Terbit *online* pada laman web jurnal :http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129|

Artikel Penelitian

Analisis Faktor Keberlanjutan Pengelolaan Sampah di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Kabupaten Sleman Menggunakan Pendekatan Multidimensional Scaling –Rapid Appraisal for Sustainability (MDS-RAPS)

Zahra Yulliandra[*)], *Mochammad Chaerul*

Program Studi Pengelolaan Infrastruktur Air Bersih dan Sanitasi, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

*Koresponden: zyulliandra@gmail.com

Diterima: 15 Mei 2026 Diperbaiki: 20 Juni 2026 Disetujui: 28 Juli 2026

ABSTRACT

The permanent closure of the Piyungan Landfill due to overcapacity and open dumping prompted the Sleman Regency Government to operate three Refuse-Derived Fuel (RDF)-based Integrated Waste Treatment Facilities (TPSTs) in Tamanmartani, Donokerto, and Sendangsari. However, processing capacity remains suboptimal, residual waste persists, and their contribution to waste management and reduction targets remains limited. This study assessed the existing conditions, sustainability factors and status, and development strategies of the three TPSTs using Multidimensional Scaling–Rapid Appraisal for Sustainability (MDS-RAPS) across technical-operational, institutional, financing, regulatory, and community participation aspects. Data were collected through questionnaires administered to communities, TPST managers, and relevant agencies; the MDS-RAPS results were then used in a SWOT analysis. Most aspects were moderately sustainable, except the technical-operational aspect of the Tamanmartani TPST (48.92) and community participation at the Sendangsari TPST (46.41). The dominant factors were processing technology efficiency, managers' duties and responsibilities, wage adequacy, compliance with waste fee regulations, and community efforts to maintain environmental cleanliness. All three TPSTs were positioned in Quadrant I; therefore, an SO strategy that optimizes internal strengths and external opportunities is recommended.

Keyword: Integrated Waste Treatment Facility (TPST), Sustainability, MDS-RAPS, SWOT analysis, Waste management

ABSTRAK

Penutupan permanen TPA Piyungan akibat kelebihan kapasitas dan praktik open dumping mendorong Pemerintah Kabupaten Sleman mengoperasikan tiga TPST berbasis Refuse-Derived Fuel (RDF) di Tamanmartani, Donokerto, dan Sendangsari. Namun, kapasitas pengolahan belum optimal, residu masih dihasilkan, dan kontribusinya terhadap target penanganan serta pengurangan sampah masih terbatas. Penelitian ini menganalisis kondisi eksisting, faktor dan status keberlanjutan, serta strategi pengembangan ketiga TPST menggunakan Multidimensional Scaling–Rapid Appraisal for Sustainability (MDS-RAPS) pada aspek teknis operasional, kelembagaan, pembiayaan, regulasi, dan partisipasi masyarakat. Data diperoleh melalui kuesioner kepada masyarakat, pengelola, dan instansi terkait; hasil MDS-RAPS kemudian digunakan dalam analisis SWOT. Sebagian besar aspek tergolong cukup berkelanjutan, kecuali aspek teknis operasional TPST Tamanmartani (48,92) dan partisipasi masyarakat TPST Sendangsari (46,41). Faktor dominan meliputi efisiensi teknologi, tugas dan tanggung jawab pengelola, kesesuaian gaji, kepatuhan terhadap retribusi, dan upaya masyarakat menjaga lingkungan. Ketiga TPST berada pada Kuadran I sehingga direkomendasikan strategi SO yang mengoptimalkan kekuatan internal dan peluang eksternal.

Kata Kunci: Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST), Keberlanjutan, MDS-RAPS, Analisis SWOT, Pengelolaan sampah

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk Indonesia yang mencapai 1,09% pada 2025 mendorong peningkatan timbulan sampah di berbagai sektor, baik dari aktivitas rumah tangga, perdagangan, jasa, maupun sektor informal. Selain kuantitas, perubahan pola konsumsi masyarakat perkotaan juga memengaruhi komposisi dan karakteristik sampah yang dihasilkan. Pengelolaan sampah di Indonesia diatur melalui UU No. 18 Tahun 2008 yang

 Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.

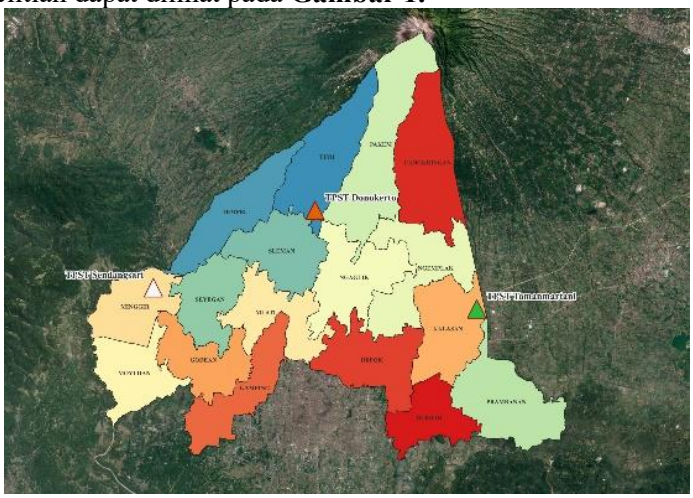
mengatur mulai dari pengurangan hingga penanganan sampah, dan PP No. 81 Tahun 2012 yang memperkuat prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). DI Yogyakarta menjadi salah satu wilayah yang paling terdampak, khususnya setelah penutupan permanen TPA Piyungan pada 1 Mei 2024 akibat overcapacity dan sistem pengelolaan open dumping yang tidak lagi layak. Penutupan ini berdampak langsung pada tiga wilayah, yaitu Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul. Kabupaten Sleman sendiri, dengan jumlah penduduk 1.135.496 jiwa, menghasilkan sekitar 585,5 ton sampah per hari (Kementerian Lingkungan Hidup, 2025).

Sebagai respons cepat, pemerintah Kabupaten Sleman membangun tiga Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) di wilayah Kelurahan Tamanmartani, Donokerto, dan Sendangsari. TPST dirancang untuk mengolah sampah menjadi Refuse-Derived Fuel (RDF). Namun demikian, ketiga TPST tersebut baru mampu menangani sekitar 11% dari total sampah yang dihasilkan di Kabupaten Sleman hal ini disebabkan karena kapasitas operasional masih berada di bawah kapasitas desain yang dirancang. Kondisi ini tercermin berdasarkan data tahun 2024, yang menunjukkan tingkat penanganan sampah Kabupaten Sleman baru mencapai 61,52% dengan pengurangan 11,06%, hal ini sangat jauh dari target pengelolaan sampah tahun 2025 sebesar 70% penanganan sampah dan 30% pengurangan sampah sesuai dengan Peraturan Bupati Sleman No. 33.2 Tahun 2018.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengkaji kondisi eksisting TPST di Kabupaten Sleman, mengidentifikasi faktor paling berpengaruh terhadap keberlanjutan pengelolaan sampah di TPST dan menilai status keberlanjutan setiap aspek yang dikaji disetiap TPST menggunakan metode Multidimensional Scaling Rapid Appraisal for Sustainability (MDS-RAPS) berdasarkan lima aspek pengelolaan sampah sesuai dengan SNI 3242:2008, yaitu teknis operasional, kelembagaan, regulasi, pembiayaan, dan partisipasi masyarakat, serta merumuskan strategi keberlanjutan dan kebijakan pengembangan melalui analisis SWOT guna mendukung tercapainya target pengelolaan sampah jangka panjang (Damanhuri & Padmi, 2018). Pengelolaan sampah berkelanjutan sangat penting untuk menyeimbangkan aktivitas manusia dengan pelestarian lingkungan (Achmad, et al., 2015). Sistem pengelolaan sampah yang terstruktur dengan baik mengurangi ketergantungan TPA, meminimalkan bahaya lingkungan, dan meningkatkan peluang ekonomi melalui prinsip ekonomi sirkular (Kurniawan et al., 2021).

