



KAJIAN EFEKTIVITAS OPERASIONAL PENGELOLAAN SAMPAH PADA TPST BATUNUNGGAL INDAH KOTA BANDUNG

Lukman Nawa Baihaqi, Yonik Meilawati Yustiani*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pasundan, Indonesia

Abstrak: Pertumbuhan populasi dan peningkatan aktivitas perkotaan, volume sampah di Kota Bandung terus meningkat, mencapai \pm 1496 ton per hari pada tahun 2025, dengan 60% didominasi oleh sampah rumah tangga dan sebagian besar berupa sampah organik. TPST Batununggal Indah didirikan sebagai upaya Pemerintah Kota Bandung untuk mengurangi ketergantungan pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dan memaksimalkan nilai guna sampah melalui proses pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, pengolahan, dan pemrosesan akhir. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai operasional TPST Batununggal Indah, termasuk teknologi yang digunakan, serta mengidentifikasi permasalahan yang muncul dan mencari solusi efektif. Metode penelitian melibatkan observasi langsung terhadap aspek teknis operasional seperti pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, timbulan sampah, pemilahan, dan pengolahan. Hasil kajian menunjukkan bahwa TPST Batununggal Indah telah menerapkan berbagai teknologi pengolahan sampah menangani 3,51 ton/hari, namun masih menghadapi tantangan baik dari segi non-teknis maupun teknis dengan sampah residu 10%. Analisis kesesuaian dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 03 Tahun 2013 juga dilakukan untuk mengevaluasi kinerja TPST. Temuan ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategis untuk peningkatan efektivitas dan efisiensi operasional pengelolaan sampah di TPST Batununggal Indah, serta berkontribusi pada upaya keberlanjutan pengelolaan sampah di Kota Bandung secara keseluruhan.

Kata kunci: Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST), sampah, operasional pengelolaan sampah, 3R.

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi dan peningkatan aktivitas manusia di wilayah perkotaan telah memicu lonjakan volume dan keragaman jenis sampah secara signifikan. Di Kota Bandung, pengelolaan sampah telah menjadi salah satu isu lingkungan yang paling mendesak dan membutuhkan perhatian serius. Berdasarkan data dari Pemerintah Kota Bandung pada tahun 2025, total timbulan sampah yang dihasilkan oleh warga mencapai kurang lebih 1.496 ton per hari (BPS Kota Bandung, 2025).

Dari jumlah tersebut, sumber sampah terbesar berasal dari sektor rumah tangga yang menyumbang sekitar 60% dari total timbulan, dengan komposisi yang didominasi oleh sampah organik (SIPSN, 2024). Peningkatan volume sampah ini sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat perkotaan yang semakin kompleks (Brigita & Rahardyan, 2025). Sistem pengelolaan sampah konvensional yang mengandalkan pola kumpul, angkut, dan buang ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) terbukti semakin tidak efisien dan tidak berkelanjutan (Irmawartini et al. 2023), . Keterbatasan lahan untuk TPA baru, tingginya biaya operasional pengangkutan, serta dampak lingkungan

*) yonik@unpas.ac.id

Diterima: 29 Januari 2026

Direvisi: 7 Juni 2026

Disetujui: 7 Juni 2026

DOI: 10.23969/infomatek.v28i1.52643

negatif dari penumpukan sampah di TPA menjadi kendala utama dalam sistem ini (Permana, 2020; Rochaeni et al., 2022). Di Kota Bandung, keterbatasan kuota ritasi pembuangan sampah ke TPA Sarimukti semakin memperburuk situasi, menyebabkan penumpukan sampah di berbagai titik di kota (Citarum Harum, 2025). Oleh karena itu, diperlukan paradigma baru dalam pengelolaan sampah yang lebih menitikberatkan pada pengurangan sampah di sumber dan pengolahan sampah sedekat mungkin dengan sumbernya.

Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, Pemerintah Kota Bandung telah menginisiasi pembangunan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) di berbagai wilayah, salah satunya adalah TPST Batununggal Indah yang berlokasi di Kecamatan Bandung Kidul. TPST didefinisikan sebagai fasilitas di mana kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah dilaksanakan secara terintegrasi (Pasaribu et al., 2025). Keberadaan TPST diharapkan dapat secara signifikan mengurangi volume sampah yang harus dibuang ke TPA, sekaligus memaksimalkan pemanfaatan sampah yang masih memiliki nilai ekonomi atau potensi energi (Ratri, 2022). Pengelolaan sampah di TPST melibatkan berbagai tahapan teknis operasional, mulai dari pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, pemilahan, hingga pengolahan akhir. Pemilahan sampah di sumber menjadi kunci keberhasilan operasional TPST, karena sampah yang telah terpilah akan lebih mudah dan efisien untuk diolah (Zafira & Damanhuri, 2025). Sampah organik, yang merupakan komponen terbesar, dapat diolah menjadi kompos atau dimanfaatkan sebagai pakan maggot Black Soldier Fly (BSF) (Nugraha et al., 2019). Sementara itu, sampah anorganik yang

bernilai ekonomi dapat didaur ulang, dan residu yang mudah terbakar dapat diolah menjadi Refuse Derived Fuel (RDF) atau melalui proses pirolisis (Maulana et al, 2021). Meskipun TPST menawarkan solusi yang menjanjikan, operasionalnya di lapangan seringkali dihadapkan pada berbagai kendala, baik teknis maupun non-teknis. Permasalahan seperti kurangnya partisipasi masyarakat dalam pemilahan sampah, keterbatasan kapasitas teknologi pengolahan, serta kendala manajerial dan finansial dapat menghambat kinerja TPST (Zumaira et al., 2026). Oleh karena itu, evaluasi kinerja dan analisis operasional TPST menjadi sangat penting untuk mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan dan merumuskan strategi optimalisasi (Mondir, 2025).

