusion criteria, resulting in 12 main references used for further analysis, with at least 60% published between 2021 and 2025. The analysis was conducted through a comparison between regulatory design standards and landfill management practices from various case studies, followed by a gap analysis. The results show that sanitary landfill-based design can minimize environmental pollution risks. However, its implementation still faces several challenges, including technical limitations, funding constraints, and the lack of environmental data such as soil permeability and groundwater table depth. This study contributes by providing a systematic synthesis of regulatory standards and practical implementation gaps in landfill design, which can serve as a reference for improving sustainable landfill planning and management in Indonesia.

Keywords: *Gap Analysis, Landfill, Landfill Design, Regulation, Sanitary Landfill*

PENDAHULUAN

Menurut UU No. 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah, sampah diartikan sebagai sisa aktivitas sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Khoiriyah (2021) menambahkan bahwa sampah adalah material sisa baik dari hewan, manusia, maupun tumbuhan yang tidak terpakai lagi dan dilepaskan ke alam dalam bentuk padat, cair maupun gas yang selalu ada dalam kehidupan sehari-hari. Pengelolaan sampah menjadi isu penting di Indonesia seiring dengan meningkatnya timbulan sampah sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi. Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan mata rantai terakhir dalam pengelolaan sampah seperti yang dapat dilihat pada hierarki pengelolaan sampah pada **Gambar 1**, sehingga keberadaannya tidak hanya sebagai lokasi pembuangan, tetapi juga harus dirancang untuk meminimalkan dampak lingkungan.



Gambar 1. Hierarki Pengelolaan Sampah
(Sumber: Sofian, dkk, 2023)

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap akhir pembuangannya. Tempat pembuangan sampah harus diisolasi dengan aman agar nantinya tidak menimbulkan kontaminasi atau gangguan terhadap masyarakat sekitar. Terdapat tiga macam sistem pengelolaan sampah, yaitu: *Open Dumping* dimana sampah hanya ditumpuk tanpa adanya perlakuan khusus, *Controlled Landfill* merupakan peningkatan dari sistem *Open Dumping* dengan menumpuk sampah di lokasi cekung yang kemudian dipadatkan dan ditutup tanah setiap beberapa hari untuk mengurangi bau dan meningkatkan estetika lingkungan, serta *Sanitary Landfill* yang merupakan sistem pengelolaan sampah yang dilakukan dengan cara sampah dipilah dan kemudian ditimbun dengan lapisan tanah setiap harinya di akhir jam operasi, serta melakukan pengelolaan lindi dan gas metana yang dihasilkan untuk meminimalisir dampak lingkungan (Yuliyanti, dkk, 2024).

Berbagai regulasi nasional telah menegaskan kewajiban pemerintah daerah untuk menyelenggarakan TPA yang sesuai standar. Tetapi praktik di lapangan menunjukkan bahwa banyak TPA yang masih beroperasi dengan sistem *Open Dumping* yang seharusnya sudah tidak diperbolehkan (Purnamasari, 2024). Oleh karena itu, kajian literatur ini bertujuan untuk menelaah regulasi, komponen desain TPA, perbandingan model di berbagai daerah serta *Gap Analysis* antara teori dengan praktik di lapangan sebagai dasar menuju pengelolaan sampah berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur (*literature review*) yang bersifat deskriptif-analitis untuk mengidentifikasi konsep desain Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang ideal dan berkelanjutan. Literatur yang digunakan diperoleh dari berbagai sumber ilmiah seperti *Google Scholar*, *Scopus*, peraturan perundang-undangan dan standar teknis, seperti PermenPU No. 03 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga, serta SNI 03-3241-1994 tentang Tata Cara Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah. Selain itu, kajian juga menggunakan literatur akademik berupa buku, artikel jurnal ilmiah, prosiding, serta laporan penelitian yang membahas mengenai desain TPA, sistem *Sanitary Landfill*, pengelolaan air lindi, dan pengelolaan sampah berkelanjutan.