2. METODOLOGI

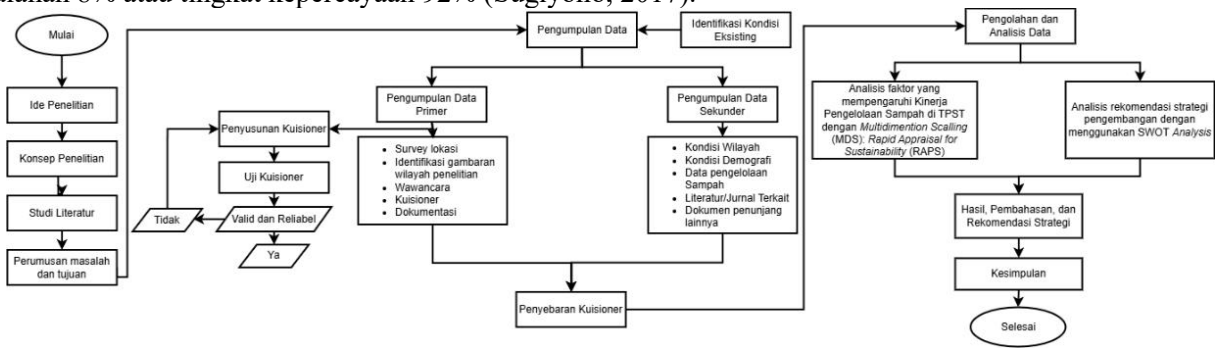
Lokasi penelitian dilakukan di 3 TPST Kabupaten Sleman yaitu TPST Tamanmartani, TPST Donokerto, dan TPST Sendangsari. Setiap TPST melayani beberapa transfer depo yang ada di wilayah kecamatan Kabupaten Sleman. Detail lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1.**



Gambar 1 Lokasi Penelitian di Kabupaten Sleman

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif adalah metode penelitian yang bertujuan menggambarkan subjek atau objek yang ditelitinya secara mendalam, terperinci, dan luas. Data-data yang dikumpulkan menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif sehingga pendekatan penelitian adalah metode gabungan (mixed method). Dalam penelitian kali ini, pendekatan kualitatif digunakan untuk memperoleh data-data primer seperti observasi, wawancara, kuesioner, dan data sekunder. Sementara itu pendekatan kuantitatif dilakukan untuk memperoleh data-data berbentuk angka atau data kualitatif yaitu kuesioner yang diangkakan berupa skor skala Likert yang dijadikan dasar dalam analisis data. Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut.

Dalam melakukan pengumpulan data, diperlukan sampel penelitian yang merepresentasikan lokasi studi. Pada penelitian ini, populasi merupakan jumlah pelanggan yang dilayani oleh TPST Sendangsari, TPST Tamanmartani dan TPST Donokerto melalui jalur transfer depo Kabupaten Sleman dan telah terdaftar di UPTD Pelayanan Persampahan Kabupaten Sleman. Kemudian dilakukan pengambilan sampel dari populasi tersebut. Jumlah sampel yang akan dilakukan kuesioner akan dihitung menggunakan rumus Taro Yamane (1967). penentuan jumlah responden pada penelitian ini menggunakan rumus Taro Yamane ditetapkan tingkat kesalahan 8% atau tingkat kepercayaan 92% (Sugiyono, 2017).



Gambar 2 Diagram Alur Penelitian

Dari data populasi masyarakat yang dilayani oleh masing-masing TPST, hasil perhitungan jumlah sampel untuk setiap TPST dapat dilihat pada **Tabel 1.**

Tabel 1 Hasil Perhitungan Jumlah Sampel Kuesioner

TPST	Jumlah Sampel (Jiwa)	Jumlah Sampel (KK)
TPST Tamanmartani	155	31
TPST Donokerto	155	31
TPST Sendangsari	155	31

Total sampel masyarakat dari hasil perhitungan adalah 93 sampel KK yang diasumsikan jumlah orang dalam 1 KK adalah 5 orang. Kemudian dilakukan pengumpulan data kuesioner kepada jumlah sampel responden tersebut. Kuesioner juga dilakukan pada 30 responden pengelola TPST dan 20 responden instansi yaitu Dinas Lingkungan Hidup dan UPTD Pelayanan Persampahan Kab. Sleman. Jumlah ini didapat berdasarkan ketersediaan dari pengelola dan instansi terkait.

Sebelum menyebarkan instrumen kuesioner, dilakukan uji validitas dan reliabilitas terlebih dahulu pada setiap instrumen. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk menentukan kualitas instrumen agar diperoleh data yang sesuai dengan validitas dan reliabilitas hasil penelitian (Sappaile, 2007). Pengujian kuesiner dilakukan kepada 30 masyarakat Kabupaten Sleman dikarenakan jumlah minimal uji coba kuesioner minimal 30 responden di mana distribusi nilai akan lebih mendekati kurva normal (Singarimbun & Efendi, 1995).

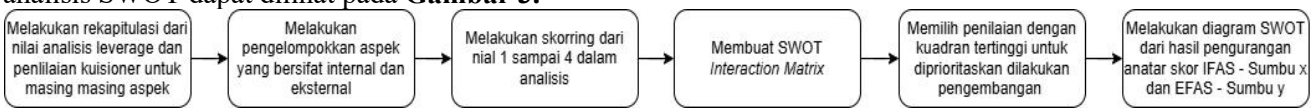
Uji validitas dan reliabilitas untuk kuesioner menggunakan software IBM SPSS. Uji validitas dilakukan dengan membandingkan nilai r hitung (pearson correlation)> r tabel (product moment) pada taraf signifikansi 5% dengan df = N-2 di mana diperoleh 0,32; jika r hitung> r tabel maka dinyatakan valid atau sebaliknya (Arikunto, 1991).

Uji reliabilitas diukur menggunakan skala Alpha Cronbach dengan rentang nilai 0 sampai 1. Interpretasi nilai Alpha Cronbach menurut Sugiyono (2013) adalah jika Nilai Alpha Cronbach 0,00–0,20 menunjukkan kurang reliabel; Nilai Alpha Cronbach 0,21–0,40 menunjukkan agak reliabel; Nilai Alpha Cronbach 0,41–0,60 menunjukkan cukup reliabel; Nilai Alpha Cronbach 0,61–0,80 menunjukkan reliabel; Nilai Alpha Cronbach 0,81–1,00 menunjukkan sangat reliabel.

