

EVALUASI EFEKTIVITAS TATA KELOLA SAMPAH DI TEMPAT PENGOLAHAN SAMPAH TERPADU (TPST) TOSS CENTER GEMA SANTI KABUPATEN KLUNGKUNG

A. A. Gede Agung Bharata Wicaksana^{1*)}, I Wayan Diara¹⁾,
Ida Bagus Windia Adnyana²⁾,

¹⁾Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Udayana

²⁾Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Udayana

*Email: wicaksana.2281211012@student.unud.ac.id

ABSTRACT

EVALUATION OF WASTE MANAGEMENT EFFECTIVENESS AT THE INTEGRATED WASTE PROCESSING FACILITY (TPST) TOSS CENTER GEMA SANTI IN KLUNGKUNG REGENCY

Despite various national and regional waste management efforts, the outcomes remain suboptimal, particularly in facilities like TPST and TPS3R. This study evaluates the effectiveness of waste management at TPST TOSS Center Gema Santi in meeting the 2025 JAKSTRADA targets, focusing on waste reduction and handling, cost-benefit analysis (CBA), and human resource (HR) competencies. From January 2023 to April 2024, the facility achieved a combined waste reduction and handling rate of only 15.7%, with a ZWI score of 0.11 in 2023 and 0.06 from January to April 2024. The CBA for the same period showed a BCR of 0.23 and a net value of -Rp1,293,846,839. HR competency was found to be strong in terms of knowledge, attitude, and practice. In conclusion, TPST TOSS Center Gema Santi has not met the 2025 JAKSTRADA targets of 30% waste reduction and 70% waste handling, primarily due to operational inefficiencies where costs outweigh benefits. However, the strong HR competencies suggest potential for improvement. Key recommendations include strengthening waste management policies, promoting waste sorting at the source, fostering collaboration with stakeholders, adopting automated technologies for operations, and providing continuous training to enhance HR capacity.

Keywords: TPST; Evaluation; Waste management effectiveness; HR Competency

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan regulasi, tata kelola sampah di Indonesia meliputi pengangkutan, pengelolaan, pengolahan, dan pemrosesan akhir. Namun, efektivitas pelaksanaannya masih menghadapi banyak tantangan. Peraturan Presiden Nomor 97 Tahun 2017 menargetkan pengurangan 30% dan penanganan 70% timbulan sampah rumah tangga (SRT) dan sampah sejenis

rumah tangga (SSSRT) pada 2025. Meskipun berbagai fasilitas, seperti TPS3R dan TPST, telah digunakan, realisasi target ini masih rendah. Penelitian di Sleman melaporkan pengurangan sampah hanya 16,4% dan penanganan 46,6% (Sakti, 2022), sedangkan di Kota Batu hanya 3,38% dari total 80.933 kg/hari (Ratri *et al.*, 2022). Di Desa Jati, TPS3R mampu mengurangi 11,6% dan menangani 42,8% (Shofi *et al.*, 2023). Kendala meliputi kurangnya sinergi masyarakat,

teknologi yang tidak sesuai, serta distribusi produk olahan yang sulit (Allesch dan Brunner, 2014; Babaei *et al.*, 2015; Laor *et al.*, 2018; Kasam *et al.*, 2018; Turaga *et al.*, 2019; Pradiko *et al.*, 2021; Patar *et al.*, 2023). Kondisi tempat pemrosesan akhir (TPA) juga menjadi perhatian serius. Penelitian risk assessment terhadap sepuluh TPA di Bali menunjukkan bahwa TPA Suwung berada dalam kondisi sangat berbahaya (overload), sedangkan TPA lainnya seperti Sente, Jungut Batu, Biaung, Bengkala, Linggasana, dan Peh berada dalam kondisi berbahaya sedang dan masih dapat direhabilitasi Agustina *et al.*, 2019). TPA Regional Bangli dan Manduang dinilai berbahaya rendah dan masih bisa direhabilitasi (Agustina *et al.*, 2019).

Evaluasi fasilitas pengolahan sampah memiliki urgensi yang tinggi, terutama karena penelitian sebelumnya masih banyak yang bersifat parsial atau hanya berfokus pada kesesuaian teknologi/metode dalam memproses timbulan sampah. Untuk menjawab keterbatasan ini, evaluasi terhadap TPST TOSS Center Gema Santi di Kabupaten Klungkung akan menggunakan pendekatan yang lebih komprehensif. Pendekatan ini mencakup analisis pengurangan dan penanganan timbulan sampah, kompetensi sumber daya manusia (SDM), serta kesesuaian antara manfaat dan biaya kegiatan operasional. Penelitian ini secara khusus akan mengevaluasi efektivitas TPST TOSS Center dalam mendukung target pengurangan 30% dan penanganan 70% sampah, sebagaimana diamanatkan oleh JAKSTRANAS dan JAKSTRADA Kabupaten Klungkung. Pada aspek pengurangan, fokusnya adalah mempersiapkan material sampah anorganik, terutama yang dapat didaur ulang, untuk diolah oleh pihak ketiga. Sementara itu, aspek penanganan

mencakup konversi sampah menjadi produk baru, seperti kompos dari sampah organik atau *solid recovered fuel* (SRF) dari sampah campuran. Menganalisis kesesuaian teknologi, SDM, dan biaya-manfaat adalah langkah strategis untuk mengatasi tantangan pengelolaan sampah. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga memperhitungkan faktor manusia dan ekonomi, sehingga menghasilkan rekomendasi yang relevan, aplikatif, dan berkelanjutan. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan strategi optimalisasi pengelolaan sampah di Kabupaten Klungkung, sekaligus memperkuat peran TPST TOSS Center Gema Santi sebagai fasilitas pengelolaan sampah terbesar di wilayah tersebut.

2. METODOLOGI

Evaluasi mengacu pada teori realisme kritis mengacu pada faktor sebab dan akibat dalam memperoleh ilmu pengetahuan (McEvoy dan Richards, 2003; de Souza, 2013). Identifikasi faktor sebab akibat dilakukan mengacu pada mekanisme kontekstual yaitu kebijakan yang mengatur dan memberi target kegiatan yang akan dievaluasi itu ada, mekanisme program yaitu kegiatan yang dilakukan untuk mencapai target kegiatan, dan mekanisme agen yaitu individu atau kelompok yang berperan melakukan program sehingga dapat beroperasi menuju target, selanjutnya kombinasi dari mekanisme tersebut akan menghasilkan *outcome* yang dapat sesuai dengan target atau tidak (McEvoy dan Richards, 2003; de Souza, 2013; Mukumbang *et al.*, 2023). Kegiatan evaluasi akan difokuskan pada tata kelola sampah untuk mencapai target pengurangan 30% dan penanganan 70% timbulan sampah dari SRT dan SSSRT

pada tahun 2025. Evaluasi ini dibagi menjadi tiga aspek utama yaitu pengurangan dan penanganan timbulan sampah, biaya-manfaat operasional, dan kompetensi sumber daya manusia (SDM), yang semuanya akan dianalisis menggunakan metode yang telah ditentukan sebagai berikut.

2.1 Zero Waste Index (ZWI)

Metode ZWI adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi kegiatan pengurangan dan penanganan timbulan sampah di SRT dan SSSRT yang dihubungkan dengan aspek *zero waste* (nilai ZWI=1) dari total volume sumber daya alam yang berhasil diselamatkan atau direduksi penggunaannya (Zaman dan Lehmann, 2013; Kasam *et al.*, 2018; Tariska *et al.*, 2021). Adapun data yang dibutuhkan serta persamaan yang digunakan dalam ZWI dapat dilihat sebagai berikut.

1) **Berat Sampah Tidak Terserap (BSTT):**

BSTT= Berat sampah masuk – Berat total pengurangan dan penanganan sampah per kategori

2) **Berat Sampah Terserap (BST):**

BSTT= Berat sampah masuk – BSTT

3) **Zero Waste Index:**

$$ZWI = \frac{\sum_1^n WMS_i * SF_i}{\sum_1^n GWS} \tag{1}$$

Keterangan:

WMSi :Berat masing-masing jenis sampah yang berhasil dikelola (daur ulang, dikompos, dll.) untuk jenis sampah ke-i.