Tahapan kajian literatur dilakukan melalui beberapa langkah, yaitu pengumpulan literatur, seleksi literatur, komparasi literatur, dan analisis kesenjangan (*Gap Analysis*). Pada tahap pengumpulan literatur, dilakukan pencarian referensi menggunakan kata kunci seperti Desain TPA, *Gap Analysis*, Regulasi dan *Sanitary Landfill*. Proses pencarian awal menghasilkan 50 literatur, yang kemudian diseleksi berdasarkan relevansi topik, kejelasan metode, serta kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi literatur yang membahas desain TPA, pengelolaan sampah, serta pengelolaan air lindi. Sedangkan kriteria eksklusi berupa literatur yang tidak memiliki keterkaitan langsung dengan topik penelitian atau tidak memiliki informasi metodologis yang jelas. Dari proses seleksi tersebut diperoleh 12 literatur utama yang digunakan dalam analisis lebih lanjut, dengan minimal 60% merupakan publikasi tahun 2021–2025 untuk menjaga relevansi penelitian.

Selanjutnya dilakukan proses komparasi antara standar desain yang direkomendasikan dalam literatur dan regulasi dengan praktik pengelolaan TPA yang ditemukan dalam berbagai studi kasus. Proses komparasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi aktual di lapangan. Hasil analisis kesenjangan tersebut kemudian disintesis dengan temuan dari berbagai literatur untuk merumuskan kesimpulan mengenai konsep desain TPA yang ideal, efektif, dan berkelanjutan. Untuk mempermudah proses analisis, hasil kajian literatur kemudian disusun dalam bentuk matriks sintesis literatur yang dapat dilihat pada **Tabel 1** yang memuat informasi mengenai fokus penelitian, metode yang digunakan, serta temuan utama dari masing-masing literatur yang relevan dengan topik penelitian.

Tabel 1. Matriks Sintesis Literatur

No.	Penulis (Tahun)	Fokus Penelitian	Metode	Temuan Utama
1.	Ariyani, dkk (2018)	Evaluasi pengelolaan sampah di TPA Piyungan.	Evaluasi Lapangan.	Zona penyangga berfungsi mengurangi dampak negatif (bau, lindi) terhadap pemukiman, badan air, dan lahan produktif.
2.	Darmastuti, dkk (2021)	Evaluasi kualitas lingkungan TPA Milangsari.	Evaluasi Lingkungan.	Lindi yang tidak dikelola menyebabkan pencemaran air tanah, ceceran limbah, dan bau tidak sedap.
3.	Irawan & Yudono (2014)	Studi kelayakan penentuan lokasi TPA di Pulau Bintan.	Studi Kelayakan.	Batuan berbutir halus (lempung) memiliki daya peredaman pencemaran alami yang lebih tinggi dibandingkan batuan berbutir kasar.
4.	Jauhary, dkk (2023)	Redesain Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) di TPA Ngipik.	Redesain Teknis.	Kolam anaerobik menguraikan senyawa organik dengan mikroorganisme, sedangkan kolam fakultatif menggabungkan proses aerobik dan anaerobik.
5.	Khoiriyah, Himmatul (2021)	Analisis Kesadaran Masyarakat Akan Kesehatan terhadap Upaya Pengelolaan Sampah di Desa Tegorejo	Analisis Kesadaran Masyarakat.	Sampah adalah material sisa dari manusia, hewan, atau tumbuhan yang dilepaskan ke alam dalam bentuk padat, cair, atau gas.
6.	Lukman, dkk (2021)	Evaluasi kinerja pengolahan	Evaluasi Teknis.	Kolam maturasi efektif menghilangkan mikroba patogen