Analisis faktor yang memengaruhi keberlanjutan pengelolaan sampah di TPST yang ditinjau, dilakukan dengan menggunakan metode Multidimensional Scaling Rapid Appraisal for Sustainability (MDS-RAPS). Analisis MDS-RAPS merupakan alat analisis multivariat yang digunakan untuk mengevaluasi hubungan multidimensional antara objek berdasarkan hasil penilaian antar objek yang diteliti. Metode ini dipilih karena MDS-RAPS dapat menganalisis dalam banyak aspek, tidak hanya 1 (satu) aspek saja sehingga analisis dapat lebih komprehensif yang meliputi berbagai aspek. Selain itu dari hasil analisis juga dapat diketahui aspek mana yang membutuhkan perhatian lebih lanjut (Pitcher & Preikshot, 2001). Tahapan pengolahan data menggunakan MDS-RAPS pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Alder et al., 2000); (Chrispin et al., 2022); (Kavanagh & Pitcher, 2004):

1. Menentukan faktor pada setiap aspek keberlanjutan yang dalam penelitian ini mencakup aspek pengelolaan sampah sesuai dengan SNI 3242:2008, yaitu aspek teknis operasional, aspek kelembagaan, aspek pembiayaan, aspek regulasi, dan aspek partisipasi masyarakat.
2. Melakukan penilaian terhadap faktor melalui skala ordinal (skoring) berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengamatan secara langsung di lapangan.
3. Melakukan analisis ordinasi menggunakan MDS-RAPS dalam menentukan posisi status keberlanjutan untuk setiap aspek dalam skala indeks keberlanjutan.
4. Melakukan analisis sensitivitas (leverage analysis) untuk menentukan faktor yang memengaruhi keberlanjutan TPST. Leverage analysis ini dihitung berdasarkan standard error perbedaan antara skor dengan faktor serta skor yang diperoleh tanpa faktor.
5. Melakukan penilaian indeks dan status keberlanjutan untuk masing-masing aspek. Skala indeks dari analisis yang dikaji mempunyai nilai dengan rentang 0 sampai dengan 100 seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2.**
6. Melakukan analisis Monte Carlo yang berfungsi untuk memperhitungkan aspek ketidakpastian yang dilakukan pada selang kepercayaan 95%. Hasil analisis Monte Carlo kemudian dibandingkan dengan hasil analisis MDS. Jika nilai selisih kedua analisis ini >5% maka hasil analisis MDS tidak memadai sebagai penduga nilai indeks keberlanjutan, dan jika nilai selisih kedua analisis tersebut <5% maka hasil analisis MDS memadai.
7. Melakukan validasi model berdasarkan nilai S Stress dan Squared Correlation (R^2) yang didapatkan. Analisis RAPS menunjukkan model yang baik dengan nilai stress <0,25 maka hasil MDS mempunyai ketepatan yang dapat diterima. Sementara nilai R2 semakin mendekati 1 berarti data yang ada semakin baik model dalam menjelaskan varians data.

Hasil analisis MDS-RAPS kemudian digunakan untuk merumuskan strategi keberlanjutan dengan pendekatan SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, dan Threats). Metode ini berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengaitkan faktor-faktor strategis internal dan eksternal yang dirangkum dalam IFAS (Internal Strategic Factor Analysis Summary) dan EFAS (External Strategic Factor Analysis Summary) dimana aspek terbagi menjadi aspek internal dan aspek eksternal (Puspita & Zevi, 2024; Khairunisa & Widyarsana, 2025). Adapun tahapan analisis SWOT dapat dilihat pada **Gambar 3.**



Gambar 3 Tahapan Analisis SWOT
Sumber: Zeinali Yadegari et al., 2026

Aspek internal merupakan aspek yang dapat dipengaruhi secara langsung di antaranya adalah aspek teknis operasional dan kelembagaan. Sementara aspek eksternal adalah aspek yang berada di luar kendali langsung pengelola di antaranya adalah aspek pembiayaan, regulasi, dan partisipasi masyarakat. Untuk mendapatkan bobot masing-masing faktor dalam analisis SWOT, maka dilakukan analisis leverage untuk seluruh faktor pada seluruh aspek (Oktari et al., 2023; Susilawati et al., 2023; Meza et al., 2022). Hasil analisis leverage digunakan untuk menentukan nilai bobot SWOT. Nilai bobot didapatkan dari persamaan 1 berikut.

$$\text{Bobot} = \frac{\text{Nilai Leverage}}{\Sigma \text{ Nilai Leverage}} \quad (1)$$

Rating ditentukan berdasarkan urutan penilaian untuk faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal meliputi kekuatan dan kelemahan sementara faktor eksternal meliputi peluang dan ancaman. Rating dalam analisis SWOT bernilai 1 s.d. 4. Pengelompokan nilai rating dilakukan secara interval berdasarkan nilai kuesioner. Pengelompokan nilai rating dapat dilihat pada **Tabel 3**

Tabel 3 Pengelompokan Nilai Rating Berdasarkan Nilai Kuesioner

Range Penilaian	Rating
0 - 1,25	1
1,251 - 2,5	2
2,51 - 3,75	3
3,751 - 5	4

Sumber: Puspita & Zevi, 2024

Untuk faktor internal, apabila penilaian yang didapat berkisar antara 0 s.d. 2,5 maka termasuk ke dalam kelemahan, sedangkan penilaian yang berkisar antara 2,51 s.d. 5 maka termasuk ke dalam kekuatan. Untuk faktor eksternal, apabila penilaian yang didapat berkisar antara 0 s.d. 2,5 maka termasuk ke dalam ancaman,

sedangkan penilaian yang berkisar antara 2,51 s.d. 5 maka termasuk ke dalam peluang (Puspita & Zevi, 2024; Khairunisa & Widyarsana, 2025).

Setelah didapatkan nilai rating dan bobot kemudian dapat ditentukan nilai skor SWOT dengan menggunakan persamaan 2 berikut.

$$Skor = Bobot \times Rating \quad (2)$$

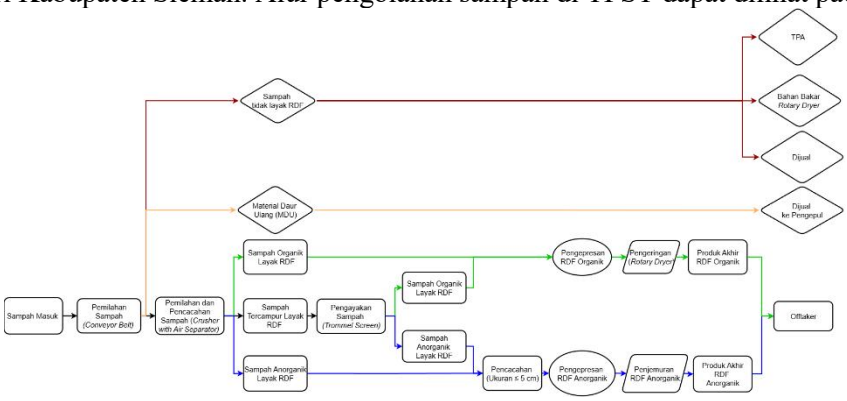
Hasil nilai skor untuk setiap Strengths, Weaknesses, Opportunities, dan Threats kemudian dibuat SWOT Interaction Matrix untuk mengombinasikan skor S, W, O, dan T dan membandingkan alternatif strategi dari kuadran dengan nilai terbesar. Kemudian dibuat IFAS EFAS Matrix untuk menilai faktor internal (Strengths dan Weaknesses) dan faktor eksternal (Opportunities dan Threats) (Mandira & Damayanti, 2023).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Eksisting TPST Kabupaten Sleman

Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) pada 2025, timbulan sampah Kabupaten Sleman mencapai 585,3 ton/hari atau sekitar 213.633,38 ton/tahun. Komposisi sampah di Kabupaten Sleman masih didominasi oleh sampah sisa makanan sebesar 46,49% dan sampah plastik sebesar 32,77% (Kementerian Lingkungan Hidup , 2025).

