

ANALISIS KONDISI PENGELOLAAN SAMPAH BERKELANJUTAN DI TPA TEMESI GIANYAR

Alfret Lango Reda Mata¹⁾, I Kadek Widiantara^{1*)}, I Made Wahyu Wijaya²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mahasaraswati Denpasar, Bali

²⁾ Program Studi Perencanaan Wilayah dan Perdesaan, Program Pascasarjana, Universitas Mahasaraswati Denpasar, Bali

*Email korespondensi: widiantara@unmas.ac.id

ABSTRAK

Pengelolaan sampah berkelanjutan menjadi isu yang sangat strategis di Kabupaten Gianyar-Bali seiring meningkatnya timbulan sampah dan keterbatasan kapasitas tempat pemrosesan akhir sampah. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi eksisting dan kinerja pengelolaan sampah di TPA Temesi berdasarkan aspek teknis, lingkungan, ekonomi, dan sosial. Metode yang dapat digunakan adalah deskriptif-kuantitatif melalui observasi lapangan, wawancara pengelola, dokumentasi data operasional periode Januari–Mei 2025, serta analisis kesetimbangan massa (mass balance). Hasil penelitian menunjukkan total timbulan sampah sebesar 30.964 ton dengan rata-rata 213,54 ton/hari, yang didominasi oleh sampah organik. Sebanyak 50,16% sampah diolah menjadi kompos, 11,08% didaur ulang, dan 38,76% menjadi residu yang ditimbun di landfill. material telah mencapai 61%, yang menunjukkan bahwa sistem yang digunakan telah mengarah pada penerapan konsep ekonomi sirkular. Secara ekonomi, operasional bank sampah menghasilkan surplus sebesar Rp149.933.210. Namun demikian, aspek lingkungan masih menjadi tantangan utama, khususnya akibat belum optimalnya sistem pengolahan lindi yang berpotensi menimbulkan pencemaran. Selain itu, diperlukan peningkatan kapasitas teknologi dan partisipasi masyarakat guna mendukung pengelolaan yang lebih berkelanjutan.

Kata Kunci: Pengelolaan Sampah, Ekonomi Sirkular, Landfill

ABSTRACT

Sustainable waste management has become a highly strategic issue in Gianyar Regency, Bali, in line with the increasing volume of waste generation and the limited capacity of final disposal sites. This study aims to analyze the existing conditions and performance of waste management at the Temesi landfill based on technical, environmental, economic, and social aspects. The method employed is a descriptive-quantitative approach, involving field observations, interviews with site managers, documentation of operational data from January to May 2025, and mass balance analysis. The results indicate that the total waste generation reached 30,964 tons, with an average of 213.54 tons per day, predominantly composed of organic waste. Approximately 50.16% of the waste is processed into compost, 11.08% is recycled, and 38.76% remains as residual waste disposed of in the landfill. The material recovery rate has reached 61%, indicating that the system is moving toward the implementation of circular economy principles. Economically, the waste bank operation generates a surplus of IDR 149,933,210. However, environmental aspects remain a major challenge, particularly due to the suboptimal leachate treatment system, which poses a potential risk of environmental pollution.

Furthermore, improvements in technological capacity and community participation are required to support more sustainable waste management.

Keywords: *Waste Management, Circular Economy, Landfill*

1. PENDAHULUAN

Permasalahan pengelolaan sampah menjadi tantangan utama yang dihadapi oleh berbagai negara, termasuk Indonesia. Pertumbuhan jumlah penduduk dan percepatan urbanisasi memperparah timbulan sampah setiap tahunnya. Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN, 2024), Indonesia menghasilkan sekitar 33,82 juta ton sampah per tahun. Dari jumlah tersebut, hanya 59,8% yang berhasil dikelola dengan baik, sementara 40,2% sisanya masih belum tertangani secara optimal. Kondisi ini berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan melalui praktik pembuangan tidak resmi dan pembakaran terbuka, yang secara signifikan berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca (Hoorweg & Bhada-Tata, 2012; UNEP, 2015).