No.	Penulis (Tahun)	Fokus Penelitian	Metode	Temuan Utama
		lumpur tinja di Kota Kendari.		melalui perubahan kondisi cepat dan pH yang sangat tinggi.
7.	NSWMC, & JICA (2010)	Desain, pengoperasian dan pengelolaan TPA	Buku Panduan Teknis	Menyediakan ilustrasi teknis untuk metode penimbunan <i>Trench</i> , <i>Area</i> , dan <i>Canyon</i> sesuai kondisi lapangan.
8.	Purnamasari, dkk (2024)	Analisis sistem pengelolaan sampah di TPA Tegalsari.	Analisis Deskriptif.	Implementasi <i>sanitary landfill</i> di Indonesia baru mencapai 9%, sisanya masih menggunakan <i>open dumping</i> atau <i>controlled landfill</i> .
9.	Sofian, dkk (2023)	Pengembangan pengelolaan E-waste yang berkelanjutan di Malaysia	Studi Karakteristik.	Memberikan gambaran hierarki pengelolaan sampah di mana pembuangan (<i>disposal</i>) adalah tahap terakhir yang paling tidak diinginkan.
10.	Tchobanoglous & Kreith (2002)	Standar umum pengelolaan sampah padat dunia.	Buku Panduan Teknis.	Metode penimbunan (<i>Trench</i> , <i>Area</i> , <i>Canyon</i>) dipilih berdasarkan topografi dan kedalaman Muka Air Tanah (MAT).
11.	Winardi, dkk (2022)	Perencanaan <i>Sanitary Landfill</i> dan perlapisan dasar di TPA Sekoto.	Perencanaan Teknis.	<i>Liner</i> berupa lempung atau geomembran krusial untuk mencegah rembesan lindi mencemari air tanah.
12.	Yuliyanti, dkk (2024)	Kajian pengelolaan TPA di Indonesia dan dampaknya bagi kesehatan.	Kajian Literatur.	<i>Sanitary landfill</i> membedakan diri melalui penimbunan tanah harian serta pengelolaan lindi dan gas metana secara aktif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Regulasi dan Standar Dalam Perancangan TPA

Terdapat beberapa regulasi yang menjadi acuan utama dalam melakukan perancangan TPA yang meliputi:

- UU No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dimana peraturan ini menjadi dasar dari seluruh upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup di Indonesia.
- UU No. 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah, digunakan sebagai dasar hukum pengelolaan sampah yang menekankan kepada pengurangan dan penanganan sampah
- PP No. 81 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga, yang menekankan kewajiban pemerintah daerah dalam menyediakan sarana prasarana TPA yang sesuai dengan standar yang berlaku
- PermenPU No. 03 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga, adalah peraturan

yang menetapkan berbagai kriteria teknis TPA, sehingga menjadi acuan utama dalam merancang atau mendesain TPA.

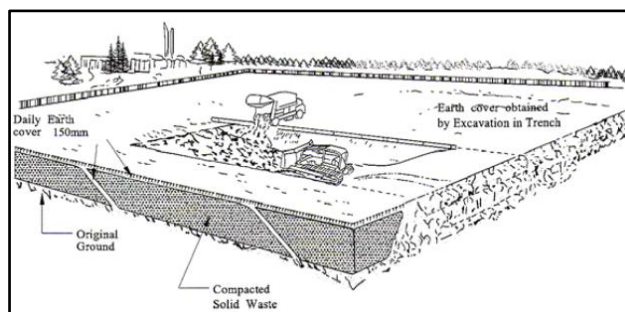
- PermenLHK P.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, mengatur mengenai baku mutu air lindi.
- SNI 03-3241-1994 Tentang Tata Cara Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah, berisi tentang tata cara dan berbagai parameter dalam menentukan lokasi TPA yang terbagi menjadi kriteria regional dan kriteria penyisih.

Regulasi-regulasi tersebut menegaskan bahwa pembangunan TPA harus memenuhi berbagai aspek seperti aspek teknis, lingkungan dan sosial untuk mencegah terjadinya pencemaran serta menjamin keberlanjutan.