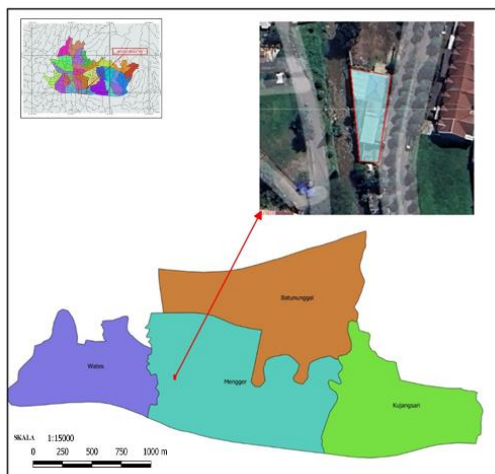
Penelitian sebelumnya telah mengevaluasi TPS3R di Kabupaten Bandung namun kajian operasional TPST skala kota dengan kombinasi teknologi RDF dan pengomposan di Kota Bandung masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara mendalam operasional pengelolaan sampah di TPST Batununggal Indah, Kota Bandung. Secara spesifik, kajian ini diarahkan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai proses dan teknologi yang digunakan dalam operasional TPST, serta mengidentifikasi permasalahan yang muncul. Penelitian ini diharapkan dapat merumuskan solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut dan memberikan rekomendasi strategis guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi operasional TPST Batununggal Indah. Hasil kajian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi berharga bagi pengembangan dan pengelolaan TPST di wilayah lain, dalam rangka mewujudkan sistem pengelolaan sampah perkotaan yang berkelanjutan.

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan deskriptif kualitatif untuk menganalisis operasional pengelolaan sampah di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Batununggal Indah, Kota Bandung. Pendekatan ini dipilih untuk memberikan gambaran yang komprehensif dan mendalam mengenai proses, teknologi, serta permasalahan yang dihadapi dalam operasional pengelolaan sampah di lokasi studi. Fokus utama metodologi ini adalah untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu memberikan gambaran operasional TPST dan mengidentifikasi serta mencari solusi permasalahan yang ada.

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini berlokasi di TPST Batununggal Indah, yang beralamat di Jl. Batununggal Indah II No.40, Mengger, Kecamatan Bandung Kidul, Kota Bandung, Jawa Barat. Gambar 1 memperlihatkan lokasi TPST Batununggal Indah sebagai lokasi kajian.



Gambar 1. Lokasi TPST Batununggal Indah

Pemilihan lokasi ini didasarkan pada perannya sebagai salah satu fasilitas pengolahan sampah terpadu yang dioperasikan oleh Pemerintah Kota Bandung. Pengamatan dan

pengumpulan data dilakukan selama periode 2 September hingga 5 November 2025, mencakup durasi yang cukup untuk mengamati siklus operasional harian dan mingguan TPST.

2.2 Metode Pengumpulan

Data Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa metode untuk mendapatkan informasi yang holistik dan valid.

2.2.1 Observasi Langsung

Observasi langsung dilakukan di TPST Batununggal Indah untuk mengamati secara cermat seluruh tahapan operasional pengelolaan sampah. Aspek-aspek yang diobservasi meliputi:

- **Pewadahan Sampah:** Pengamatan terhadap jenis, kapasitas, dan penempatan wadah sampah di area sekitar TPST yang menjadi cakupan pelayanan.
- **Pengumpulan Sampah:** Proses pengumpulan sampah dari sumber ke TPST, termasuk rute, frekuensi, dan jenis kendaraan pengumpul yang digunakan.
- **Pengangkutan Sampah:** Mekanisme pengangkutan sampah dari titik pengumpulan ke fasilitas pengolahan di TPST, serta pengangkutan residu ke TPA.
- **Timbulan dan Komposisi Sampah:** Pengukuran dan pencatatan volume serta jenis sampah yang masuk ke TPST. Data ini sangat penting untuk memahami karakteristik sampah yang diolah dan efisiensi pemilahan awal. Pengukuran timbulan dan komposisi sampah dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku, seperti SNI 19-3964-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan (BSN, 1994).
- **Pemilahan Sampah:** Proses pemilahan sampah di TPST, baik secara manual maupun menggunakan mesin (misalnya

mesin gibrig), serta efektivitas pemilahan dalam memisahkan sampah organik dan anorganik.

- Pengolahan Sampah: Pengamatan terhadap teknologi pengolahan yang diterapkan untuk sampah organik (misalnya pengomposan, pengolahan dengan BSF) dan anorganik (misalnya pencacahan, produksi RDF, pirolisis), termasuk parameter operasional dan hasil olahan.

2.2.2 Wawancara

Wawancara dilakukan dengan pihak-pihak terkait di TPST Batununggal Indah, termasuk manajemen, operator lapangan, dan staf teknis. Wawancara bertujuan untuk menggali informasi mengenai aspek kelembagaan, hukum, keuangan, serta permasalahan non-teknis yang mungkin dihadapi. Selain itu, wawancara juga dilakukan untuk mengkonfirmasi data observasi dan mendapatkan perspektif mendalam mengenai tantangan dan peluang dalam operasional TPST.

2.2.3 Studi Dokumentasi

Studi dokumentasi melibatkan pengumpulan dan analisis data sekunder dari berbagai sumber, seperti laporan internal TPST, peraturan daerah terkait pengelolaan sampah, data timbulan sampah dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Bandung, serta literatur ilmiah dan peraturan perundang-undangan yang relevan. Dokumen-dokumen ini digunakan untuk mendukung analisis, membandingkan praktik operasional dengan standar yang ada, dan memperkaya konteks penelitian.

2.3 Analisis Data

Data yang terkumpul dari observasi, wawancara, dan studi dokumentasi dianalisis secara deskriptif kualitatif. Analisis ini mencakup aspek teknis operasional, analisis permasalahan, analisis kesesuaian dengan

regulasi menggunakan peraturan yang berlaku, dan perumusan rekomendasi

Melalui pendekatan metodologi ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai operasional pengelolaan sampah di TPST Batununggal Indah, serta menghasilkan rekomendasi yang praktis dan dapat diimplementasikan untuk perbaikan berkelanjutan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh berupa hasil observasi, wawancara, dan analisis data terkait operasional pengelolaan sampah di TPST Batununggal Indah, Kota Bandung, serta diskusi mendalam mengenai temuan-temuan tersebut. Pembahasan akan mencakup aspek teknis operasional, permasalahan yang dihadapi, dan kesesuaian dengan regulasi yang berlaku.