Provinsi Bali, sebagai destinasi wisata internasional, memiliki sensitivitas tinggi terhadap isu lingkungan, terutama pengelolaan sampah. Kabupaten Gianyar merupakan salah satu wilayah yang mengalami tekanan cukup besar dalam hal ini. Di TPA Temesi, Kabupaten Gianyar, terdapat permasalahan serius dalam pengelolaan limbah padat. Menurut laporan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Gianyar (2021), TPA ini menerima rata-rata 198,96 ton sampah per hari. Sistem yang digunakan masih bersifat open dumping, tanpa fasilitas pengolahan lindi yang memadai, dan kegiatan pemilahan sampah belum berjalan secara optimal (Pratiwi, 2022).

Pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi di Kabupaten Gianyar menyebabkan peningkatan signifikan timbulan sampah. Berdasarkan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (KLHK, 2023), tren timbulan sampah nasional terus meningkat setiap tahun. Kondisi ini menuntut optimalisasi sistem pengelolaan di tingkat daerah, khususnya pada fasilitas pemrosesan akhir. Sebagai bentuk intervensi kebijakan, Pemerintah Kabupaten Gianyar menerbitkan Peraturan Bupati Nomor 76 Tahun 2023, yang mewajibkan pemilahan sampah berbasis sumber mulai Mei 2024. Namun demikian, implementasi kebijakan ini menemui berbagai hambatan seperti rendahnya partisipasi masyarakat serta terbatasnya infrastruktur pengelolaan sampah di tingkat desa, khususnya TPS3R (Tempat Pengolahan Sampah Reduce-Reuse-Recycle) (Wardana & Thahir, 2023).

Volume sampah yang tinggi tanpa sistem pemilahan dan pengolahan yang memadai meningkatkan risiko pencemaran air tanah dan udara, serta menimbulkan gangguan kesehatan dan lingkungan bagi masyarakat sekitar. Selain itu, terdapat rencana relokasi TPA regional Sarbagita ke Temesi, yang jika terealisasi akan menambah beban infrastruktur yang sudah ada.

Penelitian-penelitian terdahulu telah membahas aspek teknis maupun kebijakan terkait pengelolaan sampah di TPA Temesi, namun belum secara komprehensif mengkaji dimensi lingkungan, sosial, dan ekonomi secara terintegrasi. Misalnya, Pratiwi (2022)

menyoroti potensi pencemaran dari sistem pengelolaan terbuka, sementara Wardana dan Thahir (2023) mencatat rendahnya partisipasi masyarakat dalam pemilahan. Namun demikian, belum ada penelitian yang secara khusus mengevaluasi efektivitas dalam perspektif keberlanjutan.

Menurut Sharma *et al.* (2020), pengelolaan sampah berkelanjutan menekankan prinsip *reduce, reuse, recycle* sebelum *landfill*. Penelitian Zhang dan Wang (2022), menunjukkan bahwa efektivitas sistem sangat dipengaruhi oleh pemilahan di sumber dan efisiensi pengolahan. Sementara itu, Lou dan Nair (2020) menegaskan pentingnya pengolahan lindi untuk mencegah pencemaran lingkungan. Pada penelitian ini akan mencari kondisi eksisting dan kinerja pengelolaan sampah di TPA Temesi Kabupaten Gianyar ditinjau dari aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan dan Sejauh mana penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam sistem pengelolaan sampah di TPA Temesi dalam mendukung keberlanjutan. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu Menganalisis kondisi eksisting dan kinerja pengelolaan sampah di TPA Temesi berdasarkan aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan dan Mengevaluasi tingkat penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam pengelolaan sampah di TPA Temesi sebagai upaya mewujudkan sistem yang berkelanjutan.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif-kuantitatif evaluatif untuk menganalisis kondisi eksisting pengelolaan sampah berdasarkan aspek teknis, lingkungan, ekonomi, dan sosial di TPA Temesi. Pendekatan ini bersifat rasional, empiris, dan sistematis karena menggunakan data operasional aktual sebagai dasar analisis kinerja keberlanjutan.