SFi :Nilai efisiensi pengganti bahan baku baru (*virgin materials*) dengan bahan baku yang berasal dari sampah yang telah dikelola kembali.

GWS :Total Volume Sampah yang Masuk ke Fasilitas.

n :Jumlah total jenis sampah dari seriap metode pengelolaan dan pengolahan yang digunakan.

Penentuan nilai SFi atau efisiensi pengganti bahan baku baru (*virgin materials*) diekstraksi dari berbagai penelitian dan *database* tentang penilaian siklus hidup atau *life cycle assessment* terhadap material daur ulang (Zaman dan Lehmann, 2013). Adapun tabel SFi berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Efisiensi Pengganti Bahan Baku Baru (*Virgin Materials*)

Sistem Pengelolaan Sampah	Kategori Sampah	Efisiensi Penggunaan Bahan Baku Baru (Ton)	Efisiensi Penggunaan Energi (Ton)	Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca (CO ₂ e /Ton)	Efisiensi Penggunaan Air (kL/Ton)
Daur Ulang	Kertas	0,84 – 1,00	6,33 – 10,76	0,60 – 3,20	2,91
	Kaca	0,90–1,00	6,07–6,85	0,18–0,62	2,30
	Metal	0,79–0,96	36,09–191,42	1,40–17,8	5,97–181,77
	Plastik	0,90–0,97	38,81–64,08	0,95–1,88	–11,37
Kompos	Organik	0,60–0,65	0,18–0,47	0,25–0,75	0,44
	Campur	0,00	0,972–2,995	0,12–0,55	0,00
TPA	Campur	0,00	0,00–0,84	–0,42 - 1,2	0,00

(Sumber: Zaman dan Lehmann, 2013; Kasam *et al.*, 2018; Tariska *et al.*, 2021)

2.2 Analisis Cost Benefit (CBA)

Metode *Cost Benefit Analysis* (CBA) adalah metode yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara biaya dan manfaat dari kegiatan tata kelola sampah

di TOSS Center. Biaya dan manfaat dapat muncul dari dampak langsung maupun tidak langsung. Nilai biaya dan manfaat agar mudah dianalisis akan dilakukan konversi menjadi nilai yang serupa dan dapat dibandingkan. Beberapa penelitian

mengonversi nilai tersebut ke dalam Rupiah, sebagai contoh konversi nilai reduksi emisi menjadi CO₂ ekuivalen (CO₂e) yang memiliki nilai jual di perdagangan internasional (Chaerul dan Rahayu, 2019; Phelia dan Sinia, 2021). Metode konversi tersebut akan disesuaikan dengan hasil identifikasi biaya dan manfaat tata kelola sampah di TPST TOSS Center Gema Santi. Setelah nilai biaya dan manfaat dalam keadaan sama dan bisa dibandingkan akan dilanjutkan dengan analisis perhitungan *Net Value* (selisih antara biaya dan manfaat) dan *benefit-cost-ratio* (BCR) (Chaerul dan Rahayu, 2019; Phelia dan Sinia, 2021). Adapun formula matematis yang merepresentasikan penghitungan *Net Value* dan BCR dapat dilihat sebagai berikut.

1) *Net Value*:

$$\text{Net Value} = \text{Net Benefit} - \text{Net Cost}$$

2) BCR:

$$\text{BCR} = \text{Net Benefit} / \text{Net Cost}$$

Keterangan:

Net Benefit: Total manfaat

Net Cost : Total biaya

BCR < 1 : Operasional
merugi

BCR = 1 : Netral

BCR > 1 : Operasional
menguntungkan

2.3 Skala Likert Kompetensi SDM

Pada variabel kinerja sumber daya manusia (SDM) peneliti akan menggunakan data primer dalam proses analisis. Pada proses pengumpulan data tersebut instrumen yang digunakan adalah kuesioner yang disusun berdasarkan metode skala likert. Skala likert merupakan metode pengumpulan data untuk mengetahui persepsi responden dengan memberikan poin yang berjenjang atau skala dari 1 sampai 5 terhadap setiap jawaban yang responden berikan (Santika *et al.*, 2023). Subjek penelitian atau responden yang akan menjawab kuesioner

dalam penelitian ini adalah karyawan atau petugas yang bekerja di TPST TOSS Center Gema Santi. Tujuan dari kuesioner adalah untuk mengukur pengetahuan, sikap, dan praktik petugas dalam menjalankan kegiatan tata kelola sampah di TPST TOSS Center Gema Santi. Tahap analisis merupakan tahap interpretasi secara deskriptif data berdasarkan nilai maksimum, nilai minimum, dan nilai interval yang dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut (Awaludin 2014; Pradiptiyas, 2018; Kurniawati dan Judisseno, 2020; Santika *et al.*, 2023).

- 1) Nilai Maksimum: Skor Tertinggi x Jumlah Pertanyaan
- 2) Nilai Minimum: Skor Terendah x Jumlah Pertanyaan
- 3) Nilai Interval: Nilai Maksimum 0
Nilai Minimum

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Evaluasi Pengurangan dan Penanganan Timbulan Sampah

Tata kelola timbulan sampah di TPST TOSS Center Gema Santi meliputi pengangkutan, pemilahan awal, pengolahan sampah organik menjadi kompos, pemilahan sesuai jenis sampah anorganik, pengolahan sampah campur menjadi SRF, dan pemrosesan akhir sampah residu ke TPA. Pada tahap pengangkutan, TPST TOSS Center Gema Santi mengambil sampah sesuai jadwal organik (Selasa, Rabu, Kamis, Sabtu, Minggu) dan anorganik (Senin dan Jumat) dari 6 Kelurahan di area Kota Klungkung, 1 Desa Kusamba, dan 3 pasar (DLHP, 2024). Pengangkutan dilakukan dengan menggunakan armada truk dan mobil *pick-up* dari DLHP, truk dari Desa Kusamba, dan truk dari UPTD UPTD Pengelolaan Pasar Klungkung. Total jumlah kepala keluarga yang diangkut sampahnya adalah 9.530KK (Disdukcapil Kab. Klungkung, 2024). Selanjutnya, setelah sampah organik dan anorganik

diangkut sesuai jadwal, sampah akan ditimbang menggunakan jembatan timbang saat masuk ke TPST TOSS Center Gema Santi. Fungsi jembatan timbang adalah untuk mencatat berat timbulan sampah yang masuk. Timbulan sampah yang masuk akan melalui proses pemilahan awal untuk mempersiapkan sampah menjadi material yang siap diolah. Sampah organik akan diolah menjadi kompos dengan metode Osaki. Sampah anorganik akan dipilah sesuai jenis yang

kemudian dijual kepada *offtaker* Bali Waste Cycle (BWC). Sampah campur akan diolah dengan mesin Tromol Screen menjadi SRF yang kemudian disalurkan ke *offtaker* PT. Ciptama Kemasan melalui PT. Cahaya Terang Bumi Lestari (CTBL) yang merupakan pemilik mesin Tromol Screen. Terakhir, sampah residu yang tidak dapat diolah dan diproses dikirim ke TPA. Adapun hasil rekapitulasi tata kelola timbulan sampah di TPST TOSS Center Gema Santi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Tata Kelola Timbulan Sampah di TPST TOSS Center Gema Santi Periode Januari 2023 – April 2024

No.	Bulan	Berat Sampah Masuk (kg)	Stok Pilah Barang Daur Ulang (kg)	Sampah Organik Jadi Kompos (kg)	SRF (kg)	Sampah Tidak Terserap/Ke TPA (kg)
1	Januari	350.470	5.576	24.651	835	319.408
2	Februari	489.400	5.298	25.426	825	457.850
3	Maret	430.810	5.379	48.320	820	376.291
4	April	513.900	8.130	50.801	832	454.137
5	Mei	444.540	8.138	71.938	852	363.612
6	Juni	328.480	8.967	103.307	877	215.329
7	Juli	339.420	12.525	46.357	877	279.661
8	Agustus	183.730	9.718	33.385	833	139.794
9	September	197.540	10.002	45.581	825	141.131
10	Oktober	204.330	10.300	91.628	843	101.559
11	November	369.490	8.159	72.041	830	288.459
12	Desember	591.030	9.687	40.672	825	539.846
13	Januari	829.634	12.174	108.695	8.660	700.104
14	Februari	738.559	9.646	54.244	10.044	664.625
15	Maret	807.736	9.511	48.918	16.878	732.429
16	April	861.685	6.697	66.396	86.347	702.245
Total		7.680.754	139.907	932.360	132003	6.476.480