Komponen Desain TPA

Desain TPA terdiri dari berbagai komponen, seperti yang sudah disebutkan dalam berbagai regulasi sebelumnya, bahwa sampah yang masuk ke TPA harus dibentuk menjadi sel-sel sampah yang kemudian ditimbun menggunakan tanah penutup. Metode penimbunan sampah adalah teknik yang digunakan untuk menimbun sampah tersebut. Metode penimbunan sampah menyesuaikan dengan kondisi topografi dan kedalaman Muka Air Tanah (MAT). Berdasarkan Tchobanoglous & Keith (2002) metode penimbunan tersebut diantaranya adalah:

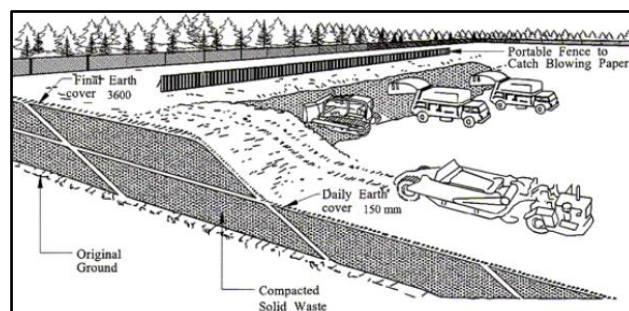
1. Metode *Trench*, metode ini merupakan metode *Sanitary Landfill* yang ideal pada lokasi dengan ketersediaan tanah penutup yang cukup dan muka air tanah yang dalam. Metode ini nantinya akan menempatkan sampah pada sel yang sudah digali, kemudian tanah hasil galian tersebut akan digunakan sebagai tanah penutup harian.



Gambar 2. Metode *Trench*

Sumber: NSWMC & JICA, 2010

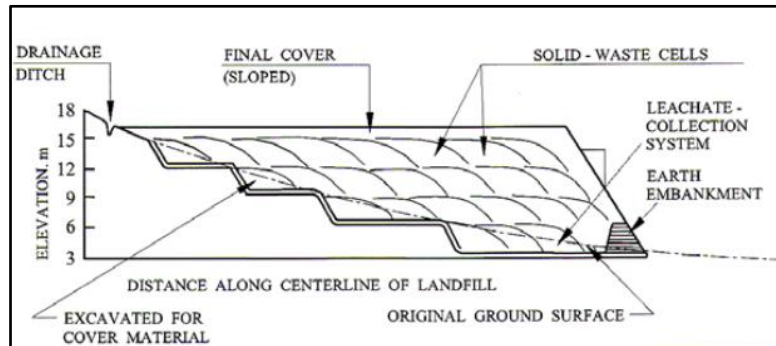
2. Metode *Area*, digunakan apabila lahan TPA memiliki kemiringan $< 2\%$, dan muka air tanah yang dangkal, sehingga hanya dapat dilakukan sedikit penggalian. Tanah penutup pada metode ini diperoleh dari area terdekat yang diangkut oleh truk, namun apabila ketersediaan tanah penutup terbatas, maka sampah yang telah terurai menjadi kompos dapat dimanfaatkan sebagai tanah penutup.



Gambar 3. Metode *Area*

Sumber: NSWMC & JICA, 2010

3. Metode *Canyon*, sama seperti namanya, metode ini memanfaatkan jurang atau lembah sebagai lokasi pembuangan sampah. Operasional metode ini mirip dengan Metode *Area*, namun apabila dasar jurang datar, maka dapat dilakukan penggalian seperti pada Metode *Trench*. Kelebihan dari metode ini adalah melimpahnya tanah penutup yang berasal dari galian dinding atau dasar jurang.



Gambar 4. Metode *Canyon*
Sumber: NSWMC & JICA, 2010

PermenPU No.03 Tahun 2013 menyebutkan bahwa TPA harus dilengkapi dengan sarana prasarana yang terdiri atas:

- Fasilitas Dasar (jalan masuk, jalan operasional, listrik, drainase, air bersih, pagar dan kantor)
- Fasilitas Perlindungan Lingkungan (lapisan kedap air, saluran pengumpul lindi, Instalasi Pengolahan Lindi (IPL))
- Fasilitas Operasional (alat berat, truk pengangkut dan tanah pengurukan)
- Fasilitas Penunjang (bengkel, garasi, tempat pencucian alat angkut dan alat berat, alat Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K), jembatan timbang dan tempat parkir)