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di TPA Temesi, kabupaten Gianyar, yang berfungsi sebagai fasilitas utama pemrosesan akhir dengan sistem komposting dan *landfill* aktif. Pengambilan data dilakukan selama periode Januari – Mei 2025. Gambar 1 menunjukkan tata letak TPA Temesi yang terbagi menjadi zona komposting (1), area *loading* dan pemilahan (2), serta sel *landfill* aktif (3).



Gambar 1. Lokasi TPA Temesi Kabupaten Gianyar
(Sumber: Google Maps, diolah penelitian 2025)

2.2 Sasaran Penelitian

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh sistem operasional dan manajemen pengelolaan sampah yang berlangsung di TPA Temesi secara menyeluruh. Pengambilan sampel dilakukan dengan mengintegrasikan data kuantitatif dan kualitatif, yang meliputi data timbulan sampah masuk ke area *loading* selama periode Januari–Mei 2025 dengan total volume sebesar 30.964 ton, serta data distribusi pengolahan yang merinci proporsi kompos, material daur ulang, dan residu *landfill*. Selain itu, sampel juga mencakup data keuangan operasional bank sampah untuk mengevaluasi aspek ekonomi, yang diperkuat dengan informasi primer dari informan kunci, yakni pengelola dan operator lapangan, yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* guna mendapatkan gambaran teknis yang mendalam dan akurat sesuai dengan tujuan penelitian.

2.3 Alat dan Bahan

Instrumen penelitian yang digunakan dalam pengumpulan data primer mencakup lembar observasi teknis, pedoman wawancara dengan pengelola TPA, serta kamera digital untuk dokumentasi lapangan guna memvalidasi kondisi infrastruktur secara visual. Selain itu, perangkat lunak *Microsoft Excel* digunakan sebagai alat utama dalam analisis kuantitatif dan pengolahan data statistik. Bahan penelitian utama terdiri dari data sekunder berupa catatan harian timbangan operasional dengan total timbulan sampah sebesar 30.964 ton, data komposisi sampah, serta laporan realisasi pengolahan (kompos dan daur ulang). Analisis ini juga didukung oleh laporan keuangan bank sampah sebagai basis perhitungan ekonomi, serta dokumen regulasi dan studi literatur relevan yang berfungsi sebagai standar acuan dalam mengevaluasi efektivitas pengelolaan sampah di TPA Temesi.

2.4 Prosedur Analisis Data

Analisis timbulan dihitung dengan rata-rata harian sampah menggunakan persamaan $Q \text{ harian} = \text{Total sampah masuk} / \text{jumlah hari}$ yang kemudian dilanjutkan dengan analisis kesetimbangan massa (*mass balance*) guna mengevaluasi alur masuk sampah (Q_{in}) terhadap komponen output berupa kompos, daur ulang, dan residu menggunakan persamaan:

$$Q_{in} = Q_{\text{daur ulang}} + Q_{\text{kompos}} + Q_{\text{residu}} \quad (1)$$

Secara paralel, aspek finansial diukur melalui analisis ekonomi untuk menghitung surplus bank sampah dengan mengurangi total pendapatan terhadap biaya pengeluaran operasional, serta diperkuat dengan evaluasi lingkungan melalui tinjauan kualitatif terhadap efektivitas sistem IPAL dan potensi dampak lindi. Seluruh hasil analisis teknis, ekonomi, dan lingkungan tersebut kemudian diintegrasikan dalam sintesis keberlanjutan guna merumuskan strategi penguatan pengelolaan sampah yang komprehensif dan aplikatif di masa depan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Timbulan Sampah