(Sumber: DLHP Klungkung, 2024)

Berdasarkan tabel 2, berat rata-rata timbulan sampah yang masuk ke TPST TOSS Center Gema Santi pada periode Januari sampai Desember 2023 adalah 12.342 kg atau 12,3 ton/hari. Sedangkan pada periode Januari sampai April 2024, rata-rata tersebut meningkat menjadi 26.980 kg atau 27 ton/hari. Berdasarkan hasil observasi langsung selama periode Januari sampai April 2024, turut diketahui bahwa persentase sampah anorganik yang masuk meningkat menjadi 26,5% (7,1 ton/hari) dan organik 73,5% (19,8 ton/hari). Peningkatan rata-rata tersebut

adalah dampak dari Surat Edaran PLT Bupati Klungkung Nomor 660.2/1732/DLHP tentang penutupan TPA Sente karena *overload* dan hanya mengizinkan pembuangan sampah residu. Menurut hasil wawancara dengan petugas DLHP Klungkung, pada tahun 2023, jumlah armada angkutan sampah yang masuk rata-rata per hari adalah 7 truk dan 4 mobil *pick-up*. Kemudian, berdasarkan observasi lapangan, diketahui bahwa dari bulan Januari hingga April 2024, rata-rata terdapat 17 truk dan 4 mobil *pick-up* yang mengangkut sampah ke TPST TOSS

Center Gema Santi. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya peningkatan sebanyak 143% jumlah armada pengangkutan sampah yang membawa sampah ke TPST TOSS Center Gema Santi yang turut berdampak pada peningkatan berat timbulan sampah yang harus dikelola.

Praktik penanganan yang mengacu Tabel 2, menerangkan bahwa pengolahan material sampah menjadi kompos dan SRF hanya sekitar 13,9% dari total berat sampah masuk. Kemudian praktik penanganan yang memproses sampah untuk siap dijual hanya menyerap 1,8% dari total timbulan yang masuk ke TPST

TOSS Center Gema Santi periode Januari 2023 sampai April 2024. Jika digabungkan, maka kapasitas TPST TOSS Center Gema Santi dalam melakukan pengurangan dan penanganan timbulan sampah adalah sebanyak 15,7% selama pada periode tersebut. Menjadikan, sekitar 84,3% timbulan sampah tidak terserap dan dikirim ke TPA. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat diketahui bahwa TPST TOSS Center Gema Santi belum dapat mencapai nilai ZWI yang ideal *zero waste* (Nilai ZWI=1). Terkait rekapitulasi nilai ZWI TPST TOSS Center Gema Santi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai ZWI TPST TOSS Center Gema Santi Periode Tahun 2023 dan Januari – April 2024

Kategori	Berat (Ton)		Nilai Substitusi Material Baru (Ton)		Nilai Substitusi Energi (Mj)		Reduksi Gas Rumah Kaca (Ton CO2e)		Menghemat air (kL/ Ton)		ZWI	
	Jan - Des 2023	Jan- Apr 2024	Jan - Des 2023	Jan- Apr 2024	Jan - Des 2023	Jan- Apr 2024	Jan - Des 2023	Jan- Apr 2024	Jan - Des 2023	Jan- Apr 2024	Jan - Des 2023	Jan- Apr 2024
Kertas	32,7	12,8	27,5	10,7	207	81	19,6	7,7	95,2	37,2		
Kaca	7,3	3,3	6,6	3	44,3	20	1,3	0,6	16,8	7,6		
Logam	3,5	2,5	2,8	2	126,3	91,4	4,9	3,5	20,9	15,1		
Plastik	64,4	19,3	58	17,4	2563,8	768	61,2	18,3	-732,2	-219,4	0,11	0,06
Lainnya	2,3	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0		
Kompos	654,1	278,1	392,5	166,9	117,7	50,1	163,5	69,5	287,8	122,4		
SRF/Insinerator	10	121	0	0	9,7	117,6	1,2	14,5	0	0		

Berdasarkan Tabel 3, hasil analisis menggunakan metode ZWI menunjukkan bahwa nilai ZWI pada tahun 2023 lebih tinggi dibandingkan tahun 2024. Perbedaan ini disebabkan oleh lonjakan berat sampah yang masuk ke TPST TOSS Center Gema Santi akibat penutupan TPA Sente. Peningkatan berat sampah tersebut tidak diiringi dengan pengembangan fasilitas untuk mengurangi dan menangani timbulan sampah, yang mengakibatkan turunnya nilai ZWI pada periode Januari hingga April 2024. Hal ini juga tercermin pada data di tabel 3, yang menunjukkan tingkat serapan sampah di TPST TOSS

Center Gema Santi masih rendah, hanya sekitar 15,7% dari total sampah yang masuk. Salah satu penyebabnya adalah kondisi sampah yang belum terpilah dari sumber, sehingga pekerja harus melakukan pemilahan awal sebelum sampah dapat dijual, dikompos, atau diolah menjadi SRF. Terlebih lagi pemilahan dari sumber sangat bergantung pada tingkat kesadaran masyarakat. Survei menunjukkan bahwa sebanyak 61,6% ingin melakukan pemilahan namun terkendala kurangnya edukasi dan fasilitas pendukung (Rainer, 2023). Oleh karena itu, perlu adanya program pelatihan dan

insentif berbasis komunitas untuk meningkatkan kepatuhan.

3.2 Evaluasi Biaya-Manfaat

Evaluasi biaya-manfaat adalah penilaian terhadap sebuah proyek atau kegiatan operasional untuk menentukan apakah dapat memberikan manfaat finansial atau ekonomi yang cukup untuk terus berjalan. Kegiatan operasional secara umum di biayai oleh Pemda Klungkung melalui DLHP, kecuali kegiatan operasional pemilahan sampah sesuai jenis yang di biayai oleh Koperasi Gema Nadi Lestari. Untuk mengevaluasi biaya-manfaat operasional TPST TOSS Center Gema Santi diperlukan data terkait biaya (*cost*) dan manfaat/keuntungan (*benefit*) baik yang ditimbulkan secara langsung maupun tidak langsung. Hasil observasi lapangan periode Januari sampai April 2024 telah mengidentifikasi biaya dan manfaat tersebut secara rinci sebagai berikut.

1) Gaji tenaga kerja

Kegiatan operasional TPST TOSS Center Gema Santi dapat dibagi menjadi beberapa divisi yaitu pengangkutan sampah, jembatan timbang, pemilahan awal, kompos, pemilahan sesuai jenis, admin, dan pengolahan sampah campur. Berdasarkan hasil wawancara, rentang gaji pegawai DLHP adalah Rp1.000.000-Rp2.000.000 sedangkan pegawai Koperasi Gema Nadi Lestari untuk Admin Rp1.000.000-Rp2.000.000 dan Pemilah sesuai jenis Rp500.000-Rp1.000.000. Jumlah tenaga kerja DLHP adalah 132 dan tenaga kerja Koperasi Gema Nadi Lestari terdiri dari 9 pemilah dan 1 admin. Maka estimasi gaji pegawai kegiatan operasional TPST TOSS Center Gema Santi selama periode Januari sampai April adalah Rp1.028.000.000.

2) Biaya listrik dan air

Biaya operasional listrik dan air selama satu bulan di TPST TOSS Center Gema Santi adalah sebagai berikut.

Untuk biaya listrik, TPST TOSS Center Gema Santi menggunakan golongan B2 dengan daya listrik 105.000 VA. Dalam satu bulan, TPST TOSS Center Gema Santi mengonsumsi 42.000 kWh dengan total tagihan sebesar Rp6.684.514 (DLHP, 2024). Sementara itu, untuk biaya air, TPST TOSS Center Gema Santi menggunakan layanan dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Panca Mahottama dengan tarif Rp3.000 per meter kubik (Suputra, 2022). Selama satu bulan, TPST TOSS Center Gema Santi menghabiskan sekitar 210,82 meter kubik air per bulan dengan total pembayaran sebesar Rp632.450 pada bulan Juni. Jadi, dalam satu bulan, total biaya listrik dan air sebesar Rp7.316.964 atau Rp29.267.856 selama empat bulan.