TPST Tamanmartani, TPST Donokerto dan TPST Sendangsari dirancang untuk pengolahan sampah menjadi Refuse Derived Fuel (RDF) dengan kapasitas 60 ton/hari. Namun saat ini TPST masih mengolah sekitar 18-27 ton/hari sampah dari Kabupaten Sleman. Alur pengolahan sampah di TPST dapat dilihat pada **Gambar 4.**



Gambar 4 Alur Pengolahan Sampah di TPST Kab. Sleman

Berdasarkan **Gambar 4** sampah yang masuk ke ruang produksi akan dituang dan dibagi ke setiap lini pengolahan. Dalam 1 lini pengolahan terdapat conveyor belt untuk pemilahan, mesin crusher untuk pemisahan dan pencacahan, mesin trommel untuk pengayakan, dan mesin pencacah untuk pencacah RDF Anorganik. Alat pengolahan lainnya adalah mesin press RDF Organik dan Anorganik untuk proses dewatering, serta Rotary Dryer untuk pengeringan sampah organik. Proses pengolahan di TPST dapat dilihat pada **Gambar 5.**



Gambar 5 Proses Pengolahan Sampah RDF di TPST Kabupaten Sleman

3.2. Analisis Keberlanjutan TPST Kabupaten Sleman

Aspek yang dijadikan dasar dalam menganalisis faktor yang memengaruhi keberlanjutan pengelolaan TPST ini di antaranya adalah aspek teknis operasional, aspek regulasi, aspek kelembagaan, aspek finansial, dan aspek partisipasi masyarakat. Setiap aspek terdiri atas sejumlah faktor yang dipilih berdasarkan hasil analisis studi literatur dan penelitian terdahulu yang paling sesuai dan relevan dengan kondisi eksisting wilayah studi. Faktor yang digunakan untuk dianalisis dapat dilihat pada **Tabel 4** (Khairunnisa & Widyarsana, 2025); (Awino & Apitz, 2024); (Anschutz, IJgosse, & Scheinberg, 2004); (Sukwika &Noviana, 2020); (Ismail et al., 2025); (Meureksa et al,, 2025); (Srihayati, Budastra, & Murtiadi, 2022).

Tabel 4 Aspek dan Faktor dalam Analisis Keberlanjutan TPST Kabupaten Sleman

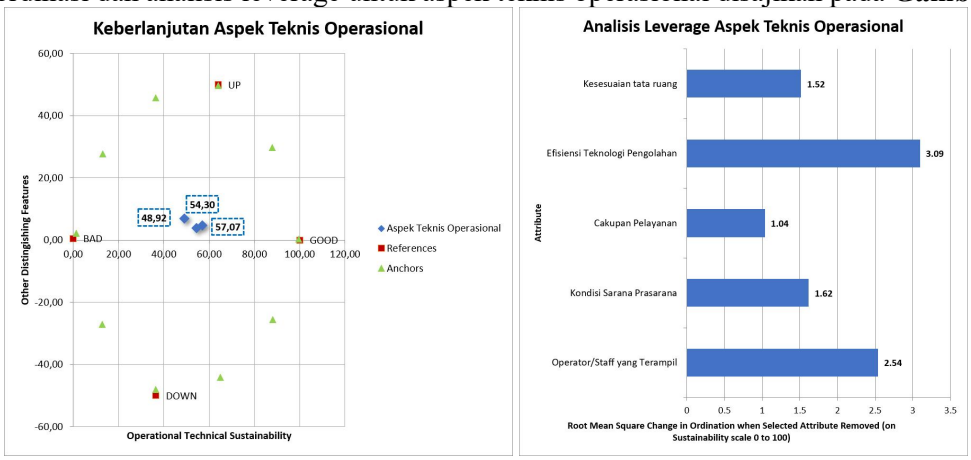
Aspek	Kode	Faktor

Aspek	Kode	Faktor
Teknis operasional	T1	Operator/Staff yang Terampil
	T2	Kondisi Sarana Prasarana
	T3	Cakupan Pelayanan
	T4	Efisiensi Teknologi Pengolahan
	T5	Kesesuaian tata ruang
Pembiayaan	P1	Penjualan produk
	P2	Gaji Pekerja TPST
	P3	Dukungan biaya investasi/ pemeliharaan oleh swasta
	P4	Dukungan biaya investasi/pemeliharaan oleh Pemerintah
	P5	Kesesuaian Retribusi
Kelembagaan	K1	Peningkatan dan Penguatan Kapasitas SDM Pengelola
	K2	Bentuk dan struktur lembaga
	K3	Tugas dan Tanggung Jawab Pengelola
	K4	Kerja Sama Lintas Lembaga/Instansi
	K5	Mekanisme pelaporan dan monitoring
Regulasi	R1	Kelengkapan (Standard Operating Procedure) SOP Pengelolaan TPST
	R2	Regulasi kerja sama dengan pihak lain
	R3	Rencana Pengembangan TPST
	R4	peraturan retribusi sampah
	R5	Perda dan Perbup Pengelolaan Sampah
Partisipasi masyarakat	S1	Penyerapan tenaga kerja lokal
	S2	Upaya sosialisasi dan edukasi pengelolaan sampah
	S3	Konflik Sosial Masyarakat
	S4	Upaya untuk Menjaga Lingkungan
	S5	Upaya pengurangan dan pemilahan sampah di sumber

Data yang digunakan sebagai input analisis MDS-RAPS diperoleh dari hasil penyebaran kuesioner kepada instansi, pengelola TPST, dan masyarakat yang dilayani oleh TPST di lokasi penelitian.

Aspek Teknis Operasional

Hasil analisis ordinasi dan analisis leverage untuk aspek teknis operasional disajikan pada **Gambar 6**.



(a) (b)

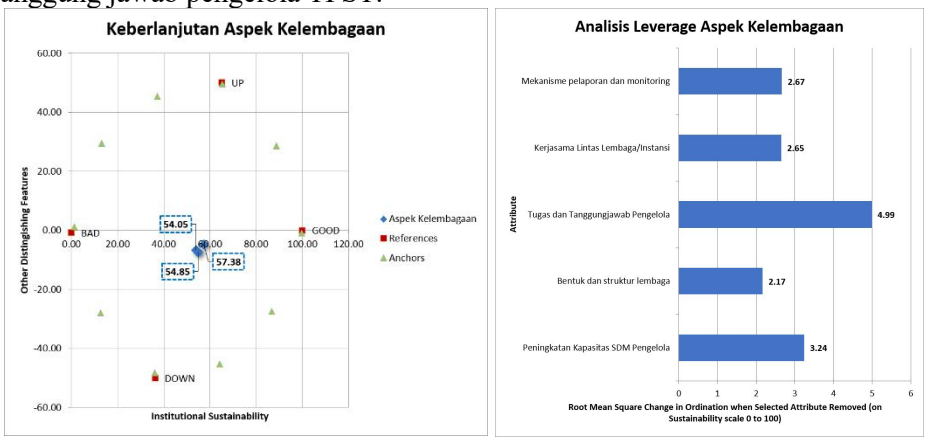
Gambar 6 (a) Hasil ordinasi MDS-RAPS Aspek Teknis Operasional (b) Hasil Analisis Leverage Aspek Teknis Operasional

Berdasarkan hasil analisis ordinasi pada **Gambar 6**, TPST Tamanmartani (48.92) termasuk ke dalam kategori kurang berkelanjutan sementara TPST Donokerto (57,07) dan TPST Sendangsari (54,3) termasuk ke dalam kategori cukup berkelanjutan secara teknis operasional. Hasil analisis leverage memperlihatkan bahwa faktor yang memiliki pengaruh paling besar terhadap perubahan nilai keberlanjutan adalah efisiensi teknologi

pengolahan (3,09). Tingginya nilai leverage pada faktor ini mengindikasikan bahwa keberlanjutan kinerja pengelolaan sampah di TPST sangat dipengaruhi oleh penggunaan teknologi secara efisien di TPST.