Total sampah yang masuk ke area loading TPA Temesi selama Januari–Mei 2025 sebesar 30.964 ton dan jumlah hari pengamatan ±145 hari dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$Q_{\text{harian}} = 30.964 / 145$$

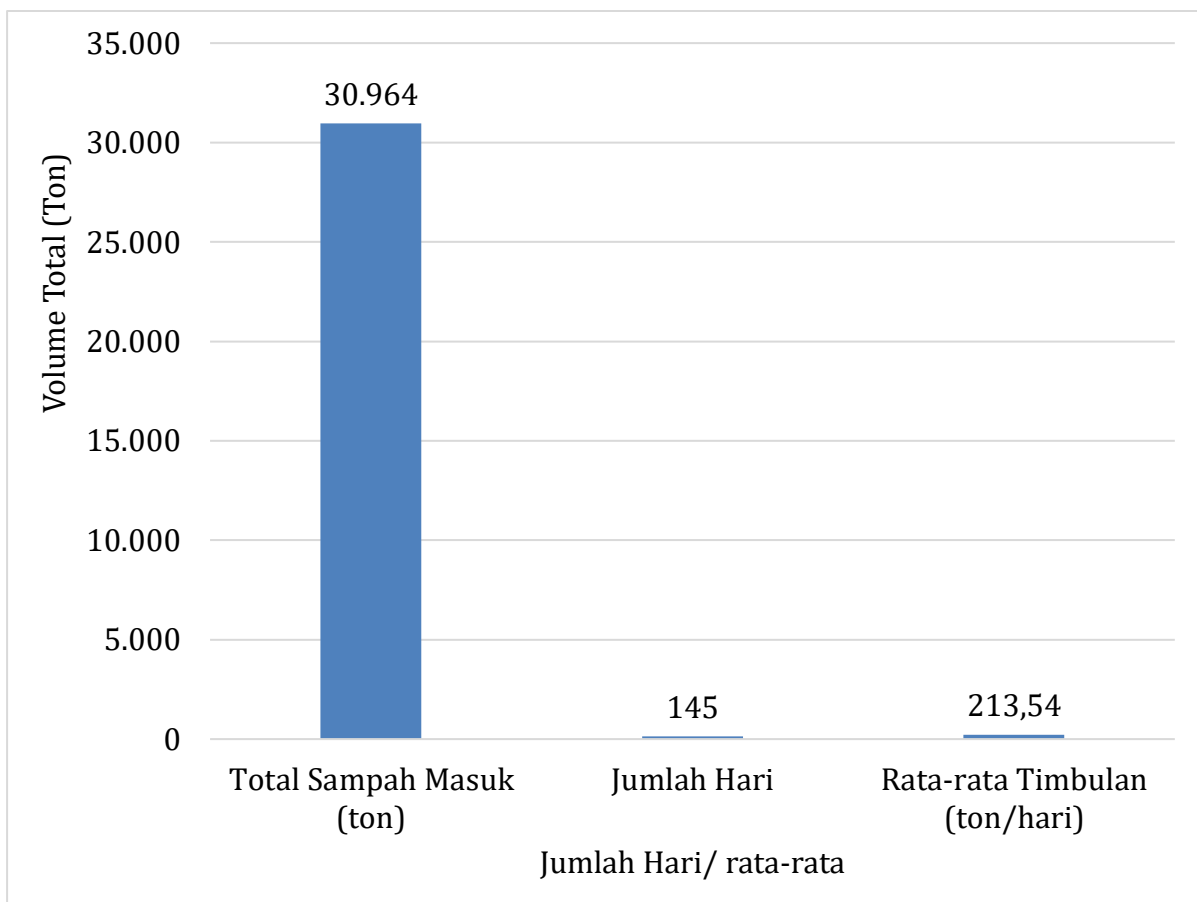
$$Q_{\text{harian}} = 213,54 \text{ ton/hari}$$

Angka ini menunjukkan beban operasional yang cukup tinggi dan menuntut sistem pengolahan yang efisien.