3.1 Gambaran Umum TPST Batununggal Indah

TPST Batununggal Indah berlokasi strategis di Jl. Batununggal Indah II No.40, Mengger, Kecamatan Bandung Kidul, Kota Bandung. Fasilitas ini didirikan sebagai bagian dari upaya Pemerintah Kota Bandung untuk mengimplementasikan sistem pengelolaan sampah terpadu yang berorientasi pada pengurangan volume sampah yang dibuang ke TPA. TPST ini melayani beberapa wilayah di sekitarnya, dengan fokus pada pengolahan sampah rumah tangga dan sejenis sampah rumah tangga. Struktur organisasi TPST Batununggal Indah menunjukkan adanya pembagian tugas yang jelas, meskipun dalam praktiknya koordinasi antarunit masih memerlukan peningkatan untuk mencapai efisiensi maksimal.

3.2 Aspek Teknis Operasional Pengelolaan Sampah

Operasional pengelolaan sampah di TPST Batununggal Indah meliputi beberapa tahapan

kunci, yaitu pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, pemilahan, dan pengolahan. Setiap tahapan memiliki peran krusial dalam menentukan efektivitas keseluruhan sistem.

3.2.1 Pewadahan

Sistem pewadahan sampah di area pelayanan TPST Batununggal Indah umumnya menggunakan wadah individual di tingkat rumah tangga. Observasi menunjukkan bahwa jenis dan kapasitas wadah bervariasi, dan belum semua masyarakat menerapkan pemilahan sampah di sumber. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa tingkat partisipasi masyarakat dalam pemilahan sampah di sumber masih rendah di beberapa kota di Indonesia, termasuk Bandung, dengan hanya sekitar 30,2% responden yang sudah melakukan pemilahan (Zafira & Damanhuri, 2025). Kurangnya pemilahan di sumber ini menjadi tantangan awal dalam operasional TPST, karena sampah yang tercampur memerlukan upaya pemilahan lebih lanjut di fasilitas.

3.2.2 Pengumpulan

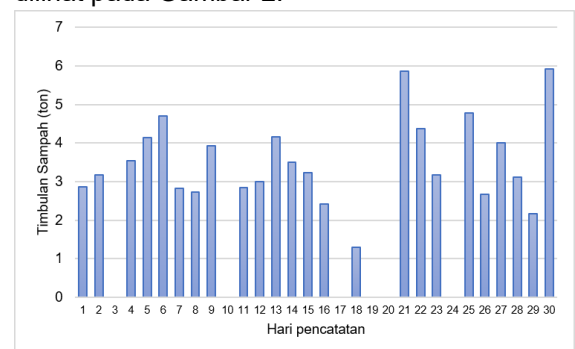
Proses pengumpulan sampah dari rumah tangga ke TPST dilakukan secara periodik. Rute pengumpulan telah ditetapkan, namun frekuensi pengumpulan terkadang masih menjadi isu, terutama di area dengan timbulan sampah tinggi. Kendaraan pengumpul yang digunakan bervariasi, mulai dari gerobak sampah hingga kendaraan roda tiga, yang kemudian diangkut ke TPST menggunakan truk pengangkut. Efisiensi pengumpulan sangat bergantung pada jadwal yang teratur dan kondisi infrastruktur jalan di area pelayanan. Permasalahan yang sering muncul adalah keterlambatan pengumpulan yang dapat menyebabkan penumpukan sampah sementara di permukiman.

3.2.3 Pengangkutan

Pengangkutan sampah dari titik pengumpulan ke TPST Batununggal Indah merupakan tahapan penting. Setelah sampah terkumpul di TPST, sebagian sampah yang tidak dapat diolah atau residu akan diangkut ke TPA. Jadwal pengangkutan residu ke TPA Sarimukti menjadi faktor pembatas, terutama dengan adanya pembatasan kuota ritasi. Hal ini menyebabkan penumpukan residu di TPST, yang dapat mengganggu operasional dan menimbulkan masalah lingkungan baru (Citarum Harum, 2025).

3.2.4 Timbulan dan Komposisi Sampah

Berdasarkan data dari Pemerintah Kota Bandung tahun 2025, total timbulan sampah di Kota Bandung mencapai \pm 1496 ton per hari. TPST Batununggal Indah menerima sebagian dari timbulan tersebut. Analisis timbulan sampah di TPST Batununggal Indah menunjukkan fluktuasi harian dan mingguan. Timbulan sampah harian sekitar 3,51 ton/hari. Komposisi sampah yang masuk ke TPST didominasi oleh sampah organik, yang mencapai sekitar 60% dari total timbulan, diikuti oleh sampah anorganik seperti plastik, kertas, dan logam (SIPSN, 2024). Data timbulan sampah harian selama 30 hari dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Timbulan sampah di TPST Batununggal

Pemahaman yang akurat tentang timbulan dan komposisi sampah sangat penting untuk

perencanaan kapasitas pengolahan dan strategi pemanfaatan sumber daya. Studi mengenai karakteristik timbulan sampah di berbagai wilayah Kota Bandung juga mendukung temuan ini, menunjukkan dominasi sampah organik sebagai tantangan utama (Puspita & Ainun, 2023).