Tahap awal yang dilakukan bagi lahan baru yang telah terpilih berdasarkan SNI 03-3241-1994 sebagai daerah pengembangan TPA adalah dilakukannya pembersihan lahan, kemudian dilakukan penggalian tanah yang kemudian akan dilakukan pemasangan sistem perlapisan dasar (*liner*) TPA. *Liner* merupakan lapisan kedap air yang berfungsi untuk menghambat air lindi meresap ke dalam tanah dan tidak mencemari air tanah (Winardi, dkk, 2022). Sistem *liner* yang digunakan ini akan menyesuaikan dengan kondisi geofisik daerah penelitian berupa jenis tanah, permeabilitas tanah, litologi dan kedalaman Muka Air Tanah (MAT).

Disebutkan dalam Irawan & Yudono (2014) bahwa Jenis batuan sangat berperan dalam mencegah atau mengurangi pencemaran air tanah dan air permukaan secara alami yang berasal dari air lindi. Tingkat peredaman sangat tergantung pada *attenuation capacity* (kemampuan peredaman) dari batuan. *Attenuation capacity* mencakup permeabilitas, daya filtrasi, pertukaran ion, absorbs, dan lain-lain. Jenis batuan yang dapat meloloskan air ke dalam tanah menjadi sangat buruk apabila di wilayah tersebut terdapat suatu kegiatan/pembangunan yang berpotensi menghasilkan zat pencemar seperti TPA sampah yang menghasilkan air lindi. Material batuan berbutir halus seperti batu lempung dan napal mempunyai daya peredaman yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan batuan dengan butir yang besar atau kristalin. Irawan & Yudono (2014) juga menyebutkan bahwa kedudukan Muka Air Tanah (MAT) merupakan parameter yang sangat penting bagi suatu kegiatan yang berpotensi menimbulkan pencemaran terhadap air tanah, karena semakin rendah/dangkal MAT nya maka semakin mudah pencemaran tersebut terjadi. Sehingga apabila suatu lokasi memiliki nilai litologi batuan yang berbutir halus seperti batu lempung dan MAT yang dalam, maka sistem *liner* yang dibutuhkan pun tidak perlu terlalu tebal, dikarenakan sudah terdapat perlapisan tanah dan batuan tebal dengan permeabilitas rendah yang melindungi dari pencemaran air lindi ke lingkungan.

Winardi, dkk (2022) menyebutkan bahwa material yang digunakan sebagai *liner* dapat berupa tanah lempung yang dipadatkan atau geomembran dengan ketebalan 1,5 – 2 mm. Sedangkan apabila mengacu kepada PermenPU No. 03 Tahun 2013, sistem *liner* ini terdiri dari tanah lempung yang dipadatkan

lapisan tanah pelindung tambahan untuk mencegah adanya rembesan air lindi ke dalam tanah apabila terjadi kebocoran pada geomembran, kemudian di atasnya diberikan lapisan geomembran sebagai lapisan kedap air untuk mencegah terjadinya rembesan langsung air lindi ke dalam tanah dan geotekstil sebagai lapisan untuk menyaring materi tersuspensi dari air lindi, kemudian di lapisan paling atas terdapat media penangkap sekaligus pengumpul lindi berupa kerikil dengan berbagai ukuran yang akan dipasang mengelilingi pipa pengumpul lindi.