Tabel 1. Rekapitulasi Timbulan Sampah Januari–Mei 2025

Uraian	Nilai
Total Sampah Masuk (ton)	30.964
Jumlah Hari	145
Rata-rata Timbulan (ton/hari)	213,54

Sumber: Data Operasional TPA Temesi, 2025



Gambar 2. Grafik Batang Timbulan Sampah Masuk Dari Januari – Mei 2025
(Sumber: Data Operasional TPA, 2025)

3.2 Komposisi Sampah

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan, komposisi sampah terdiri atas organik ±49%, anorganik ±12%, residu ±39%. Jika dikonversi ke ton berdasarkan 30.964 ton maka:

Organik = 49% × 30.964 = 15.172 ton
Anorganik = 12% × 30.964 = 3.716 ton
Residu = 39% × 30.964 = 12.076 ton
Total = 30.964 ton

Tabel 2. Komposisi Sampah di TPA Temesi

Jenis Sampah	Volume (ton)	Persentase (%)
Organik	15.172	49
Anorganik	3.716	12
Residu	12.076	39
Total	30.964	100

Sumber: Data Primer, 2025

Dominasi sampah organik menunjukkan potensi optimalisasi komposting sebagai strategi utama pengurangan beban landfill.

3.3 Analisis Keseimbangan Massa (*Mass Balance*)

Analisis ini menggambarkan distribusi sampah dari total *input* menjadi berbagai bentuk *output* pengolahan.

Tabel 3. Tabel Rekapitulasi Distribusi Pengelolaan Sampah

Komponen	Volume (Ton)	Persentase (%)	Keterangan
Total sampah	30.964	100	<i>input</i>
Kompos	15.482	50	<i>Resource Recovery</i>
Daur ulang	3.406	11	<i>Resource Recovery</i>
Residu	12.076	39	<i>Final Disposal</i>
Total output	30.964	100	Seimbang

Sumber: Data Operasional TPA Temesi diolah oleh Peneliti, 2025

Berdasarkan Tabel 3, menunjukkan hasil analisis keseimbangan massa (*mass balance*) pada sistem pengelolaan sampah di TPA Temesi selama periode Januari–Mei 2025. Total sampah yang masuk ke sistem tercatat sebesar 30.964 ton (100%), yang kemudian terdistribusi sepenuhnya ke dalam komponen pengolahan, yaitu kompos, daur ulang, dan residu. Keseimbangan antara total input dan total output yang bernilai sama menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi prinsip konservasi massa, sehingga data

yang digunakan dapat dinyatakan valid dan konsisten secara analitis.

Sebanyak 15.482 ton (50%) sampah diolah menjadi kompos, yang mengindikasikan bahwa fraksi organik telah dimanfaatkan secara optimal melalui proses *resource recovery*. Hal ini sejalan dengan penelitian Sharma *et al*, 2020. yang menyatakan bahwa pengomposan merupakan strategi utama dalam pengelolaan sampah berkelanjutan, khususnya di negara berkembang dengan dominasi sampah organik.

Selain itu, sebesar 3.406 ton (11%) sampah berhasil didaur ulang melalui sistem bank sampah. Kontribusi ini menunjukkan adanya nilai ekonomi dari material anorganik, serta mendukung konsep ekonomi sirkular yang menekankan pemanfaatan kembali sumber daya. Menurut Zhang dan Wang, 2022, peningkatan tingkat daur ulang sangat dipengaruhi oleh efektivitas pemilahan di sumber dan sistem pengumpulan yang terintegrasi.

Namun demikian, masih terdapat 12.076 ton (39%) sampah yang menjadi residu dan berakhir di landfill sebagai *final disposal*. Proporsi residu yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa sistem pengelolaan belum sepenuhnya optimal, terutama dalam mengurangi beban TPA. Kondisi ini berpotensi menimbulkan dampak lingkungan seperti peningkatan emisi gas rumah kaca dan pencemaran lindi apabila tidak ditangani secara tepat. Hal ini sesuai dengan temuan Lou dan Nair, 2020 yang menekankan pentingnya pengelolaan residu dan lindi dalam sistem landfill untuk mencegah degradasi lingkungan.