3.2.5 Pemilahan

Sampah di TPST Mengingat rendahnya tingkat pemilahan di sumber, pemilahan sampah di TPST Batununggal Indah menjadi tahapan yang sangat krusial. Proses pemilahan dilakukan secara manual dan juga menggunakan mesin. Salah satu mesin yang digunakan adalah mesin gibrig, yang berfungsi untuk memisahkan sampah organik dan anorganik secara mekanis (Pratiwi, 2025). Meskipun mesin gibrig dapat meningkatkan efisiensi pemilahan, pemilahan manual tetap diperlukan untuk memisahkan material yang lebih spesifik dan memastikan kualitas hasil pemilahan. Efektivitas pemilahan di TPST secara langsung mempengaruhi keberhasilan tahapan pengolahan selanjutnya. Tantangan dalam pemilahan meliputi volume sampah yang besar, kondisi kerja, dan keberadaan sampah yang tercampur sangat heterogen. Peningkatan teknologi pemilahan otomatis, seperti turbo separator, dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi dan higienitas proses pemilahan (Lingga et al., 2024).

3.2.6 Pengolahan Sampah

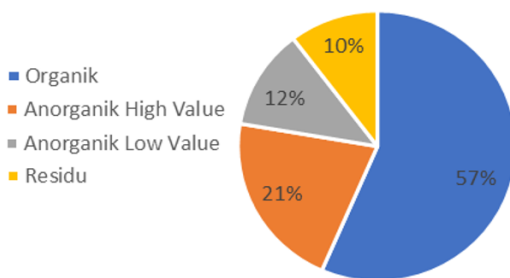
TPST Batununggal Indah menerapkan berbagai teknologi pengolahan untuk sampah organik dan anorganik:

- **Pengolahan Sampah Organik:** Sampah organik yang telah terpilah diolah melalui proses pengomposan. Pengomposan adalah metode biologis yang mengubah sampah organik menjadi kompos yang bermanfaat sebagai pupuk. Selain itu,

potensi pengolahan sampah organik dengan larva Black Soldier Fly (BSF) juga menjadi perhatian, mengingat efisiensi BSF dalam mereduksi volume sampah organik dan menghasilkan biomassa yang bernilai ekonomi (Rahman et al., 2020). Namun, laporan awal belum merinci sejauh mana implementasi BSF di TPST Batununggal Indah. Penumpukan hasil olahan sampah organik, menunjukkan adanya tantangan dalam pemasaran atau pemanfaatan produk kompos.

- **Pengolahan Sampah Anorganik:** Sampah anorganik yang memiliki nilai ekonomi, seperti plastik, kertas, dan logam, dipilah untuk didaur ulang. Untuk sampah anorganik yang tidak dapat didaur ulang secara konvensional, TPST Batununggal Indah memiliki potensi untuk mengolahnya menjadi Refuse Derived Fuel (RDF). RDF adalah bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari sampah padat yang telah melalui proses pencacahan, pengeringan, dan pemadatan (Farhah et al., 2025). Teknologi RDF sangat menjanjikan untuk mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA dan menyediakan sumber energi terbarukan (Rania et al., 2019). Selain RDF, pirolisis juga merupakan teknologi pengolahan termal yang dapat mengubah sampah menjadi produk seperti minyak pirolisis, gas, dan arang. Meskipun laporan awal menyebutkan pirolisis sebagai salah satu cara pengolahan sampah di TPST, implementasi dan skala penerapannya di TPST Batununggal Indah perlu dikaji lebih lanjut. Perbandingan dampak lingkungan dari berbagai teknologi pengolahan sampah menjadi energi, termasuk pirolisis, juga menjadi pertimbangan penting dalam keberlanjutan operasional (Adi et al., 2022).

Hasil Pengolahan TPST Batununggal Indah memberikan gambaran kuantitatif mengenai kinerja pengolahan (Gambar 3). Data ini menunjukkan volume sampah yang berhasil diolah dan jenis produk yang dihasilkan. Namun, perlu analisis lebih mendalam mengenai efisiensi konversi dan kualitas produk olahan.



Gambar 3. Komposisi Sampah Hasil Pengolahan di TPST Batununggal

Residu yang tidak dapat diolah berkisar 0,14 ton hingga 0,6 ton perhari 10% dari total sampah yang masuk ke TPST.

3.3 Permasalahan dan Pembahasan

Operasional TPST Batununggal Indah menghadapi berbagai permasalahan, baik dari segi non-teknis maupun teknis, yang mempengaruhi efektivitas dan efisiensi pengelolaan sampah.

3.3.1 Segi Non-Teknis

Permasalahan non-teknis meliputi aspek kelembagaan, hukum, masyarakat, dan keuangan. Partisipasi masyarakat dalam pemilahan sampah di sumber masih menjadi kendala utama. Edukasi dan sosialisasi yang berkelanjutan diperlukan untuk meningkatkan kesadaran dan praktik pemilahan sampah di tingkat rumah tangga. Aspek kelembagaan

dan hukum juga perlu diperkuat untuk memastikan keberlanjutan operasional TPST. Dari segi keuangan, keberlanjutan pendanaan operasional dan pemeliharaan fasilitas menjadi tantangan. Model bisnis yang inovatif dan dukungan pemerintah daerah sangat penting untuk mengatasi kendala finansial ini (Kanda & Sari, 2024).

3.3.2 Segi Teknis

Permasalahan teknis mencakup keterbatasan kapasitas peralatan, kerusakan mesin, dan tantangan dalam pengolahan jenis sampah tertentu. Penumpukan hasil olahan sampah organik menunjukkan adanya masalah dalam proses pasca-pengolahan atau pemasaran produk. Lokasi TPST yang bersebelahan dengan sungai juga menimbulkan kekhawatiran akan potensi pencemaran lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Selain itu, efisiensi mesin pemilah dan pengolah perlu dievaluasi secara berkala untuk memastikan kinerja optimal. Perawatan dan perbaikan rutin peralatan juga menjadi faktor penting untuk menghindari gangguan operasional.

3.4 Kesesuaian TPST dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 03 Tahun 2013

Analisis kesesuaian operasional TPST Batununggal Indah dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 03 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga sangat penting untuk menilai kepatuhan dan standar operasional. Tabel 1 menyajikan perbandingan antara kondisi TPST dengan regulasi tersebut.