Darmastuti, dkk (2021) mengatakan bahwa air lindi yang dihasilkan dari sampah pada TPA apabila tidak dikelola dapat menyebabkan pencemaran lingkungan seperti pencemaran terhadap air tanah, menyebabkan adanya ceceran air lindi di sekitar timbunan, dan menimbulkan bau yang tidak sedap. Selain itu, gas metana yang dihasilkan juga perlu dikelola dengan baik dan benar, karena dengan adanya gas metana yang terkumpul pada timbunan, maka dapat menimbulkan risiko terjadinya ledakan pada timbunan sampah, serta dapat meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca yang terdapat di atmosfer. Untuk mencegah terjadinya pencemaran yang dapat ditimbulkan oleh air lindi dan gas metana yang dihasilkan dari sampah di TPA, maka TPA perlu dilengkapi dengan saluran pengumpul lindi dan saluran gas metana. Saluran pengumpul lindi berfungsi untuk mengalirkan air lindi yang dihasilkan ke unit Instalasi Pengolahan Lindi (IPL). Berdasarkan PermenPU No. 03 Tahun 2013, saluran pengumpul lindi ini terdiri dari pipa induk dan pipa cabang yang terbuat dari bahan PVC untuk menghindari risiko terjadinya korosi pada saluran. Pipa yang digunakan ini merupakan pipa berlubang yang dipasang sedikit miring (1%-2%) secara horizontal agar air lindi dapat mengalir memanfaatkan gaya gravitasi menuju ke unit IPL. Pipa pengumpul lindi ini dapat dipasang dengan pola lurus atau dengan pola tulang ikan.

Saluran gas metana berfungsi untuk menghindari akumulasi gas metana pada *Landfill* yang dapat memicu terjadinya ledakan. Pengendalian gas ini dilakukan dengan pemasangan pipa ventilasi secara vertikal yang terhubung dengan pipa pengumpul lindi dengan fungsi untuk melepaskan gas yang telah terkumpul di dalam sel-sel sampah ke udara ambien atau dapat juga diolah dan dimanfaatkan sebagai biogas. Pipa ventilasi gas ini terbagi menjadi pipa horizontal yang memiliki fungsi untuk menangkap gas yang telah terkumpul pada tiap lapisan/sel-sel sampah, dan pipa vertikal yang berfungsi untuk menyalurkan gas yang telah ditangkap oleh pipa horizontal ke atas/ke luar *Landfill*. Serta pipa vertikal yang berdasarkan PermenPU No. 03 Tahun 2013 merupakan pipa PVC berlubang yang dikelilinginya dibuat beronjong berisi batuan makadam/kerikil.

Air lindi yang telah terbentuk kemudian disalurkan ke unit IPL melalui saluran pengumpul lindi. IPL merupakan teknologi pengolahan air lindi yang bertujuan untuk menghilangkan/memisahkan cemaran dalam air lindi hingga sesuai dengan baku mutu lingkungan yang berlaku sebelum nantinya dibuang ke lingkungan. IPL umumnya merupakan kombinasi dari proses fisik-mekanik, kimia dan biologi. Pengolahan air lindi secara fisik-mekanik dan kimia pada dasarnya sama dengan pengolahan air bersih. Dijelaskan dalam Permen PU No. 03 Tahun 2013, bahwa terdapat berbagai alternatif teknologi pengolahan lindi yang diterapkan di Indonesia, antara lain:

1. Kolam Anaerobik, Fakultatif, Maturasi dan Biofilter (Alternatif 1).
2. Kolam Anaerobik, Fakultatif, Maturasi dan *Landtreatment/Wetland* (Alternatif 2).
3. *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dengan *Aerated Lagoon* (Alternatif 3).
4. Proses Koagulasi-Flokulasi, Sedimentasi, Kolam Anaerobik atau ABR (Alternatif 4).
5. Proses Koagulasi-Flokulasi, Sedimentasi I, *Aerated Lagoon*, Sedimentasi II (Alternatif 5).

Apabila air lindi memiliki debit yang besar dan beragam, maka dapat ditambahkan unit bak ekualisasi untuk menstabilkan sekaligus mengatur besarnya debit air lindi yang akan masuk ke unit-unit berikutnya. Pemilihan unit yang akan digunakan untuk mengolah air lindi disesuaikan dengan kandungan dari air lindi yang dihasilkan tersebut. Hal ini dikarenakan tiap unit IPL memiliki fungsinya masing masing, sebagai contoh: Menurut Jauhary (2023), Kolam Anaerobik berfungsi untuk mengolah lindi dalam keadaan anaerob menggunakan bantuan mikroorganisme yang dapat menguraikan senyawa organik, Kolam Fakultatif dapat mengolah air lindi dengan proses aerobik pada lapisan permukaan

kolam dan anaerobik pada dasar kolam. Lukiman, dkk (2021) menambahkan bahwa Kolam Maturasi memiliki fungsi utama menghilangkan mikroba patogen yang berada di dalam limbah melalui perubahan kondisi yang berlangsung cepat dan pH yang sangat tinggi.