Aspek Kelembagaan

Hasil analisis ordinasi dan analisis leverage untuk aspek kelembagaan disajikan pada **Gambar 7.** Berdasarkan hasil analisis ordinasi pada **Gambar 7**, TPST Tamanmartani (54,85), TPST Donokerto (57,38) dan TPST Sendangsari (54,05) termasuk ke dalam kategori cukup berkelanjutan dalam hal kelembagaan. Hasil analisis leverage memperlihatkan bahwa faktor yang memiliki pengaruh paling besar terhadap perubahan nilai keberlanjutan adalah tugas dan tanggung jawab pengelola TPST (4,99). Tingginya nilai leverage pada faktor ini mengindikasikan bahwa keberlanjutan sistem kelembagaan TPST sangat dipengaruhi oleh pemahaman tugas dan kesesuaian tanggung jawab pengelola TPST.

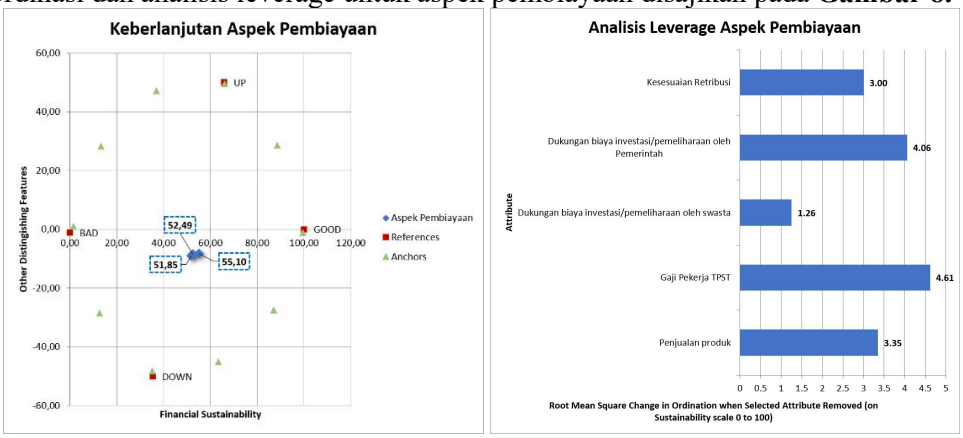


(a) (b)

Gambar 7. (a) Hasil ordinasi MDS-RAPS Aspek Kelembagaan (b) Hasil Analisis Leverage Aspek Kelembagaan

Aspek Pembiayaan

Hasil analisis ordinasi dan analisis leverage untuk aspek pembiayaan disajikan pada **Gambar 8.**



(a) (b)

Gambar 8 (a) Hasil ordinasi MDS-RAPS Aspek Pembiayaan (b) Hasil Analisis Leverage Aspek Pembiayaan

Berdasarkan hasil analisis ordinasi pada **Gambar 8**, TPST Tamanmartani (52,49), TPST Donokerto (55,1) dan TPST Sendangsari (51,85) termasuk ke dalam kategori cukup berkelanjutan dalam hal pembiayaan. Hasil analisis leverage memperlihatkan bahwa faktor yang memiliki pengaruh paling besar terhadap perubahan nilai keberlanjutan adalah gaji pekerja TPST dengan nilai leverage sebesar 4,61. Tingginya nilai leverage pada faktor ini mengindikasikan bahwa keberlanjutan kinerja pengelolaan sampah di TPST sangat dipengaruhi oleh kesesuaian gaji pekerja TPST dengan tanggung jawab yang diberikan.

Aspek Regulasi

Hasil analisis ordinasi dan analisis leverage untuk aspek regulasi disajikan pada **Gambar 9.**



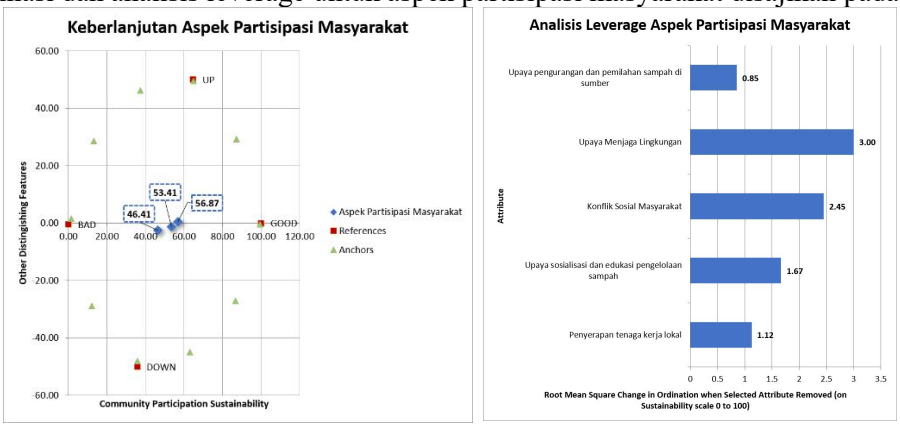
(a) (b)

Gambar 9 (a) Hasil ordinasi MDS-RAPS Aspek Regulasi (b) Hasil Analisis Leverage Aspek Regulasi

Berdasarkan hasil analisis ordinasi pada **Gambar 9**, TPST Tamanmartani (66,15), TPST Donokerto (67,75) dan TPST Sendangsari (63,91) termasuk ke dalam kategori cukup berkelanjutan dalam hal regulasi pengelolaan TPST. hasil analisis leverage memperlihatkan bahwa faktor yang memiliki pengaruh paling besar terhadap perubahan nilai keberlanjutan adalah peraturan retribusi sampah (1,01). Tingginya nilai leverage pada faktor ini mengindikasikan bahwa keberlanjutan sistem regulasi dalam pengelolaan sampah di TPST sangat dipengaruhi oleh pemahaman dan kepatuhan masyarakat terhadap peraturan retribusi sampah.

Aspek Partisipasi Masyarakat

Hasil analisis ordinasi dan analisis leverage untuk aspek partisipasi masyarakat disajikan pada **Gambar 10.**



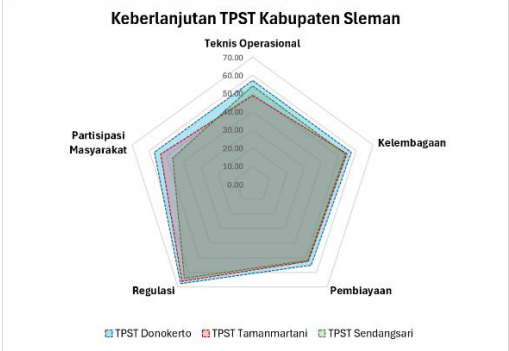
(a) (b)

Gambar 10 (a) Hasil ordinasi MDS-RAPS Aspek Partisipasi Masyarakat (b) Hasil Analisis Leverage Aspek Partisipasi Masyarakat

Berdasarkan hasil analisis ordinasi pada **Gambar 10**, TPST Tamanmartani (53,41) dan TPST Donokerto (56,87) termasuk ke dalam kategori cukup berkelanjutan sementara TPST Sendangsari (46,41) termasuk ke dalam kategori kurang berkelanjutan dalam hal partisipasi masyarakat. Hasil analisis leverage memperlihatkan bahwa faktor yang memiliki pengaruh paling besar terhadap perubahan nilai keberlanjutan adalah upaya menjaga kebersihan lingkungan (3,0). Tingginya nilai leverage pada faktor ini mengindikasikan bahwa keberlanjutan partisipasi masyarakat untuk TPST sangat dipengaruhi oleh semangat dan kemauan masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan.