Tabel 1. Kesesuaian TPST dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 13 Tahun 2013

Kriteria Teknis	TPST Batununggal Indah
Luas TPST minimal 20.000 m ²	Tidak sesuai, luas hanya 396,12 m ²
Penempatan dapat di dalam kota	Sesuai, penempatan di Kota Bandung
Jarak TPST ke pemukiman terdekat paling sedikit 500 m	Tidak sesuai, jarak paling dekat ± 350 m
Pengolahan sampah di TPST dapat menggunakan teknologi	Sesuai, pengolahan menggunakan mesin gibrig dan pencacah untuk menghasilkan RDF
Ruang pemilah	Sesuai, terdapat pemilahan terlebih dahulu sebelum ke tahap pengolahan
Instalasi pengolahan sampah	Sesuai, pengolahan sampah dibantu oleh mesin-mesin pengolah sampah
Pengendalian pencemaran lingkungan	Tidak sesuai, berbatasan langsung dengan sungai walaupun ada pembatas tetapi masih memiliki potensi mencemari sungai
Penangan residu	Sesuai, terdapat pengangkutan residu dengan truck sampah ke TPA
Zona penyangga	Tidak sesuai, belum memiliki zona penyangga

Hasil analisis menunjukkan bahwa TPST Batununggal Indah telah memenuhi beberapa aspek regulasi, namun masih terdapat beberapa area yang memerlukan perbaikan untuk mencapai kepatuhan penuh. Misalnya, standar terkait kapasitas pengolahan, pengelolaan residu, dan aspek lingkungan perlu terus ditingkatkan. Kepatuhan terhadap regulasi ini tidak hanya penting untuk aspek hukum, tetapi juga untuk memastikan keberlanjutan lingkungan dan kesehatan masyarakat sekitar (Permen PU, 2013). Evaluasi kinerja TPST 3R di berbagai daerah juga seringkali mengacu pada standar serupa untuk menilai efektivitasnya (Wati et al., 2021). Secara keseluruhan, TPST Batununggal Indah telah menunjukkan komitmen dalam pengelolaan sampah terpadu. Namun, untuk mencapai efisiensi dan efektivitas yang optimal, diperlukan upaya berkelanjutan dalam mengatasi permasalahan non-teknis dan teknis, serta memastikan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku. Peningkatan partisipasi masyarakat, inovasi teknologi, dan dukungan kebijakan yang kuat akan menjadi kunci keberhasilan TPST ini dalam jangka panjang.

Implementasi teknologi pengolahan sampah yang lebih maju, seperti RDF dan pirolisis, juga perlu dipertimbangkan secara matang dengan analisis kelayakan ekonomi dan lingkungan yang komprehensif (Ariyani et al., 2023).

3.5 Analisis Lebih Lanjut Terhadap Aspek Teknis Operasional

3.5.1 Optimalisasi Proses Pemilahan

Proses pemilahan sampah di TPST Batununggal Indah, yang menggabungkan metode manual dan mekanis (mesin gibrig), merupakan langkah krusial dalam rantai pengelolaan sampah. Meskipun mesin gibrig efektif dalam memisahkan sampah organik dan anorganik secara kasar, kualitas pemilahan manual sangat bergantung pada ketelitian dan jumlah pekerja. Tantangan utama adalah volume sampah yang besar dan heterogenitas komposisi sampah yang masuk, yang seringkali belum terpilah dari sumbernya. Hal ini menyebabkan beban kerja yang tinggi pada tahap pemilahan di TPST dan berpotensi mengurangi efisiensi keseluruhan sistem. Peningkatan kesadaran masyarakat untuk

melakukan pemilahan di sumber akan sangat membantu mengurangi beban ini dan meningkatkan kualitas material yang masuk ke TPST (Zafira & Damanhuri, 2025).

Untuk lebih mengoptimalkan proses pemilahan, TPST dapat mempertimbangkan investasi pada teknologi pemilahan otomatis yang lebih canggih. Misalnya, penggunaan optical sorters atau ballistic separators dapat meningkatkan akurasi dan kecepatan pemilahan, terutama untuk material anorganik seperti plastik, kertas, dan logam. Teknologi seperti Turbo Separator juga telah terbukti efektif dalam memisahkan material organik dari anorganik secara lebih efisien dan higienis, yang dapat mengurangi kontaminasi dan meningkatkan kualitas bahan baku untuk proses daur ulang atau pengolahan lebih lanjut (Lingga et al., 2024). Namun, implementasi teknologi canggih ini memerlukan analisis kelayakan ekonomi dan ketersediaan sumber daya manusia yang terlatih untuk pengoperasian dan pemeliharaan.

3.5.2 Peningkatan Efisiensi Pengolahan Sampah Organik

Pengolahan sampah organik di TPST Batununggal Indah melalui pengomposan adalah langkah yang tepat mengingat dominasi sampah organik dalam timbulan sampah Kota Bandung. Namun, penumpukan hasil olahan sampah organik, mengindikasikan adanya kendala dalam pemanfaatan atau pemasaran kompos yang dihasilkan. Untuk mengatasi hal ini, perlu dilakukan strategi pemasaran yang lebih agresif, edukasi kepada petani atau masyarakat mengenai manfaat kompos, serta diversifikasi produk olahan organik. Misalnya, selain kompos, TPST dapat mengembangkan produk pupuk cair organik atau media tanam siap pakai.

Alternatif pengolahan sampah organik yang semakin populer adalah budidaya larva Black Soldier Fly (BSF). Larva BSF memiliki kemampuan luar biasa dalam mereduksi volume sampah organik hingga 70% dalam waktu singkat, sekaligus menghasilkan biomassa larva (protein tinggi untuk pakan ternak) dan kasgot (pupuk organik) (Rahman et al., 2020). Integrasi unit BSF di TPST Batununggal Indah dapat menjadi solusi ganda: mengurangi penumpukan sampah organik dan menciptakan produk bernilai ekonomi tinggi. Studi menunjukkan bahwa pengolahan sampah organik dengan BSF sangat efektif dan memiliki potensi ekonomi yang signifikan (Saragih et al., 2024). Implementasi BSF memerlukan studi kelayakan yang mencakup ketersediaan lahan, pasokan sampah organik yang konsisten, dan pasar untuk produk larva dan kasgot.