3) Biaya penunjang kegiatan operasional

Biaya peralatan penunjang operasional pemilahan sampah terdiri dari beberapa komponen utama. Pertama, biaya pembelian karung Rp500.000/bulan, sarung tangan sebesar Rp100.000/bulan, pembelian BBM untuk *wheel loader* sebanyak 15 liter per hari yang setara dengan Rp6.547.500/bulan, tali rafia memakan biaya Rp150.000/bulan, dan kebutuhan P3K sebesar Rp50.000/bulan. Secara keseluruhan, total biaya peralatan penunjang ini mencapai Rp7.247.500/bulan atau sebesar Rp28.990.000 selama empat bulan.

4) Biaya pengangkutan: BBM

Pada operasional normal, terdapat 11 truk DLHP, 4 mobil pick-up DLHP, 2 truk Desa Kusamba, dan 2 truk UPTD Pasar Klungkung. Alokasi BBM adalah 15 liter/hari untuk truk dan 8 liter/hari untuk pick-up, dengan harga Dexlite Rp14.550/liter dan Peralite Rp10.000/liter. Biaya BBM sebulan untuk 13 truk mencapai Rp85.117.500, pick-up Rp9.600.000, dan Desa Kusamba Rp1.600.000. Total biaya

BBM dalam sebulan adalah Rp96.317.500, atau Rp385.270.000 untuk 4 bulan.

5) Emisi kegiatan pengangkutan

Selain memerlukan biaya langsung seperti gaji dan bahan bakar, juga menghasilkan biaya tidak langsung berupa emisi CO₂. Kendaraan diesel dapat menghasilkan 2,6 kg CO₂ per liter BBM, sementara kendaraan bensin menghasilkan 2,35 kg CO₂ per liter (Safrudin *et al.*, 2013; Hutagalung *et al.*, 2020). Berdasarkan laporan IMF Asia Pasifik, harga karbon di Indonesia adalah Rp30.000 per ton CO₂ ekuivalen (CO_{2e}) (IMF, 2022). Hasil catatan jembatan timbang menunjukkan bahwa selama periode Januari–April terdapat 2.001 truk dan 544 pick-up yang membawa sampah. Total emisi CO₂ selama 4 bulan mencapai 21,3 ton, dengan biaya setara Rp2.532.000..

6) Emisi pengangkutan ke TPA

Hasil rekapitulasi data jembatan timbang mencatat bahwa dari bulan Januari sampai April 2024 telah terjadi 587 pengangkutan oleh truk sampah ke TPA dengan rata-rata per bulan sebanyak 146 pengangkutan. Jarak tempuh dari TPST TOSS Center Gema Santi ke TPA Sente adalah 7 Km dengan pembagian bahan bakar minyak yang sama yaitu 15 liter/hari serta menggunakan metode penghitungan sama seperti emisi kegiatan pengangkutan ke TPST TOSS Center Gema Santi maka emisi CO_{2e} dari bulan Januari sampai April (587 pengangkutan) adalah 22,9 ton atau Rp687.000.

7) Emisi CO_{2e} pengomposan

Berdasarkan laporan dari EPA (2024), kegiatan pengomposan dapat menghasilkan emisi CO_{2e} sebesar 0,13 per tonnya. Pada tahun 2024 produksi kompos di TPST TOSS Center Gema Santi dalam satu siklus (3 bulan) adalah 82 ton atau mengompos sebanyak 212 ton sampah organik. Mengetahui hal

tersebut, maka dapat di hitung emisi CO_{2e} pengomposan dalam satu siklus menghasilkan emisi sebanyak 27,5 ton CO_{2e}. Mengikuti harga karbon di Indonesia (Rp30.000/ton), dalam satu siklus biaya tidak langsung dari kegiatan pengomposan di TPST TOSS Center Gema Santi adalah sebesar Rp825.751. Periode Januari sampai April TPST TOSS Center Gema Santi volume timbulan sampah organik mampu memenuhi kuota 2 siklus, menjadikan total emisi 55,12 ton CO_{2e} atau Rp1.653.600.

8) Emisi pemrosesan sampah di TPA

Pada periode Januari sampai April 2024, TPST TOSS Center Gema Santi mengirimkan sebanyak 2.811,7 ton sampah ke TPA Sente. Pembuangan sampah ke TPA pada umumnya akan menimbulkan emisi gas rumah kaca khususnya proses dekomposisi anaerobik material organik yang ada pada tumpukan sampah. Dekomposisi material organik akan menimbulkan emisi gas metana (CH₄) yang memiliki potensi meningkatkan pemanasan global. Berdasarkan beberapa penelitian, proses dekomposisi material residu (sampah padat campuran) di TPA dapat menghasilkan emisi 0,58 CO_{2e} per tonnya (EPA, 2024). Sehingga pada periode Januari sampai April, TPST TOSS Center Gema Santi menghasilkan emisi 1.630,8 ton CO_{2e} dari pembuangan sampah ke TPA Sente. Berdasarkan harga karbon di Indonesia yaitu Rp30.000 untuk 1 ton CO_{2e} (IMF, 2022). Maka dalam periode tersebut, biaya tidak langsung dari pembuangan sampah ke TPA adalah Rp48.925.105.

9) Emisi CO_{2e} penggunaan listrik

Direktorat Jendral Ketenagalistrikan dalam laporannya menyebutkan bahwa pembangkit listrik batu bara daerah Bali menghasilkan 0,52 ton CO₂ per MWh (Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2019). Penggunaan listrik dalam satu

bulan di TPST TOSS Center Gema Santi adalah 42.000 kWh yang setara dengan 42 MWh. Maka emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan listrik di TPST TOSS Center Gema Santi dalam sebulan adalah 21,84 ton CO₂e. Konversi harga karbon di Indonesia adalah Rp30.000/ton CO₂e, maka biaya tidak langsung dari penggunaan listrik dalam kegiatan operasional TPST TOSS Center Gema Santi adalah sebesar Rp655.200/bulan dan selama periode Januari sampai April sebesar Rp2.620.800.

10) Biaya penyusutan nilai investasi bangunan atau aset

Biaya penyusutan aset adalah biaya tidak langsung yang timbul seiring bertambahnya usia pemakaian aset dan dialokasikan secara sistematis selama masa manfaatnya (Abdullah *et al.*, 2021). Penelitian ini menggunakan metode garis

lurus (*straight line method*), yaitu mengurangi harga beli atau investasi awal dengan nilai sisa, lalu membaginya dengan estimasi umur aset (Kustanti *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian Lestari *et al.* (2021), nilai investasi awal pembangunan TPST TOSS Center Gema Santi adalah Rp6.185.974.397, termasuk aset seperti armada pengangkutan sampah, mesin press hidrolik, jembatan timbang, dan lainnya. Masa penggunaan diasumsikan 25 tahun tanpa nilai sisa. Dari tabel 5, nilai penyusutan bulanan aset tetap adalah Rp36.551.877, kecuali mesin Tromol Screen yang dipinjamkan oleh PT. CTBL. Penentuan nilai awal aset didasarkan pada harga di e-katalog Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah. Selama periode Januari–April 2024, total biaya penyusutan aset mencapai Rp146.207.509.

Tabel 4. Estimasi Biaya Penyusutan Investasi Atau Aset Periode 25 Tahun

No	Jenis	Jumlah	Nilai Investasi/Awal	Nilai Per Bulan	Nilai Januari - April 2024
1	Bangunan	1	Rp6.185.974.397	Rp20.619.915	Rp82.479.659
2	Truk	11	Rp940.100.000	Rp3.133.667	Rp12.534.667
3	Pick-up	4	Rp334.668.750	Rp1.115.563	Rp4.462.250
4	Wheel Loader	1	Rp2.965.920.000	Rp9.886.400	Rp39.545.600
5	Jembatan Timbang	1	Rp199.000.000	Rp663.333	Rp2.653.333
6	Press Hidrolik	2	Rp119.600.000	Rp398.667	Rp1.594.667
7	Gibrik	1	Rp195.000.000	Rp650.000	Rp2.600.000
8	Pengayak kompos	1	Rp22.750.000	Rp75.833	Rp303.333
9	Timbangan Digital	2	Rp2.550.000	Rp8.500	Rp34.000
Total			Rp10.965.563.147	Rp36.551.877	Rp146.207.509

11) Penjualan barang daur ulang

Berdasarkan metode pengelolaan dan pengolahan sampah di TPST TOSS Center Gema Santi terdapat tiga produk hasil olahan sampah yaitu kompos, barang daur ulang, dan SRF. Namun, barang daur ulang yang dapat dikomersialkan. Kompos untuk saat ini diperuntukkan untuk kebun kota, kebun kantor dinas, sekolah, dan Desa Adat. Sedangkan SRF, hanya boleh di distribusikan oleh PT. CTBL. Adapun hasil penjualan periode Januari sampai

April 2024 antara Koperasi Gema Nadi Lestari dengan BWC Rp21.904.475.