Hasil rekapitulasi analisis MDS-RAPS dalam diagram disajikan pada **Gambar 11.**

Hasil rekapitulasi menunjukkan ketiga TPST memiliki status cukup berkelanjutan pada seluruh aspek, terkecuali TPST Tamanmartani yang memiliki status kurang berkelanjutan pada aspek teknis operasional, dan TPST Sendangsari yang memiliki status kurang berkelanjutan pada aspek partisipasi masyarakat.



Gambar 11 Status Keberlanjutan Seluruh Aspek pada TPST di Kabupaten Sleman

Pada Hasil analisis MDS-RAPS, kemudian dilakukan uji validitas model dengan analisis monte carlo, nilai stress, dan nilai square correlation (R^2). Hasil uji validitas model dapat dilihat pada **Tabel 5.**

Tabel 5 Hasil Uji Validitas Model MDS-RAPS

Aspek	S-stress	R^2	Deviasi maksimum Monte Carlo
Teknis operasional	0,210	0,918	1,17%
Kelembagaan	0,195	0,930	1,19%
Pembiayaan	0,200	0,920	0,74%
Regulasi	0,190	0,930	1,99%
Partisipasi masyarakat	0,210	0,920	0,88%

Nilai S-stress pada kelima aspek berada pada rentang 0,190–0,210 dan seluruhnya lebih kecil dari batas toleransi <0,25. Nilai R^2 berada pada rentang 0,918–0,930, yang menunjukkan bahwa konfigurasi ordinasi mampu menjelaskan sebagian besar variasi data. Seluruh deviasi antara indeks MDS-RAPS dan Monte Carlo juga berada di bawah 5%. Dengan demikian, model dinilai memadai untuk analisis keberlanjutan dan dapat merepresentasikan keaadaan di lapangan.

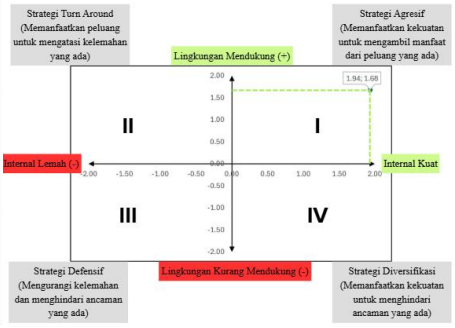
3.3. Analisis Strategi Keberlanjutan TPST Kabupaten Sleman

Analisis SWOT TPST Tamanmartani

Hasil analisis SWOT untuk TPST Tamanmartani dapat dilihat pada **Gambar 12.**

IFAS / *EFAS*	***Strengths* (S)**	***Weaknesses* (W)**
	SO	WO
***Opportunities* (O)**	$S = 3{,}94$ $O = 3{,}68$ $S + O = 7{,}62$	$W = 2{,}00$ $O = 3{,}68$ $W + O = 5{,}68$
	ST	WT
***Treaths* (T)**	$S = 3{,}94$ $T = 2{,}00$ $S + T = 5{,}94$	$W = 2{,}00$ $T = 2{,}00$ $W + T = 4{,}00$

(a)



(b)

Gambar 12 (a) Hasil SWOT Interaction Matrix TPST Tamanmartani (b) Diagram Posisi SWOT TPST Tamanmartani

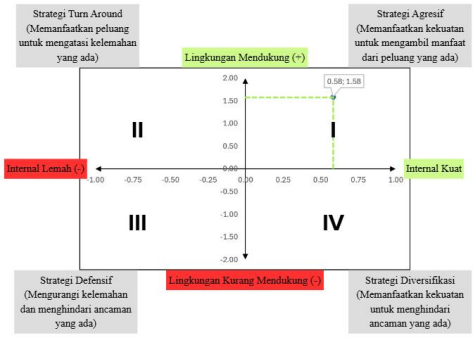
Hasil analisis swot TPST Tamanmartani pada **Gambar 12** (a) menunjukkan nilai tertinggi pada SWOT Interaction Matrix yaitu pada kuadran SO yaitu 7,62. Dengan demikian strategi yang diprioritaskan untuk keberlanjutan TPST Tamanmartani adalah dengan memanfaatkan kekuatan (strengths) untuk mengambil manfaat dari peluang (opportunity) yang ada. Pada diagram SWOT **Gambar 12** (b) menunjukkan bahwa strategi terletak pada kuadran I, oleh karena itu strategi yang harus diterapkan pada TPST Tamanmartani merupakan strategi agresif yaitu memanfaatkan kekuatan untuk mengambil manfaat dari peluang yang ada.

Analisis SWOT TPST Donokerto

Hasil analisis SWOT untuk TPST Donokerto dapat dilihat pada **Gambar 13.**

IFAS / *EFAS*	***Strengths* (S)**	***Weaknesses* (W)**
	SO	WO
***Opportunities* (O)**	$S = 3{,}58$ $O = 3{,}58$ $\boldsymbol{S + O = 7{,}16}$	$W = 3{,}00$ $O = 3{,}58$ $\boldsymbol{W + O = 6{,}68}$
	ST	WT
***Treaths* (T)**	$S = 3{,}58$ $T = 2{,}00$ $\boldsymbol{S + T = 5{,}58}$	$W = 3{,}00$ $T = 2{,}00$ $\boldsymbol{W + T = 5{,}00}$

(a)



(b)

Gambar 13 (a) Hasil SWOT Interaction Matrix TPST Donokerto (b) Diagram Posisi SWOT TPST Donokerto

Hasil analisis swot TPST Donokerto pada **Gambar 13** (a) menunjukkan nilai tertinggi pada SWOT Interaction Matrix yaitu pada kuadran SO yaitu 7,16. Dengan demikian strategi yang diprioritaskan untuk keberlanjutan TPST Donokerto adalah dengan memanfaatkan kekuatan (strengths) untuk mengambil manfaat dari peluang (opportunity) yang ada. Pada diagram SWOT **Gambar 13** (b) menunjukkan bahwa strategi terletak pada kuadran I, oleh karena itu strategi yang harus diterapkan pada TPST Donokerto merupakan strategi agresif yaitu memanfaatkan kekuatan untuk mengambil manfaat dari peluang yang ada.

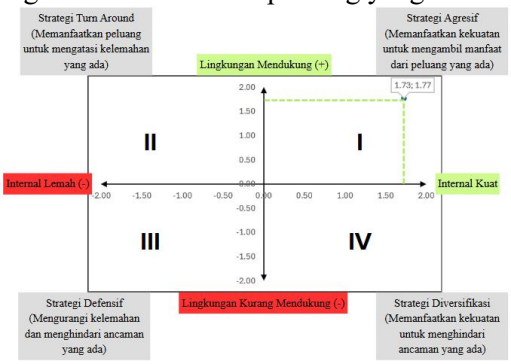
Analisis SWOT TPST Sendangsari

Hasil analisis SWOT untuk TPST Sendangsari dapat dilihat pada **Gambar 14.**

Hasil analisis swot TPST Sendangsari pada **Gambar 14** (a) menunjukkan nilai tertinggi pada SWOT Interaction Matrix yaitu pada kuadran SO yaitu 7,50. Dengan demikian strategi yang diprioritaskan untuk keberlanjutan TPST Sendangsari adalah dengan memanfaatkan kekuatan (strengths) untuk mengambil manfaat dari peluang (opportunity) yang ada. Pada diagram SWOT **Gambar 14** (b) menunjukkan bahwa strategi terletak pada kuadran I, oleh karena itu strategi yang harus diterapkan pada TPST Sendangsari merupakan strategi agresif yaitu memanfaatkan kekuatan untuk mengambil manfaat dari peluang yang ada.