3.5.3 Pengembangan Pengolahan Sampah Anorganik: RDF dan Pirolisis

Pengolahan sampah anorganik yang tidak dapat didaur ulang konvensional menjadi Refuse Derived Fuel (RDF) adalah strategi yang sangat relevan untuk mengurangi volume sampah yang berakhir di TPA dan menghasilkan energi terbarukan. RDF dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif di industri semen atau pembangkit listrik (Farhah et al., 2025). Potensi RDF di Indonesia sangat besar mengingat tingginya volume sampah yang dihasilkan. Namun, kualitas RDF sangat bergantung pada proses pemilahan dan pengeringan sampah. Untuk memastikan RDF yang dihasilkan memiliki nilai kalor yang tinggi dan memenuhi standar industri, diperlukan kontrol kualitas yang ketat pada setiap tahapan produksi (Rania et al., 2019).

Pirolisis, sebagai teknologi pengolahan termal, juga memiliki potensi untuk mengolah sampah

anorganik, terutama plastik dan material organik tertentu, menjadi minyak pirolisis, gas, dan arang. Teknologi ini menawarkan keuntungan dalam mengurangi volume sampah secara drastis dan menghasilkan produk energi. Namun, pirolisis memerlukan investasi awal yang tinggi dan operasional yang kompleks, serta perhatian khusus terhadap emisi gas buang yang dihasilkan (Adi et al., 2022). Perbandingan antara RDF dan pirolisis menunjukkan bahwa keduanya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, dan pilihan teknologi harus disesuaikan dengan karakteristik sampah, kapasitas finansial, dan tujuan pengelolaan sampah yang spesifik (Ariyani et al., 2023).

3.6 Analisis Permasalahan dan Solusi Potensial

3.6.1 Permasalahan Non-Teknis

Partisipasi Masyarakat: Rendahnya partisipasi masyarakat dalam pemilahan sampah di sumber adalah akar masalah yang berdampak pada seluruh rantai pengelolaan. Solusi untuk ini meliputi program edukasi dan sosialisasi yang berkelanjutan, insentif bagi masyarakat yang aktif memilah sampah, serta penegakan peraturan daerah terkait pengelolaan sampah. Kampanye kesadaran publik yang kreatif dan melibatkan tokoh masyarakat dapat meningkatkan efektivitas program ini (Zafira & Damanhuri, 2025).

Aspek Kelembagaan dan Hukum: Koordinasi antarlembaga terkait dan penegakan hukum yang lemah dapat menghambat operasional TPST. Diperlukan penguatan kapasitas kelembagaan Dinas Lingkungan Hidup dan TPST, serta harmonisasi peraturan daerah dengan peraturan nasional. Mekanisme pengawasan yang efektif juga perlu diterapkan untuk memastikan kepatuhan semua pihak (Permen PU, 2013).

Aspek Keuangan: Keberlanjutan finansial TPST seringkali menjadi kendala. Solusi dapat mencakup pengembangan model bisnis yang berkelanjutan, seperti penjualan produk olahan sampah (kompos, RDF, larva BSF), penerapan retribusi sampah yang adil dan transparan, serta pencarian sumber pendanaan alternatif seperti Corporate Social Responsibility (CSR) atau skema Public-Private Partnership (PPP) (Kanda & Sari, 2024).

3.6.2 Permasalahan Teknis

Keterbatasan Kapasitas dan Kerusakan Peralatan: Keterbatasan kapasitas peralatan dan seringnya kerusakan mesin dapat mengganggu kelancaran operasional. Solusi meliputi investasi pada peralatan yang lebih robust dan berkapasitas lebih besar, program pemeliharaan preventif yang teratur, serta pelatihan operator untuk meningkatkan keterampilan dalam pengoperasian dan perbaikan dasar. Penggunaan sistem monitoring berbasis IoT (Internet of Things) juga dapat membantu dalam mendeteksi dini potensi kerusakan dan mengoptimalkan jadwal pemeliharaan Astuti & Kamil (2024).

Penumpukan Hasil Olahan: Penumpukan kompos atau produk olahan lainnya menunjukkan masalah dalam rantai pasok atau pemasaran. Solusi meliputi diversifikasi produk, peningkatan kualitas produk agar memenuhi standar pasar, serta membangun jaringan kemitraan dengan sektor pertanian, peternakan, atau industri yang membutuhkan produk olahan sampah. Pameran produk dan promosi dapat membantu meningkatkan daya serap pasar (Budha et al., 2023).

Dampak Lingkungan Potensial: Lokasi TPST yang berdekatan dengan sungai memerlukan perhatian khusus terhadap pengelolaan limbah cair dan emisi bau. Pembangunan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang

memadai untuk mengolah lindi (leachate) dan sistem penanganan bau yang efektif (misalnya biofilter) sangat penting untuk mencegah pencemaran lingkungan dan menjaga kualitas hidup masyarakat sekitar. Audit lingkungan secara berkala juga diperlukan untuk memastikan kepatuhan terhadap standar lingkungan (Irmawartini et al., 2023).

3.7 Kesesuaian dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 03 Tahun 2013

Evaluasi kesesuaian TPST Batununggal Indah dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 03 Tahun 2013 menunjukkan bahwa TPST ini telah berupaya memenuhi standar yang ditetapkan, namun masih ada ruang untuk perbaikan. Peraturan ini mengatur berbagai aspek, mulai dari perencanaan, pembangunan, pengoperasian, hingga pemeliharaan prasarana dan sarana persampahan. Beberapa poin penting yang perlu diperhatikan berdasarkan regulasi ini antara lain:

- **Kapasitas dan Teknologi:** Regulasi menekankan pentingnya pemilihan teknologi yang sesuai dengan karakteristik dan volume sampah, serta kapasitas pengolahan yang memadai. TPST Batununggal Indah perlu memastikan bahwa kapasitas pengolahan saat ini mampu menangani timbulan sampah yang terus meningkat dan bahwa teknologi yang digunakan (pengomposan, RDF, pirolisis) dioperasikan secara optimal dan efisien (Permen PU, 2013).
- **Pengelolaan Residu:** Peraturan ini juga mengatur tentang pengelolaan residu dari proses pengolahan sampah. Penumpukan residu di TPST Batununggal Indah menunjukkan bahwa aspek ini perlu penanganan lebih serius. Strategi untuk mengurangi residu dan

memastikan pembuangan akhir yang aman dan sesuai standar harus menjadi prioritas (Citarum Harum, 2025).