Sebagai bagian dari desain TPA yang berkelanjutan, tidak hanya aspek teknis operasional seperti sistem *sanitary landfill*, pengelolaan lindi, dan penangkapan gas metana yang perlu diperhatikan, tetapi juga faktor lingkungan sekitar yang berpotensi terdampak. Salah satu elemen penting dalam hal ini adalah penyediaan zona penyangga. Berdasarkan Ariyani, dkk (2018) Zona penyangga memiliki fungsi untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh kegiatan pembuangan akhir sampah terhadap lingkungan sekitarnya khususnya permukiman, badan air, dan lahan produktif. Zona penyangga ini berupa jalur hijau atau pagar tanaman yang mengelilingi TPA. Selain itu, zona ini dapat dimanfaatkan untuk revegetasi, sehingga berperan dalam menahan erosi, sebagai tempat tinggal fauna lokal, serta dapat memulihkan keragaman hayati yang hilang akibat dari pembukaan lahan untuk TPA.

Gap Analysis Teori Dengan Praktik

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa desain TPA idealnya mengikuti prinsip *sanitary landfill* dengan memperhatikan komponen teknis seperti sistem *liner*, saluran pengumpul lindi, pengelolaan gas metana, serta zona penyangga untuk melindungi lingkungan sekitar. Peraturan dan standar nasional seperti PermenPU No.03 Tahun 2013 dan SNI 03-3241-1994 telah menekankan pentingnya aspek-aspek tersebut sebagai syarat yang harus ada pada TPA. Namun, praktik di lapangan masih menunjukkan kesenjangan yang cukup signifikan. Purnamasari (2024) menyebutkan bahwa menurut data Status Lingkungan Hidup Indonesia (SLHI), sistem *sanitary landfill* hanya 9% dioperasikan di seluruh TPA di Indonesia, dan sisanya masih menggunakan sistem *open dumping* serta *controlled landfill*. Hal ini dapat terjadi akibat adanya keterbatasan biaya dan data teknis pada saat pengembangan TPA, sehingga menyebabkan risiko adanya permasalahan lingkungan seperti pencemaran lindi, emisi gas metana, serta gangguan kesehatan masyarakat sekitar menjadi meningkat.

Selain itu, *gap* juga terlihat pada aspek data teknis. Tchobanoglous & Kreith (2002) menyebutkan bahwa parameter penting seperti permeabilitas tanah, litologi batuan dan kedalaman MAT merupakan faktor yang penting dalam menentukan kelayakan lokasi TPA serta menjadi pertimbangan dalam merancang sistem pengendalian pencemaran. Parameter-parameter tersebut juga menjadi tolak ukur dalam menentukan layak tidaknya suatu lokasi untuk dijadikan TPA berdasarkan SNI 03-3241-1994. Oleh karena itu, pengujian secara langsung di lapangan sangat diperlukan demi keakuratan data yang diperoleh.

Dengan demikian, *gap* utama yang teridentifikasi adalah ketidaksesuaian antara desain ideal berdasarkan peraturan dan standar yang berlaku dengan implementasi aktual di lapangan, yang dipengaruhi oleh keterbatasan teknis, data, serta pendanaan. Untuk mewujudkan pengelolaan sampah berkelanjutan, maka diperlukan upaya penguatan kapasitas teknis dan pendanaan agar TPA dapat dirancang dan dioperasikan sesuai peraturan dan standar yang berlaku serta mampu mengendalikan dampak lingkungan jangka panjang.