IFAS / *EFAS*	***Strengths* (S)**	***Weaknesses* (W)**
	SO	WO
***Opportunities* (O)**	$S = 3{,}73$ $O = 3{,}77$ $\boldsymbol{S + O = 7{,}50}$	$W = 2{,}00$ $O = 3{,}77$ $\boldsymbol{W + O = 5{,}77}$
	ST	WT
***Treaths* (T)**	$S = 3{,}73$ $T = 2{,}00$ $\boldsymbol{S + T = 5{,}73}$	$W = 2{,}00$ $T = 2{,}00$ $\boldsymbol{W + T = 4{,}00}$

(a)



(b)

Gambar 14 (a) Hasil SWOT Interaction Matrix TPST Sendangsari (b) Diagram Posisi SWOT TPST Sendangsari

3.4. Rekomendasi Strategi Keberlanjutan

Dalam menentukan strategi keberlanjutan dilakukan penyusunan berdasarkan urutan prioritas, kolom detail strategi yang didapatkan dari hasil analisis SWOT pada penilaian bobot dikalikan dengan rating, sehingga strategi keberlanjutan yang dapat diterapkan untuk keberlanjutan TPST di Kabupaten Sleman dapat dilihat pada **Tabel**

Tabel 6 Rekomendasi Strategi Keberlanjutan TPST Kabupaten Sleman

No	Strength (Kekuatan)	Opportunity (Peluang)	Rekomendasi Strategi SO
		TPST Tamanmartani	
1	Operator/staf yang terampil	Kelengkapan SOP Pengelolaan TPST	Menerapkan SOP pemeliharaan preventif terjadwal melalui inspeksi harian, pembersihan, pelumasan, penggantian komponen berbasis jam operasi, dan pencatatan buku log untuk menekan kerusakan serta waktu henti.
2	Kerjasama Lintas Lembaga/Instansi	Kelengkapan SOP Pengelolaan TPST	Melibatkan instansi, akademisi, dan penyedia teknologi dalam penyusunan serta penyempurnaan SOP

No	Strength (Kekuatan)	Opportunity (Peluang)	Rekomendasi Strategi SO
			pengoperasian dan pemeliharaan peralatan TPST.
3	Operator/ Staff yang Terampil	Dukungan biaya investasi/ pemeliharaan oleh Pemerintah	Meningkatkan kompetensi operator melalui pelatihan dan sertifikasi berkala untuk mengoptimalkan penggunaan teknologi pengolahan.
4	Mekanisme Pelaporan dan Monitoring	Rencana Pengembangan TPST	Menerapkan pemantauan dan evaluasi berbasis KPI meliputi tonase masuk dan terolah, kapasitas per jam, waktu henti, konsumsi listrik per ton, produksi RDF, material daur ulang, dan residu.
TPST Donokerto			
1	Kerjasama Lintas Lembaga/ Instansi	Upaya Sosialisasi dan Edukasi Pengelolaan Sampah	Menjalin kemitraan dengan sekolah, perguruan tinggi, dan komunitas lingkungan untuk sosialisasi berkala pemilahan sampah berbasis komunitas (CB-SWM) guna meningkatkan partisipasi masyarakat.
2	Mekanisme Pelaporan dan Monitoring	Dukungan biaya investasi/pemeliharaan oleh Pemerintah	Mendigitalkan pencatatan harian volume sampah masuk, terolah, dan residu melalui spreadsheet, Google Form, atau aplikasi sederhana.
3	Tugas dan Tanggung jawab Pengelola	Kesesuaian Gaji Pekerja TPST	Mengevaluasi uraian tugas, kompleksitas, dan risiko kerja secara berkala sebagai dasar penyesuaian gaji proporsional dan peningkatan kinerja operasional.
4	Bentuk dan Struktur Lembaga	Rencana Pengembangan TPST	Menyusun roadmap kelembagaan jangka pendek (1–2 tahun), menengah (3–5 tahun), dan panjang (>5 tahun) untuk menambah layanan, memperluas cakupan, dan meningkatkan kapasitas pengolahan.
TPST Sendangsari			
1	Bentuk dan struktur lembaga	Kelengkapan SOP Pengelolaan TPST	Membentuk unit hubungan masyarakat dan SOP pengaduan untuk menangani keluhan serta konflik secara cepat dan transparan.
2	Efisiensi Teknologi Pengolahan	Upaya Sosialisasi dan Edukasi Pengelolaan Sampah	Mengedukasi masyarakat mengenai pengaruh kualitas pemilahan dari sumber terhadap efisiensi pengolahan dan kinerja TPST.
3	Efisiensi teknologi pengolahan	Dukungan biaya pemerintah dan sosialisasi pengelolaan sampah	Menyediakan sarana pemilahan dan insentif untuk menghasilkan sampah masuk yang lebih bersih, mengurangi residu, dan meningkatkan efisiensi pengolahan.
4	Kesesuaian tata ruang	Regulasi Rencana Pengembangan TPST	Memperluas zona penyangga hijau dan menyediakan fasilitas publik untuk mengurangi dampak dan konflik serta meningkatkan manfaat bagi masyarakat sekitar.
5	Kerjasama Lintas Lembaga/ Instansi	Upaya Menjaga Lingkungan	Mengembangkan program CSR bersama perusahaan atau industri lokal untuk mendanai pengelolaan sampah mandiri di sumber dan penghijauan sekitar TPST.

4. KESIMPULAN

Ketiga TPST (Tamanmartani, Donokerto, dan Sendangsari) menerapkan sistem pengolahan sampah berbasis Refuse Derived Fuel (RDF) berkapasitas 60 ton/hari dengan proses yang relatif seragam, meliputi pemilahan manual, pemisahan Material Daur Ulang (MDU), crusher, trommel, pencacahan, dan pressing, dengan perbedaan utama pada jumlah modul aktif dan lokasi pengeringan yang dipusatkan di TPST Sendangsari sebelum dikirim ke offtaker PT Solusi Bangun Indonesia. Hasil analisis leverage MDS-RAPS menunjukkan faktor paling berpengaruh pada masing-masing aspek adalah efisiensi teknologi pengolahan (teknis operasional), kejelasan tugas dan tanggung jawab pengelola (kelembagaan), kesesuaian gaji pekerja (pembiayaan), kepatuhan terhadap peraturan retribusi sampah (regulasi), dan upaya menjaga kebersihan lingkungan (partisipasi masyarakat). Status keberlanjutan menunjukkan TPST Tamanmartani kurang berkelanjutan pada aspek teknis operasional (48,92) dan cukup berkelanjutan pada aspek lainnya; TPST Donokerto cukup berkelanjutan pada seluruh aspek; serta TPST Sendangsari cukup berkelanjutan pada aspek teknis operasional, kelembagaan, pembiayaan, dan regulasi, namun kurang berkelanjutan pada aspek partisipasi masyarakat (46,41) akibat konflik sosial dan rendahnya pemilahan sampah di sumber. Berdasarkan hasil

analisis SWOT, seluruh TPST berada pada posisi Kuadran I sehingga strategi keberlanjutan yang direkomendasikan adalah strategi agresif, yakni memanfaatkan kekuatan internal untuk mengoptimalkan peluang yang ada, yang disusun berdasarkan prioritas faktor paling berpengaruh dari hasil analisis leverage pada seluruh aspek internal maupun eksternal.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, I., Sudarma, I. M., & Paturusi, S. A. (2015). Strategi penentuan lokasi dan kebutuhan lahan TPS (Tempat Penampungan Sementara Sampah) berdasarkan fungsi kawasan di Kota Denpasar. ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science), 9(1), 80–89. https://doi.org/10.24843/EJES.2015.v09.i01.p10

Alder, J., Pitcher, T. J., Preikshot, D., Kaschner, K., & Ferriss, B. (2000). How good is good? A rapid appraisal technique for evaluation of the sustainability status of fisheries of the North Atlantic. In D. Pauly & T. J. Pitcher (Eds.), Methods for evaluating the impacts of fisheries on North Atlantic ecosystems (Fisheries Centre Research Reports, 8(2), pp. 136–182). Vancouver, Canada: University of British Columbia.