- **Aspek Lingkungan dan Kesehatan:** Regulasi ini sangat menekankan perlindungan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pengelolaan limbah cair, emisi udara, dan pengendalian vektor penyakit di TPST harus memenuhi standar baku mutu lingkungan. Lokasi TPST yang dekat dengan sungai menuntut implementasi langkah-langkah mitigasi risiko pencemaran yang lebih ketat (Irmawartini et al., 2023).

TPST Batununggal Indah memiliki potensi besar untuk menjadi model pengelolaan sampah terpadu yang efektif. Namun, untuk mencapai potensi penuhnya, diperlukan pendekatan holistik yang melibatkan peningkatan partisipasi masyarakat, penguatan kelembagaan, inovasi teknologi, dan kepatuhan yang ketat terhadap regulasi. Dengan demikian, TPST ini dapat berkontribusi secara signifikan terhadap pengurangan masalah sampah di Kota Bandung dan mendukung terwujudnya kota yang bersih dan berkelanjutan (Winarsih et al., 2019).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis mendalam terhadap aspek teknis operasional, permasalahan yang dihadapi, serta kesesuaian dengan regulasi yang berlaku, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama yang menjawab tujuan penelitian ini. TPST Batununggal Indah berperan krusial sebagai fasilitas terpadu untuk pengumpulan, pemilahan, dan pengolahan sampah, dengan tujuan utama mengurangi volume sampah yang dibuang ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dan memaksimalkan nilai guna sampah.

Operasional TPST mencakup tahapan pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, pemilahan, dan pengolahan. Dalam aspek teknis, TPST telah menerapkan pemilahan sampah secara manual dan mekanis menggunakan mesin gibrig, serta mengolah sampah organik melalui pengomposan. Potensi pengolahan sampah anorganik menjadi Refuse Derived Fuel (RDF) dan pirolisis juga telah diidentifikasi sebagai bagian dari strategi pengelolaan. Namun, efektivitas pemilahan di TPST masih sangat dipengaruhi oleh rendahnya partisipasi masyarakat dalam pemilahan sampah di sumber, yang menyebabkan beban kerja tinggi dan mengurangi efisiensi proses selanjutnya.

Permasalahan yang muncul selama operasional di lapangan terbagi menjadi dua kategori utama: non-teknis dan teknis. Dari segi non-teknis, tantangan terbesar adalah rendahnya kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pemilahan sampah, serta aspek kelembagaan dan keuangan yang memerlukan penguatan. Keterbatasan anggaran operasional dan pemeliharaan, serta kurangnya strategi pemasaran yang efektif untuk produk olahan sampah, menghambat keberlanjutan finansial TPST. Dari segi teknis, TPST menghadapi kendala seperti keterbatasan kapasitas peralatan, kerusakan mesin, dan penumpukan hasil olahan sampah organik yang mengindikasikan masalah dalam rantai pasok atau pemasaran produk kompos. Lokasi TPST yang berdekatan dengan sungai juga menimbulkan risiko pencemaran lingkungan jika penanganan limbah cair dan emisi bau tidak optimal.

Analisis kesesuaian dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 03 Tahun 2013 menunjukkan bahwa TPST Batununggal Indah

telah memenuhi beberapa standar operasional, namun masih terdapat celah untuk perbaikan, terutama terkait kapasitas pengolahan, pengelolaan residu, dan aspek perlindungan lingkungan. Untuk mengatasi permasalahan ini dan meningkatkan efektivitas serta efisiensi operasional, rekomendasi strategis mencakup peningkatan edukasi dan insentif bagi masyarakat untuk pemilahan sampah di sumber, investasi pada teknologi pemilahan dan pengolahan yang lebih canggih (misalnya optical sorters, unit BSF), pengembangan model bisnis berkelanjutan untuk produk olahan sampah, serta penguatan kelembagaan dan penegakan regulasi. Selain itu, implementasi sistem pemeliharaan preventif dan monitoring berbasis teknologi dapat memastikan kinerja peralatan yang optimal. Secara keseluruhan, TPST Batununggal Indah memiliki potensi besar untuk menjadi solusi pengelolaan sampah yang efektif di Kota Bandung. Namun, keberhasilan jangka panjangnya sangat bergantung pada upaya kolaboratif dari pemerintah, masyarakat, dan pihak swasta dalam mengatasi tantangan yang ada. Dengan perbaikan berkelanjutan pada aspek teknis dan non-teknis, serta kepatuhan terhadap standar lingkungan, TPST ini dapat berkontribusi signifikan terhadap pencapaian tujuan pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan menciptakan lingkungan kota yang lebih bersih dan sehat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang besar disampaikan kepada pihak yang membantu kajian ini, terutama pihak pengelola TPST Batununggal Indah.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, B. K., Joko, T., & Setiani, O. (2022). Life cycle assessment, is it beneficial for environmental sustainability? A literature