Secara keseluruhan, tingkat pemulihan material (*material recovery rate*) di TPA Temesi mencapai 61%, yang menunjukkan bahwa sistem pengelolaan telah mengarah pada penerapan konsep ekonomi sirkular. Meskipun demikian, optimalisasi pemilahan di sumber, peningkatan teknologi pengolahan, serta pengurangan residu masih menjadi langkah strategis yang perlu dilakukan untuk mencapai sistem pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan.

3.4 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi finansial dari aktivitas pemulihan material di TPA Temesi, khususnya melalui operasional bank sampah. Berdasarkan data keuangan periode Januari–Mei 2025, performa ekonomi sistem ini dapat dirinci sebagai berikut:

Tabel 4. Rekapitulasi Finansial Bank Sampah (Januari–Mei 2025)

Indikator Keuangan	Nilai (Rupiah)	Keterangan
Total Pendapatan	Rp548.110.110	Penjualan material daur ulang
Total Pengeluaran	Rp398.176.900	Biaya operasional dan tenaga kerja
Surplus Ekonomi	Rp149.933.210	Keuntungan bersih operasiona

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan $S = \text{Pendapatan (p)} - \text{Pengeluaran (c)}$ ditemukan bahwa sistem manajemen sampah di TPA Temesi menghasilkan surplus sebesar Rp149.933.210 selama lima bulan pengamatan. Temuan ini memberikan beberapa indikasi strategis:

1. Keberlanjutan mandiri: Operasional bank sampah telah mampu menutupi biaya pengeluarannya sendiri (*self-financing*) dan menghasilkan margin keuntungan yang signifikan.
2. Potensi reinvestasi lingkungan: Surplus ekonomi ini memiliki potensi untuk dialokasikan kembali guna mendanai perbaikan infrastruktur yang saat ini masih terkendala, seperti revitalisasi sistem Instalasi Pengolahan Air Lindi (IPAL) yang belum optimal.
3. Implementasi ekonomi sirkular: Keberhasilan finansial ini membuktikan bahwa sampah anorganik sebesar 3.406 ton (11%) memiliki nilai pasar yang nyata dan mendukung konsep ekonomi sirkular di Kabupaten Gianyar.

3.5 Evaluasi Aspek Lingkungan

Meskipun tingkat pemulihan mencapai 61%, sistem pengolahan lindi belum beroperasi optimal. Kondisi ini berpotensi menimbulkan risiko pencemaran air tanah apabila tidak dilakukan revitalisasi sistem IPAL. Dalam perspektif keberlanjutan, aspek teknis dan ekonomi relatif baik, namun aspek lingkungan masih perlu penguatan. Sistem Instalasi Pengolahan Air Lindi (IPAL) saat ini belum berfungsi maksimal. Hal ini menyebabkan air lindi yang mengandung zat pencemar tinggi berisiko merembes dan mengontaminasi air tanah di sekitar pemukiman Desa Temesi. Revitalisasi IPAL merupakan kebutuhan mendesak untuk mencegah kerusakan ekosistem jangka panjang. Masih tingginya residu sebesar 39% (12.076 ton) mempercepat kepenuhan sel *landfill* dan meningkatkan potensi emisi gas rumah kaca. Tanpa inovasi teknologi (seperti RDF), tumpukan residu ini akan terus menjadi beban lingkungan yang signifikan.