12) Retribusi pengangkutan sampah

Retribusi sampah adalah iuran yang dibayarkan masyarakat atas jasa pengangkutan sampah, yang menjadi salah satu sumber pendapatan daerah Kabupaten Klungkung. Pengumpulan retribusi dilakukan oleh petugas DLHP Klungkung melalui kunjungan ke rumah-rumah warga. Selain mengumpulkan iuran, petugas juga bertugas mengawasi praktik pemilahan sampah di tingkat rumah tangga dan memberikan edukasi

kepada masyarakat. Menurut wawancara dengan masyarakat, iuran retribusi di Desa Kusamba sebesar Rp7.000 per bulan, sedangkan di Kelurahan Kota Klungkung sebesar Rp10.000 per bulan, sesuai kebijakan wilayah masing-masing. Total retribusi sampah yang diterima per bulan adalah Rp89.219.000. Dengan nilai yang bersifat tetap, total retribusi selama periode Januari hingga April mencapai Rp356.876.000.

13) Substitusi energi, air, dan emisi gas rumah kaca

Mengacu pada tabel 4, hasil penghitungan ZWI terhadap tata kelola sampah di TPST TOSS Center Gema Santi dari Januari sampai April 2024. Maka, dapat diketahui bahwa kegiatan pengelolaan sampah di TPST TOSS Center Gema Santi mereduksi penggunaan energi sebanyak 1128,1 Mj yang setara dengan 313,3 kWh. Kemudian keberhasilan mereduksi emisi gas rumah kaca sebanyak 44,7 ton CO₂e. Namun, tidak dapat mereduksi penggunaan air sebanyak dengan kalkulasi akhir -159,4 m³. Mengikuti nilai konversi 1 kWh sama dengan Rp1.444, 1 m³ sama dengan Rp3.000, dan 1 ton CO₂e sama dengan Rp30.000. Maka dapat diketahui bahwa manfaat tidak langsung dari kegiatan operasional TPST TOSS Center Gema Santi adalah Rp1.313.952

14) Rekapitulasi biaya-manfaat operasional

Kegiatan operasional TPST TOSS Center Gema Santi setiap bulannya akan menimbulkan biaya dan menghasilkan manfaat. Selisih antara total nilai manfaat dan biaya adalah nilai yang merupakan net value. Konteks *Net Value* dalam kegiatan operasional TPST TOSS Center Gema Santi adalah nilai keuntungan bersih yang dihasilkan

setelah memperhitungkan seluruh biaya kegiatan operasional. Hal ini menjadikan nilai *Net Value* sebagai indikator penting yang mencerminkan efisiensi dan efektivitas kegiatan operasional. Kemudian, nilai benefit cost ratio (BCR) adalah nilai indikator untuk menentukan kondisi operasional menguntungkan atau merugi. Berdasarkan penjelasan terkait biaya dan manfaat kegiatan operasional TPST TOSS Center Gema Santi secara langsung dan tidak langsung maka dapat diperoleh nilai *Net Value* dan BCR dalam Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, *net value* dari kegiatan operasional dalam empat bulan adalah -Rp1.293.846.839 dengan nilai BCR 0,23. Kerugian ini terutama disebabkan oleh tingginya biaya tenaga kerja yang mencapai 61,4% dari total biaya operasional. Selain itu beberapa kelemahan kegiatan operasional teridentifikasi seperti rendahnya penyerapan hasil olahan sampah di mana hanya barang daur ulang yang dapat dijual sementara kompos dan SRF belum dijual, rendahnya pendapatan dari retribusi pengangkutan sampah, dan kondisi . Untuk meningkatkan nilai BCR, perlu diimplementasikan teknologi otomatisasi pemilahan sampah seperti *conveyor belt* dan pemindai optik, yang dapat meningkatkan efisiensi pemilahan sampah hingga 85-96% serta mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual (Gundupalli *et al.*, 2017). Otomatisasi kegiatan pemilahan sampah akan memaksimalkan penyerapan timbulan sampah sehingga semakin banyak sampah yang dapat dijual. Selanjutnya perlu dilakukan peningkatan biaya retribusi pengangkutan sampah menjadi 1% dari total Upah minimum Kabupaten (UMK) Kabupaten Klungkung.

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai *Net Value* dan BCR Periode Januari – April 2024

Jenis	Komponen	Nilai
Biaya Langsung Kegiatan Operasional:	Gaji Pegawai	Rp1.028.000.000
	Biaya Listrik dan Air	Rp29.267.856
	Biaya Penunjang Operasional	Rp28.990.000
	Biaya Pengangkutan: Bahan Bakar Minyak	Rp385.270.000
	Emisi Kegiatan Pengangkutan Sampah Menuju TPTS "TOSS Center Gema Santi"	Rp2.532.000
Biaya Tidak Langsung Kegiatan Operasional:	Emisi Pengiriman Sampah Ke TPA Sente	Rp687.000
	Emisi CO _{2e} Pengomposan	Rp1.653.600
	Emisi pemrosesan sampah di TPA	Rp48.712.502
	Emisi CO _{2e} Penggunaan Listrik	Rp2.620.800
	Penyusutan Nilai Investasi dan Aset	Rp146.207.508
Manfaat Langsung Kegiatan Operasional:	Penjualan Produk Olahan Daur ulang	Rp21.904.475
	Penjualan Produk Olahan Kompos	Rp0
	Penjualan Produk Olahan SRF	Rp0
	Retribusi Pengangkutan Sampah	Rp356.876.000
Manfaat Tidak Langsung Kegiatan Operasional:	Substitusi Energi, Reduksi GRK, dan Penghematan Air	Rp1.313.952
Net Benefit:		Rp380.094.427
Net Cost:		Rp1.673.941.266
Net Value:		-Rp1.293.846.839
BCR:		0,23

3.3 Evaluasi Kompetensi SDM

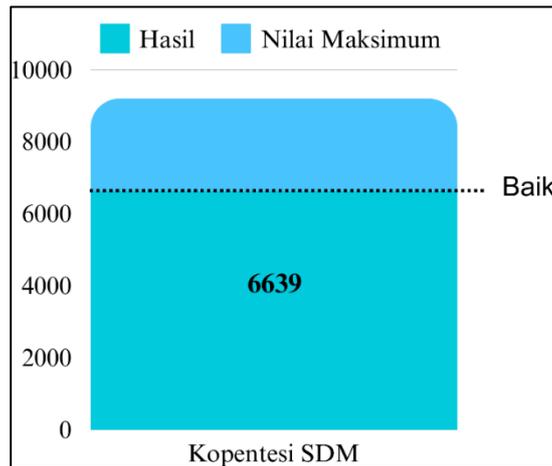
Pengumpulan data responden dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada pegawai TPST TOSS Center Gema Santi. Pemilihan responden berdasarkan metode *purposive sampling* dengan kriteria responden adalah pegawai yang bekerja penuh (*full time*) waktu bukan pekerja harian lepas (*freelancer*) dan bekerja secara penuh di TPST TOSS Center Gema Santi. Berdasarkan kriteria tersebut, maka total responden yang mendapatkan kuesioner adalah 46 pegawai dari total 60 pegawai. Sebelum kuesioner dibagikan secara masif, uji coba dilakukan kepada 8 orang pegawai. Salah satu umpan balik adalah jumlah pertanyaan yang terlalu banyak yaitu 70 pertanyaan dan penyederhanaan kata

dalam pertanyaan. Berdasarkan hal itu, revisi terhadap pertanyaan kuesioner dilakukan dan jumlah akhir pertanyaan kuesioner menyusut menjadi 40 pertanyaan dengan bahasan yang lebih sederhana.