- review. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(3), 97-116.
- Ariyani, D. T., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Mekanisme dan penerapan refuse derived fuel (RDF) di industri pembangkit listrik sebagai alternatif pengelolaan sampah. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 318-329.
- Astuti, W., & Kamil, I. (2024). Implementasi Kebijakan Pengelolaan Sampah di Kota Bandung (Studi Kasus: Kelurahan Pasirlayung). *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 4(5), 5328-5341.
- Badan Pusat Statistik Kota Bandung. (2025). Kota Bandung Dalam Angka 2025. BPS Kota Bandung.
- Brigita, G., & Rahardyan, B. (2025). Analisa Pengelolaan Sampah Makanan di Kota Bandung. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 19(1), 34-45. <https://doi.org/10.5614/jtl.2013.19.1.4>
- BSN (1994). SNI 19-3964-1994 tentang *Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan*. Badan Standardisasi Nasional.
- Budha, I. K., Wahyuni, P. I., & Aryastana, P. (2023). Transformasi Lingkungan dan Pengelolaan Persampahan di Kota Denpasar: Kajian Efektivitas Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST). *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, 6(2), 158-172.
- Citarum Harum. (2025, April 25). Atasi Penumpukan Sampah Secara Cepat, TPST Kota Bandung Terapkan Teknologi Termal. <https://citarumharum.jabarprov.go.id/atasi-penumpukan-sampah-secepat-tpstkota-bandung-terapkan-teknologi-termal/>
- Farhah, A. D., Chaerul, M., & Tomo, H. S. (2025). Dampak Lingkungan dari Teknologi Pengolahan Sampah Menjadi Energi di Indonesia: Perspektif Life Cycle Assessment. *Jurnal Serambi Engineering*, 10(2).
- Irmawartini, I., Mulyati, S. S., & Pujiono, P. (2023). Pengelolaan Sampah dari Hulu ke Hilir di Kota Bandung. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(2), 229-236.
- Kanda, A. S., & Sari, C. P. (2024). Analisis permasalahan dan kebijakan penanggulangan sampah di daerah Pajajaran Kota Bandung. *Sammajiva: Jurnal Penelitian Bisnis Dan Manajemen*, 2(1), 61-69.
- Lingga, L. J., Yuana, M., Sari, N. A., Syahida, H. N., Sitorus, C., & Shahron, S. (2024). Sampah di Indonesia: Tantangan dan solusi menuju perubahan positif. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 12235-12247.
- Maulana, E., Suwandi, A., Rahmalina, D., Firman, L. O. M., Suyitno, B. M., & Mahandika, D. (2021). Analisis Kinerja Refuse Derived Fuel (RDF) dari Sampah Organik dan Non Organik Dengan Pendekatan Simulasi Software. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 109-114.
- Mondir, A., Sari, K. E., & Meidiana, C. (2025). Evaluasi Kinerja TPS 3R dalam Mereduksi Sampah di Kecamatan Bangkalan. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)*, 14(1), 177-186.
- Nugraha, N., Pratama, D. S., & Sopian, S. (2019). Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Organik Rumah Tangga. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(2), 54.
- Pasaribu, M. J., Nasution, Z. P., & Mardianta, A. V. (2025). Rancangan Pengelolaan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Di Universitas Sumatera Utara (USU) Dengan Prinsip Ekonomi Sirkular. *Konstruksia*, 17(1), 75-84.

- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 03 Tahun 2013. (2013). *Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Permana, S. G. (2020). Evaluasi Kinerja Pengelolaan Sampah Di TPS 3R. Universitas Islam Indonesia. <https://dspace.uui.ac.id/123456789/28496>
- Pratiwi, Y., Sholeh, M., & Waluyo, J. (2025). Penggunaan Teknologi Tepat Guna untuk Pengelolaan Sampah pada Paguyuban Margo Rukun Bantul: Pengabdian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 4(1), 2874-2883.
- Puspita, G., & Ainun, S. (2023). Identifikasi Timbulan dan Komposisi Sampah Rumah Tangga di Kota Bandung. *Prosiding FTSP Series*, 2131-2135.
- Rahman, A. Y., Setiawan, F. W., & Hananto, A. L. (2020). Aplikasi teknologi tepat guna untuk umkm pengolahan sampah organik sebagai pakan cacing. *Panrita Abdi-Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 4(2), 205-215.
- Rania, M. F., Lesmana, I. G. E., & Maulana, E. (2019). Analisis potensi refuse derived fuel (rdf) dari sampah pada tempat pembuangan akhir (TPA) di kabupaten Tegal sebagai bahan bakar incinerator pirolisis. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 13(1), 51-59.
- Ratri, I. S. (2022). Peran TPST Dan TPS 3R dalam Mereduksi Sampah di Kota Batu. *PURE Journal*, 11(1), 121-132.
- Rochaeni, A., Baihaki, E., Carton, C., Halimah, M., Yustiani, Y. M., Saputra, R., Sulaeman, D., Yogi, B. & Fiqri, I. (2022). Application of BSF Larvae Method in Solid Waste Management in the Puri Cipageran Market, Cimahi, Indonesia. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 6(1), 1-6.
- Saragih, A. D., Riswanda, R., Kadir, H., Widiatoro, H., & Sugianto, S. (2024). Pembuatan mesin pencacah sampah organik untuk pakan magot pada gerakan ekonomi mandiri Kelurahan Cipageran Kota Cimahi. *Journal of Human and Education (Jahe)*, 4(2), 36-42.
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). (2024). *Data Timbulan Sampah Nasional*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Wati, F. R., Rizqi, A., Iqbal, M. I. M., Langi, S. S., & Putri, D. N. (2021). Efektivitas kebijakan pengelolaan sampah berbasis tempat pengelolaan sampah terpadu 3R di Indonesia. *Perspektif*, 10(1), 195-203.
- Winarsih, N. W. E., Candranegara, I. M. W., & Mahardhika, I. P. E. (2019). Efektivitas Pengelolaan Sampah di Kota Denpasar (Suatu Penelitian di Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Denpasar). *SINTESA (Jurnal Ilmu Sosial dan Ilmu Politik)*, 10(2), 74-77.
- Zafira, A. D., & Damanhuri, E. (2025). Analisa Strategi Keberlanjutan TPS 3R dalam Upaya Minimasi Pengangkutan Sampah Ke TPA (Studi Kasus : Program TPS 3R Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 25(2), 33-52. <https://doi.org/10.5614/j.tl.2019.25.2.3>
- Zumaira, R. F., Widodo, C.E. & Mukaromah, H. (2026). Evaluasi efektivitas pengelolaan sampah di TPS 3R. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 21(6), 194-210.