4. PENUTUP

Selama periode Januari–Mei 2025, TPA Temesi menghadapi beban operasional yang tinggi dengan total timbulan sampah mencapai 30.964 ton atau rata-rata 213,54 ton/hari, namun berhasil mencapai tingkat pemulihan material sebesar 61% melalui pengolahan 15.482 ton (50%) menjadi kompos dan pendauran ulang 3.406 ton (11%) sampah. Keberhasilan teknis ini juga terefleksi pada aspek ekonomi, di mana bank sampah mencatatkan surplus sebesar Rp149.933.210 dari total pendapatan Rp548.110.110 setelah dikurangi pengeluaran operasional. Meskipun demikian, masih terdapat tantangan signifikan berupa proporsi residu yang mencapai 39% serta sistem pengolahan lindi yang belum optimal, sehingga diperlukan peningkatan efektivitas pemilahan sampah dari sumber serta penguatan infrastruktur lingkungan guna mewujudkan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan di masa depan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa meskipun tingkat pemulihan material telah mencapai 61%, sistem pengelolaan

sampah di TPA Temesi masih menghadapi keterbatasan struktural, terutama tingginya proporsi residu (39%) dan belum optimalnya pengolahan lindi. Oleh karena itu, penguatan pemilahan sampah dari sumber perlu diposisikan sebagai intervensi kunci untuk meningkatkan efisiensi sistem secara menyeluruh, bukan sekadar sebagai praktik pendukung. Selain itu, belum berfungsinya sistem pengolahan lindi mengindikasikan adanya kesenjangan antara kinerja teknis dan perlindungan lingkungan, sehingga aspek pengendalian dampak lingkungan perlu ditempatkan sebagai prioritas utama dalam evaluasi keberlanjutan sistem.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan apresiasi kepada pengelola TPA Temesi Kabupaten Gianyar atas penyediaan data dan dukungan teknis selama penelitian. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada dosen pembimbing serta Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mahasaraswati Denpasar atas arahan akademik yang konstruktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, S., Setyowati, A. B., & Simatupang, T. M. (2021). Analysis of composting strategy in municipal solid waste management. *Environmental Technology & Innovation*, 22, 101454
- Chen, D. M., Bodirsky, B. L., Krueger, T., Mishra, A., & Popp, A. (2020). The world's growing municipal solid waste: Trends and impacts. *Environmental Research Letters*, 15(7), 074021. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab8659>
- Hidayat, W., Rahman, A., & Nugroho, S. (2024). Circular economy implementation in Indonesian municipal solid waste management. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 26, 45–59
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0* Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*.
- Lee, P. T., & Cranston, G. (2023). Sustainable landfill performance indicators and management improvement. *Waste Management & Research*, 41(2), 289–300.
- Lou, X. F., & Nair, J. (2020). The global challenge of leachate treatment in landfills. *Journal of Environmental Management*, 262, 110342.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Presiden Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*
- Pratiwi, P. F. (2022). Evaluasi TPA Temesi Berdasarkan Indeks Risiko Lingkungan. Universitas Udayana. hlm. 16–23
- Santoso, E., & Lestari, H. (2024). Impact of source separation on landfill waste reduction: Evidence from Indonesia. *Sustainable Cities and Society*, 91, 104297.
- Sharma, H. B., Vanapalli, K. R., Cheela, V. S., et al. (2020). Circular economy approach in municipal solid waste management: Challenges and opportunities. *Science of the Total Environment*, 745, 140975.
- SIPSN (2024). Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. KLHK. <https://sipsn.menlhk.go.id>

- Tisserant, A., & Pauliuk, S. (2016). Matching global municipal solid waste generation with material flows. *Journal of Industrial Ecology*, 20(6), 1357–1368.
- Wardana, I. M. S., & Thahir, I. A. (2023). Partisipasi Masyarakat dalam Pemilahan Sampah. *Jurnal Teknik Lingkungan*. hlm. 51–60
- Wilson, D. C., Velis, C., & Cheeseman, C. (2015). Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Waste Management*, 43, 1–9.
- Zhang, Y., & Wang, Y. (2022). Strategies for improving resource recovery in municipal solid waste systems. *Journal of Cleaner Production*, 331, 129973.