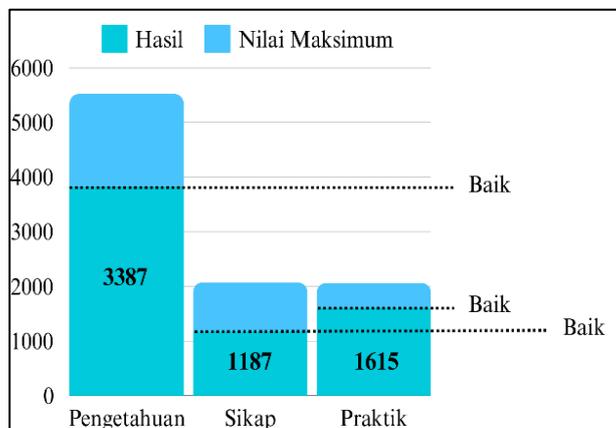
Kuesioner di bagian secara bertahap dan dikerjakan secara mandiri. Namun, ada beberapa responden yang perlu pendampingan ketika mengerjakan karena kendala teknis seperti responden tidak bisa membaca dan menulis. Pendampingan dilakukan dengan cara membacakan pertanyaan beserta jawaban satu persatu kepada responden. Adapun interpretasi nilai rentang skor untuk menilai kompetensi SDM dapat dilihat pada tabel 10 dan hasil rekapitulasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

Tabel 6. Interpretasi Rentang Skor Kuesioner Kompetensi SDM

Kategori	Rentang Skor				
	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang baik	Tidak Baik
Variabel					
Kompetensi SDM	9200-7361	7360-5521	5520-3681	3680-1841	1840-0
Sub Variabel					
Pengetahuan	5520 - 4416	4415 - 3312	3311 - 2208	2207 - 1105	1104 - 0
Sikap	1610 - 1288	1287 - 966	965 - 644	643 - 323	322 - 0
Praktik	2070 - 1656	1655 - 1242	1241 - 828	827 - 415	414 - 0



Gambar 1. Grafik Hasil Evaluasi Kompetensi SDM



Gambar 2. Grafik Hasil Evaluasi Sub Variabel Pengetahuan, Sikap, dan Praktik

Berdasarkan hasil rekapitulasi kuesioner yang ditunjukkan dalam gambar 1, dapat disimpulkan bahwa pegawai di TPST TOSS Center Gema Santi memiliki tingkat kompetensi yang baik dalam melaksanakan tata kelola sampah yang efektif dan efisien. Kompetensi ini mencerminkan kemampuan pegawai dalam mengelola timbulan sampah sesuai dengan

standar yang diharapkan, sehingga mendukung operasional TPST TOSS Center Gema Santi secara optimal. Selanjutnya, seperti yang dijelaskan dalam gambar 2, pegawai juga menunjukkan tingkat pengetahuan yang baik, sikap baik, dan praktik yang baik dalam pelaksanaan tugas mereka. Tingkat pengetahuan yang baik menunjukkan bahwa pegawai

memiliki pemahaman yang memadai tentang karakteristik sampah, prosedur, teknologi pengelolaan sampah, dan hak mereka. Sikap yang baik menunjukkan komitmen dan kesungguhan pegawai dalam menjalankan tugas mereka. Sementara itu, praktik yang baik mencerminkan penerapan yang konsisten dari pengetahuan dan sikap positif tersebut dalam aktivitas sehari-hari. Sehingga, SDM yang di miliki TPST TOSS Center Gema Santi memiliki kompetensi untuk melakukan tata kelola sampah yang maksimal dalam melakukan pengurangan dan penanganan timbulan sampah.

Berdasarkan evaluasi, tingkat pengurangan dan penanganan sampah di TPST TOSS Center Gema Santi hanya mencapai 15,7% dari total timbulan sampah yang masuk. Angka ini tergolong rendah dibandingkan standar yang ditetapkan oleh JAKSTRADA Kabupaten Klungkung maupun penelitian sebelumnya. Penelitian Sakti (2022) dan Shofi *et al.*, (2023), menunjukkan bahwa fasilitas TPST dan TPS3R mampu mengurangi timbulan sampah sebesar 50%-60% dari total sampah yang diterima. Selain itu, analisis keuangan menunjukkan bahwa TPST TOSS Center Gema Santi mengalami kerugian dengan nilai *Benefit-Cost Ratio* (BCR) sebesar 0,23 dan *net value* negatif sebesar Rp3.881.540.517. Temuan ini menegaskan bahwa tata kelola sampah di fasilitas tersebut belum efektif dan membutuhkan perbaikan.

Rendahnya efektivitas pengelolaan sampah di TPST TOSS Center Gema Santi dapat dikaitkan dengan beberapa faktor utama, yaitu kapasitas fasilitas, ketergantungan pada sistem manual, dan rendahnya penyerapan hasil olahan sampah. Pada tahun 2024, TPST menerima rata-rata 27 ton sampah per hari, yang jauh lebih besar dibandingkan dengan fasilitas serupa seperti di Sleman (1,6 ton/hari) dan Sidoarjo (3,8 ton/hari)

(Sakti, 2022; Shofi *et al.*, 2023). Kapasitas pengolahan juga terbatas. Metode pengomposan Osaki dengan 24 bilik yang digunakan hanya mampu mengelola 15,6% dari total potensi timbulan sampah organik tahunan. Sementara itu, metode *solid recovered fuel* (SRF) untuk sampah campur hanya dapat menangani 1,1 ton per hari, dan pengolahan sampah anorganik menjadi material daur ulang rata-rata mencapai 317 kg per hari. Dengan kapasitas tersebut, sebagian besar sampah, tetap berpotensi menjadi residu yang tidak tertangani.

Selain itu, pendekatan operasional yang masih manual dan padat karya turut menyebabkan tingginya biaya operasional, terutama pada aspek penggajian tenaga kerja. Kondisi ini membuat operasional TPST TOSS Center Gema Santi tidak layak secara biaya dan manfaat. Penelitian Lupiyanto *et al.*, (2023), pada TPS3R Kenanga di Sleman menunjukkan temuan serupa, di mana fasilitas tersebut mengalami kerugian dengan $BCR < 1$ dalam skenario *business as usual* (BaU). Namun, skenario peningkatan pelanggan dan penyesuaian biaya retribusi berhasil meningkatkan kelayakan ekonomi operasional. Strategi serupa dapat diterapkan di TPST TOSS Center Gema Santi, seperti kerja sama dengan multi-offtaker, penyesuaian tarif retribusi, dan penerapan otomatisasi.

Penerapan teknologi otomatisasi berpotensi menjadi solusi untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah di TPST TOSS Center Gema Santi. Penelitian Gundupalli *et al.*, (2017), menunjukkan bahwa teknologi otomatisasi seperti conveyor belt dan robot pemilah dapat meningkatkan tingkat pemulihan material daur ulang hingga 85%-96%. Teknologi ini mempercepat proses pemilahan sekaligus meningkatkan akurasi, sehingga mampu mengurangi volume residu yang berakhir di TPA. Dengan kompetensi SDM yang sudah baik,

implementasi otomatisasi di TPST TOSS Center Gema Santi dapat meningkatkan efisiensi dan menekan biaya operasional. Kombinasi teknologi yang memadai dan SDM yang kompeten menjadi langkah strategis untuk mencapai keberlanjutan operasional dan meningkatkan kinerja pengelolaan sampah.