KESIMPULAN

Kajian literatur menunjukkan bahwa desain TPA ideal harus berbasis *sanitary landfill* dengan memperhatikan sistem *liner*, pengelolaan lindi, gas metana, serta zona penyangga sesuai regulasi yang ada. Desain ideal ini mampu meminimalkan risiko pencemaran bagi masyarakat dan lingkungan sekitar. Namun, dalam praktiknya masih banyak yang menggunakan *open dumping* atau *controlled landfill* karena keterbatasan teknis, data primer, serta pendanaan. *Gap analysis* menegaskan adanya perbedaan antara teori dan praktik, sehingga diperlukan penguatan kapasitas teknis, ketersediaan data primer, serta dukungan pendanaan untuk mewujudkan TPA berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan nikmat, rahmat, dan anugerah Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen di Jurusan Teknik Lingkungan UPN "Veteran Yogyakarta atas ilmu dan arahan yang telah diberikan kepada saya selama proses penyusunan penelitian ini dan kepada kedua orangtua beserta seluruh keluarga dan kerabat yang senantiasa memberikan dukungan moril ataupun materil. Selain itu, saya juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan Teknik Lingkungan 2021 dan semua pihak yang turut serta membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, Safira F., Putra, Hijrah P., Kasam. (2018). *Evaluasi Pengelolaan Sampah di TPA Piyungan, Kabupaten Bantul*. Universitas Islam Indonesia.
- Darmastuti, Ermina P., Widiarti, Ika W., Asrifah, Rr. Dina. (2021). Evaluasi Kualitas Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Milangsari di Desa Purwosari, Kecamatan Magetan, Kabupaten Magetan, Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan Ke-III (Satu Bumi) Tahun 2021*.
- Irawan, A. B., & Yudono, A. R. A. (2014). Studi Kelayakan Penentuan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) di Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(1), 1–11.
- Jauhary, A. M., Auvaria, S. W., & Nengse, S. (2023). Redesain Instalasi Pengolahan Air Lindi di TPA Ngipik, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik. *Environmental Engineering Journal ITATS*, 3(2), 80–94. <https://doi.org/10.31284/j.envitats.2023.v3i2.3865>
- Khoiriyah, Himmatul. (2021). Analisis Kesadaran Masyarakat Akan Kesehatan terhadap Upaya Pengelolaan Sampah di Desa Tegorejo Kecamatan Pegandon Kabupaten Kendal. *Semarang. Indonesia Journal of Conservation*, 10 (1), 13-20.
- Lukman, Renaldo R., Pratiwi, Yuita E. & Rosdiana. (2021). Evaluasi Teknik Operasional dari Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Kota Kendari. Kendari. *Jurnal TELUK*, Vol. 1, No. 1.
- NSWMC, & JICA. (2010). *Technical Guidebook on Solid Wastes Disposal Design, Operation and Management* (2 ed.). National Solid Waste Management Commission Office of the Secretariat.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan P.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, mengatur mengenai baku mutu air lindi.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 03 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 81 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- Purnamasari, Syafta I., Praditya S., Sitogasa, Ardisty. (2024). Analisis Sitem Pengelolaan Sampah di TPA Tegalsari Kabupaten Blitar. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*.
- SNI 03-3241-1994 Tentang Tata Cara Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah
- Sofian, D. D., Hanafiah, M. M., Woon, K. S. & Hassan, F. M. (2023). Characteristics of Consumer Towards Development of Sustainable E-Waste Management in Malaysia. Kuala Lumpur. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management* (2 ed.). The McGraw-Hill Companies, Inc. <https://doi.org/10.1036/0071356231>
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah.

- Winardi, Achmad, Endah, Noor & Sari, Putu T. K. (2022). Perencanaan Sanitary landfill dan Lapisan Dasar Landfill pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sekoto-Kabupaten Kediri. Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, Vol.11, No. 1.
- Yuliyanti, Mela, Anggraeni, Dini & Setiyaningrum, Ika F. (2024). Kajian Analisis Pengelolaan Sampah Tempat Pembuangan akhir (TPA) di Indonesia dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. Semarang. *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS* Vol. 7.