Anschütz, J., IJgosse, J., & Scheinberg, A. (2004). Putting integrated sustainable waste management into practice: Using the ISWM assessment methodology. Gouda, The Netherlands: WASTE.

Arikunto, S. (1991). Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik. Jakarta, Indonesia: Rineka Cipta.

Awino, F. B., & Apitz, S. E. (2024). Solid waste management in the context of the waste hierarchy and circular economy frameworks: An international critical review. Integrated Environmental Assessment and Management, 20(1), 9–35. https://doi.org/10.1002/ieam.4774

Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman. (2026). Kabupaten Sleman dalam angka 2026. Sleman, Indonesia: Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman.

Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 3242:2008: Pengelolaan sampah di permukiman. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.

Chrispin, C. L., Ananthan, P. S., Ramasubramanian, V., Sugunan, V. V., Panikkar, P., & Landge, A. T. (2022). Rapid reservoir fisheries appraisal (r-RAPFISH): Indicator based framework for sustainable fish production in Indian reservoirs. Journal of Cleaner Production, 379, 134435. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134435

Damanhuri, E., & Padmi, T. (2018). Pengelolaan sampah terpadu. Bandung, Indonesia: Penerbit ITB.

Ismail, Y., Adji, R., Santoso, A. D., Wahyono, S., Kholiq, M. A., Pahri, S. D. R., … Tilottama, R. D. (2025). Multi-dimensional perspectives on sustainability in domestic waste management. Global Journal of Environmental Science and Management, 11(2), 1–24. https://doi.org/10.22034/gjesm.2025.02.21

Kavanagh, P., & Pitcher, T. J. (2004). Implementing Microsoft Excel software for Rapfish: A technique for the rapid appraisal of fisheries status (Fisheries Centre Research Reports, 12(2), pp. 1–75). Vancouver, Canada: University of British Columbia. https://doi.org/10.14288/1.0074801

Kementerian Lingkungan Hidup. (2025). Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). Retrieved July 30, 2026, from https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/

Khairunisa, K., & Widyarsana, I. M. W. W. (2025). Analisis keberlanjutan sistem pengelolaan sampah berbasis 3R (studi kasus MRF, TPST Kota Hijau, dan Bank Sampah Kota Hijau Balikpapan): Indonesia. AJIE (Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship), 9(3), 198–213. https://doi.org/10.20885/ajie.vol9.iss3.art6

Kurniawan, T. A., Avtar, R., Singh, D., Xue, W., Othman, M. H. D., Hwang, G. H., … Kern, A. O. (2021). Reforming MSWM in Sukunan (Yogjakarta, Indonesia): A case study of applying a zero-waste approach based on circular economy paradigm. Journal of Cleaner Production, 284, 124775. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124775

Mandira, I. M. C., & Damayanti, G. A. A. P. C. (2023). Analysis of SWOT, IFAS, EFAS, and BLC in the heavy equipment industry in Bali. Jurnal Riset Manajemen Sains Indonesia, 14(2), 21–32. https://doi.org/10.21009/JRMSI.014.2.03

Meuraksa, I., Frinaldi, A., Rembrandt, R., Lanin, D., & Umar, G. (2025). Evaluasi keberlanjutan pengelolaan sampah Kota Padang: Pendekatan berbasis kebijakan publik melalui analisis MDS-RAPFISH. Al-Isyraq: Jurnal Bimbingan, Penyuluhan, dan Konseling Islam, 8(2), 547–564. https://doi.org/10.59027/alisyraq.v8i2.975

Meza, A., Koç, M., & Al-Sada, M. S. (2022). Perspectives and strategies for LNG expansion in Qatar: A SWOT analysis. Resources Policy, 76, 102633. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102633

Oktari, R. S., Latuamury, B., Idroes, R., Sofyan, H., & Munadi, K. (2023). Knowledge management strategy for managing disaster and the COVID-19 pandemic in Indonesia: SWOT analysis based on the analytic network process. International Journal of Disaster Risk Reduction, 85, 103503. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103503

Pemerintah Kabupaten Sleman. (2018). Peraturan Bupati Sleman Nomor 33.2 Tahun 2018 tentang Kebijakan dan Strategi Kabupaten Sleman dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Sleman, Indonesia: Pemerintah Kabupaten Sleman.

Pitcher, T. J., & Preikshot, D. (2001). RAPFISH: A rapid appraisal technique to evaluate the sustainability status of fisheries. Fisheries Research, 49(3), 255–270. https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00205-8

Puspita, T. M. D., & Zevi, Y. (2024). Analisis keberlanjutan dan strategi pengelolaan sistem penyediaan air minum berbasis masyarakat di Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Jurnal Serambi Engineering, 9(4), 11270–11281. https://jse.serambimekkah.id/index.php/jse/article/view/473

Republik Indonesia. (2008). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Jakarta, Indonesia: Sekretariat Negara.

Republik Indonesia. (2012). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Jakarta, Indonesia: Sekretariat Negara.

Sappaile, B. I. (2007). Konsep instrumen penelitian pendidikan. Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan, 13(66), 379–391. https://doi.org/10.24832/jpnk.v13i66.356

Singarimbun, M., & Effendi, S. (Eds.). (1995). Metode penelitian survai. Jakarta, Indonesia: LP3ES.

Srihayati, B. V., Budastra, I. K., & Murtiadi, S. (2022). Kajian keberlanjutan serta kelayakan TPS 3R dengan metode AHP dan SWOT di Kabupaten Lombok Tengah. Media Bina Ilmiah, 16(9), 7455–7464. https://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI/article/view/1603

Sugiyono. (2013). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung, Indonesia: Alfabeta.

Sugiyono. (2017). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung, Indonesia: Alfabeta.

Sukwika, T., & Noviana, L. (2020). Status keberlanjutan pengelolaan sampah terpadu di TPST-Bantargebang, Bekasi: Menggunakan Rapfish dengan R statistik. Jurnal Ilmu Lingkungan, 18(1), 107–118. https://doi.org/10.14710/jil.18.1.107-118

Susilawati, S., Surdianto, Y., Erythrina, E., Bhermana, A., Liana, T., Syafruddin, S., … Taufik, E. N. (2023). Strategic, economic, and potency assessment of sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) development in the tidal swamplands of Central Kalimantan, Indonesia. Agronomy, 13(10), 2559. https://doi.org/10.3390/agronomy13102559

Widyarsana, I. M. W., Aquila, P. P., Massora, R. R., & Puspita, T. M. D. (2024). Penilaian keberlanjutan tempat pengolahan sampah 3R Cipacing Resik dengan metode multidimensional scaling. Jurnal Serambi Engineering, 9(3), 9239–9252. https://jse.serambimekkah.id/index.php/jse/article/view/245

Yamane, T. (1967). Statistics: An introductory analysis (2nd ed.). New York, NY: Harper & Row.

Yusuf, M., Wijaya, M., Surya, R. A., & Taufik, I. (2021). MDS-RAPS: Teknik analisis keberlanjutan. Makassar, Indonesia: CV Tohar Media.

Zeinali Yadegari, L., Hosseini, S. M., Azaryan, M., Marcu, M. V., & Sadeghi, S. M. M. (2026). Strategic prioritization of sustainable management in the Arasbaran Biosphere Reserve using an integrated SWOT and ANP framework. Discover Sustainability, 7, 1048. https://doi.org/10.1007/s43621-026-03446-9