Selain otomatisasi, peningkatan peraturan dan kepatuhan masyarakat dalam memilah sampah dari sumber juga sangat diperlukan. Berdasarkan survei, 61,6% masyarakat menyatakan kesediaannya untuk memilah sampah, tetapi terkendala oleh kurangnya edukasi dan minimnya fasilitas pendukung (Rainer, 2023). Penelitian di Vietnam menunjukkan bahwa praktik pengelolaan sampah yang sederhana dan mudah dipahami cenderung diterima dengan baik oleh masyarakat, sehingga dapat meningkatkan partisipasi mereka (Toan *et al.*, 2020). Namun, tingkat kepatuhan masyarakat Indonesia terhadap pemilahan sampah masih rendah, sebagaimana diungkapkan oleh Sabarinah (2017), yang merekomendasikan perlunya pendidikan pengelolaan sampah sejak usia dini. Oleh karena itu, langkah-langkah strategis seperti pemberlakuan kebijakan yang tegas, pendekatan praktis dalam pelaksanaan, edukasi yang berkelanjutan, dan penyediaan infrastruktur pendukung menjadi kunci untuk meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam pemilahan sampah dari sumber. Dengan upaya ini, diharapkan tercipta sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif dan berkelanjutan.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1. Simpulan

Berdasarkan evaluasi, tata kelola sampah di TPST TOSS Center Gema Santi masih jauh dari optimal. Tingkat pengurangan dan penanganan sampah hanya mencapai 15,7%, jauh di bawah

standar yang ditargetkan oleh JAKSTRADA Kabupaten Klungkung. Kapasitas pengolahan yang terbatas, ketergantungan pada sistem manual, rendahnya penyerapan hasil olahan sampah, serta tingginya biaya operasional menjadi kendala utama yang menyebabkan rendahnya efektivitas dan efisiensi fasilitas tersebut. Kondisi ini diperparah dengan berat sampah yang terus meningkat dan rendahnya tingkat pemilahan sampah dari sumber oleh masyarakat.

4.2. Saran

Berdasarkan evaluasi aspek pengurangan dan penanganan sampah, biaya-manfaat operasional, serta kompetensi sumber daya manusia, beberapa rekomendasi untuk meningkatkan efektivitas tata kelola sampah di TPST TOSS Center Gema Santi meliputi:

- 1) Peningkatan Pemilahan Sampah di Sumber:
Perlu dilakukan edukasi intensif dan kampanye kesadaran kepada masyarakat untuk memisahkan sampah organik dan anorganik sebelum diangkut, guna mengurangi beban pemrosesan dan meningkatkan kualitas pengelolaan sampah. Pembuatan program Bank Sampah Unit di Banjar atau kelompok masyarakat dapat menjadi sarana edukasi yang efektif.
- 2) Optimalisasi Teknologi dan Otomatisasi Operasional:
Pemanfaatan teknologi untuk otomatisasi operasional harus ditingkatkan guna mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia, meningkatkan efisiensi, dan menurunkan biaya operasional. Dengan teknologi yang lebih baik, TPST dapat menghasilkan produk olahan sampah berkualitas tinggi.
- 3) Kerja Sama Strategis dengan Multi *Offtaker*:

- Penting untuk menjalin kemitraan dengan berbagai offtaker lokal dan regional untuk memastikan penyerapan maksimal produk olahan sampah seperti SRF, kompos, dan barang daur ulang, yang berkontribusi terhadap stabilitas finansial TPST.
- 4) Peningkatan Retribusi Pengangkutan Sampah:
Untuk meningkatkan manfaat operasional, retribusi sampah perlu disesuaikan dengan nilai yang lebih besar, direkomendasikan sekitar 1% dari UMK Kabupaten Klungkung atau lebih, guna mendukung keberlanjutan operasional TPST.
- 5) Pelatihan Berkelanjutan, Insentif, dan Evaluasi Kinerja Pegawai:
Pelatihan rutin dan berkelanjutan, pemberian insentif, serta evaluasi kinerja pegawai perlu dilaksanakan untuk meningkatkan keterampilan dan produktivitas pegawai dalam pengelolaan sampah.
- DAFTAR PUSTAKA**
- International Monetary Fund. Asia and Pacific Dept. 2022. *Indonesia: Selected Issues*. p. 1. doi: <https://doi.org/10.5089/9798400204050.002>.
- Abdullah, J., Hasan, W. and Djarangkala, A. 2021. Penyusutan Aset Tetap Kendaraan Bermotor. *Gorontalo Accounting Journal* 4(2), p. 197. doi: <https://doi.org/10.32662/gaj.v4i2.1786>.
- Agustina, E., Damanhuri, E. and Widyarsana, I.M.W. 2019. *Risk Assessment And Rehabilitation Potential Of Municipal Solid Waste Landfills In Bali Province, Indonesia*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/341230772_RISK_ASSESSMENT_AND_REHABILITATION_POTENTIAL_OF_MUNICIPAL_SOLID_WASTE_LANDFILLS_IN_BALI_PROVINCE_INDONESIA [Accessed: 23 July 2024].
- Allesch, A. and Brunner, P.H. 2014. Assessment Methods for Solid Waste management: a Literature Review. *Waste Management & Research* 32(6), pp. 461–473. doi: <https://doi.org/10.1177/0734242x14535653>.
- Awaludin, M., Mantik, H. and Fadillah, F. 2014. Penerapan Metode Servqual Pada Skala Likert Untuk Mendapatkan Kualitas Pelayanan Kepuasan Pelanggan. *JURNAL SISTEM INFORMASI UNIVERSITAS SURYADARMA* 10(1). doi: <https://doi.org/10.35968/jsi.v10i1.990>.
- Babaei, A.A., Alavi, N., Goudarzi, G., Teymouri, P., Ahmadi, K. and Rafiee, M. 2015. Household Recycling knowledge, Attitudes and Practices Towards Solid Waste Management. *Resources, Conservation and Recycling* 102, pp. 94–100. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.06.014>.
- Bupati Klungkung. 2019. *Peraturan Bupati Klungkung Nomor 14 Tahun 2019 Tentang Kebijakan Dan Strategi Kabupaten Klungkung Dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Rumah Tangga*. Available at: <https://dlhp.klungkungkab.go.id/download/jakstrada/> [Accessed: 16 August 2023].
- Chaerul, M. and Rahayu, S.A. 2019. Cost Benefit Analysis dalam Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah: Studi Kasus Kota Pekanbaru. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)* 9(3), pp. 710–722. Available at: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jpsl/article/view/24678> [Accessed: 7 April 2021].
- de Souza, D.E. 2013. Elaborating the Context-Mechanism-Outcome configuration (CMOc) in realist

- evaluation: A critical realist perspective. *Evaluation* 19(2), pp. 141–154. doi: <https://doi.org/10.1177/1356389013485194>.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. 2019. *Faktor Emisi Grk Sistem Ketenagalistrikan Tahun 2019*. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. pp. 1–7. Available at: https://gatrik.esdm.go.id/frontend/download_index/?kode_category=emisi_pl [Accessed: 2 July 2024].
- Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3 Direktorat Penanganan Sampah. 2023. *SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. Available at: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/> [Accessed: 14 November 2023].
- Disdukcapil. 2024. *Data Agregat Penduduk Per-Desa/Kelurahan*. Kabupaten Klungkung: Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil. pp. 1–4.
- DLHP. 2024. *Kondisi Pengelolaan Sampah di TOSS Center Kusamba, Kecamatan Dawan*. Kabupaten Klungkung: Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan.
- Gubernur Bali. 2018. *Peraturan Gubernur Bali Nomor 95 Tahun 2018 Tentang Kebijakan Dan Strategi Daerah Dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Available at: <https://dklh.baliprov.go.id/wp-content/uploads/2020/07/19.-Pergub-Bali-No.-95-Th-2018-Jakstrada-compressed.pdf> [Accessed: 16 August 2023].
- Gundupalli, S.P., Hait, S. and Thakur, A. 2017. A review on automated sorting of source-separated municipal solid waste for recycling. *Waste Management* 60, pp. 56–74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.09.015>.
- Hutagalung, W.L.C., Sakinah, A. and Rinaldi, R. 2020. Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik dengan Metode IPCC 2006 di TPA Talang Gulo Kota Jambi. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* 5(1), pp. 59–68. doi: <https://doi.org/10.29244/jsil.5.1.59-68>.
- Kabupaten Klungkung. 2014. *Peraturan Daerah (PERDA) Kabupaten Klungkung Nomor 7 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Sampah*. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/24504> [Accessed: 24 August 2023].
- Kasam, Iresha, F.M. and Prasojo, S.A. 2018. Evaluation of Solid Waste Management at Campus Using the “Zero Waste Index”: the Case on Campus of Islamic University of Indonesia. Ma'mun, S., Tamura, H., and Purnomo, M. R. A. eds. *MATEC Web of Conferences* 154, p. 02004. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815402004>.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Available at: <https://jdih.maritim.go.id/cfind/source/files/permen-pupr/permen-pupr-no-3-tahun-2013.pdf> [Accessed: 23 July 2023].
- Kustanti, R., Rezagama, A., Ramadan, B.S., Sumiyati, S., Samadikun, B.P. and Hadiwidodo, M. 2020. Tinjauan Nilai Manfaat Pada Pengelolaan Sampah Plastik Oleh Sektor Informal (Studi Kasus: Kecamatan Purwodadi, Kabupaten Grobogan). *Jurnal Ilmu Lingkungan* 18(3), pp. 495–502. doi: <https://doi.org/10.14710/jil.18.3.495-502>.
- Laor, P., Suma, Y., Keawdoungek, V., Hongtong, A., Apidechkul, T. and Pasukphun, N. 2018. Knowledge, attitude and practice of municipal solid waste management among

- highland residents in Northern Thailand. *Journal of Health Research* 32(2), pp. 123–131. doi: <https://doi.org/10.1108/jhr-01-2018-013>.
- Lestari, D.A.I., Mudhina, M. and Suryawan, K.A. 2021. Analisis Kelayakan Investasi Tempat Olah Sampah Setempat (TOSS) Centre Kusamba Di Kabupaten Klungkung. *Prosiding Seminar Nasional Ketekniksipilan Bidang Vokasional IX* 9(1), pp. 9–20. Available at: <https://ojs2.pnb.ac.id/index.php/proceedings/article/view/258> [Accessed: 9 August 2024].
- McEvoy, P. and Richards, D. 2003. Critical realism: a Way Forward for Evaluation Research in nursing? *Journal of Advanced Nursing* 43(4), pp. 411–420. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2003.02730.x>.
- Mukumbang, F.C., De, D.E. and Eastwood, J. 2023. The Contributions of Scientific Realism and Critical Realism to Realist Evaluation. *Journal of Critical Realism* 22(3), pp. 1–21. doi: <https://doi.org/10.1080/14767430.2023.2217052>.
- Patar, D., Fatimah, F. and Lubis, Z. 2023. Design of a Community-Based Waste Management System in Rengas Pulau, Medan Marelan District, Medan City. *Tunas Geografi* 12(1), pp. 57–57. doi: <https://doi.org/10.24114/tgeo.v12i1.41875>.
- Phelia, A. and Sinia, R.O. 2021. Skenario Pengembangan Fasilitas Sistem Pengolahan Sampah Dengan Pendekatan Cost Benefit Analysis Di Kelurahan Kedamaian Kota Bandar Lampung. *Jurnal Serambi Engineering* 6(1). doi: <https://doi.org/10.32672/jse.v6i1.2611>.
- Pradiko, H., Wahyuni, S. and Ganiy. 2021. Knowledge-attitude-practice Method Analysis as a Guide for Kasomalang Kulon Village Waste Bank Planning. *IOP Conference Series* 737(1), pp. 012074–012074. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/737/1/012074>.
- Pradiptiyas, D. 2018. Kajian Tempat Pengolahan Sampah (TPS) 3R Di Kecamatan Manyar, Gresik - ITS Repository. *Its.ac.id*. Available at: <https://repository.its.ac.id/49716/> [Accessed: 6 February 2024].
- Presiden Republik Indonesia. 2017. *Peraturan Presiden Nomor 97 Tahun 2017 Tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/73225/perpres-no-97-tahun-2017> [Accessed: 16 August 2023].
- Rainer, P. 2023. *Alasan Separuh Masyarakat RI Tidak Memilah Sampah - GoodStats Data*. Available at: <https://data.goodstats.id/statistic/alasan-separuh-masyarakat-ri-tidak-memilah-sampah-5Dm7e> [Accessed: 24 November 2024].
- Ratri, I.S., Meidiana, C. and Sari, K.E. 2022. Peran TPST Dan TPS3R Dalam Mereduksi Sampah Di Kota Batu. *Planning for Urban Region and Environment* 11(1), pp. 121–132. Available at: <https://purejournal.ub.ac.id/index.php/pure/article/viewFile/488/336> [Accessed: 22 May 2023].
- Sabarinah, Z. 2017. The Importance of Waste Management Knowledge to Encourage Household Waste-Sorting Behaviour in Indonesia. *International Journal of Waste Resources* 07(04). doi: <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000309>.
- Safrudin, A. et al. 2013. *Cost Benefit Analysis for Fuel Quality and Fuel Economy Initiative in Indonesia*. Gedung B Lt 4 - Kementerian Lingkungan Hidup RI, JL DI Panjaitan Kav 24 Jakarta: Ministry of Environment Republic of Indonesia. Available at:

- https://www.researchgate.net/publication/324039930_Cost_Benefit_Analysis_for_Fuel_Quality_and_Fuel_Economy_Initiative_in_Indonesia [Accessed: 1 July 2024].
- Sakti, R.D.S. 2022. Peran Tempat Pengolahan Sampah 3R (Reduce, Reuse, Recycle) dalam Mengurangi Pengangkutan Sampah TPA di Kawasan Kabupaten Sleman. *Environmental Engineering Journal ITATS* 2(2), pp. 1–10. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/2b39/c0113ce3e87976128e8439ee42f740b09444.pdf> [Accessed: 10 October 2023].
- Santika, A.A., Saragih, T.H. and Muliadi, M. 2023. Penerapan Skala Likert pada Klasifikasi Tingkat Kepuasan Pelanggan Agen Brilink Menggunakan Random Forest. *Jurnal sistem dan teknologi informasi* 11(3), pp. 405–405. doi: <https://doi.org/10.26418/justin.v11i3.62086>.
- Shofi, N.C., Auvaria, S.W., Nengse, S. and Karami, A.A. 2023. Analisis Aspek Teknis Pengelolaan Sampah di TPS 3R Desa Janti Kecamatan Waru Sidoarjo. *J-Sil (Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan)* 8(1), pp. 1–8. doi: <https://doi.org/10.29244/jsil.8.1.1-8>.
- Suputra, E.M. 2022. *Tarif Air di Klungkung Diusulkan Naik Menjadi Rp3000 per Meter Kubik*. Available at: <https://bali.tribunnews.com/2022/09/22/tarif-air-di-klungkung-diusulkan-naik-menjadi-rp3000-per-meter-kubik> [Accessed: 8 July 2024].
- Tariska, R.M., Juwana, I. and Sutadian, A.D. 2021. Planning of Waste Management using Zero Waste Approach at SMAN 14 Bandung, Indonesia. *IOP conference series. Earth and environmental science* 940(1), pp. 012051–012051. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/940/1/012051>
- [Accessed: 23 July 2024].
- Toan, S., Fujiwara, T., Minh Giang Hoang and Cuong Le Dinh. 2020a. *Enhancing Waste Management Practice -The Appropriate Strategy for Improving Solid Waste Management System....* Available at: https://www.researchgate.net/publication/339089927_Enhancing_Waste_Management_Practice_-_The_Appropriate_Strategy_for_Improving_Solid_Waste_Management_System_in_Vietnam_Towards_Sustainability [Accessed: 30 August 2024].
- Toan, S., Fujiwara, T., Minh Giang Hoang and Cuong Le Dinh. 2020b. *Enhancing Waste Management Practice -The Appropriate Strategy for Improving Solid Waste Management System....* Available at: https://www.researchgate.net/publication/339089927_Enhancing_Waste_Management_Practice_-_The_Appropriate_Strategy_for_Improving_Solid_Waste_Management_System_in_Vietnam_Towards_Sustainability [Accessed: 30 August 2024].
- Turaga, R.M.R. et al. 2019. E-Waste Management in India: Issues and Strategies. *Vikalpa: The Journal for Decision Makers* 44(3), pp. 127–162. doi: <https://doi.org/10.1177/0256090919880655>.
- EPA. 2024. *Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories*. U.S Environmental Protection Agency. pp. 1–7. Available at: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-02/ghg-emission-factors-hub-2024.pdf> [Accessed: 2 July 2024].
- Zaman, A.U. and Lehmann, S. 2013. The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a “zero waste city.” *Journal of Cleaner Production* 50(50), pp. 123–132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.041>.