

Analisis Studi Kelayakan Rencana Pembangunan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Kabupaten Kapuas Hulu, Provinsi Kalimantan Barat

**Khoiria A'fia^{1*}, Hijrah Purnama Putra², Yebi Yuriandala², Reza Wahyudi³, Rizky Putranto³
Kusmiyati Dewi⁴**

¹Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

²Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

³Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat, Indonesia

⁴Bidang Penyehatan Lingkungan, Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat, Indonesia

*Corresponding Email: 25927005@students.uui.ac.id

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan meningkatnya aktivitas yang dilakukan berdampak langsung pada peningkatan timbulan dan komposisi sampah yang dihasilkan oleh suatu wilayah, sehingga diperlukan sistem pengelolaan sampah yang efektif dan efisien. Pengembangan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) merupakan salah satu alternatif yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Akan tetapi, pembangunan TPST membutuhkan investasi tidak sedikit, sehingga perlu dilandasi oleh analisis kelayakan, baik dalam aspek lingkungan, teknis maupun ekonomi yang komprehensif agar fasilitas dapat beroperasi secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan tersebut, sehingga TPST di Kabupaten Kapuas Hulu dapat dibangun dan dioperasionalkan hingga tahun 2045. Metode yang digunakan adalah analisis proyeksi jumlah penduduk hingga tahun 2045, analisis proyeksi timbulan dan komposisi sampah, penilaian alternatif teknologi pengolahan sampah menggunakan metode skoring, serta analisis kelayakan ekonomi dan keuangan meliputi *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Benefit Cost Ratio* (BCR), dan *Payback Period* (PP). Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah penduduk Kabupaten Kapuas Hulu diproyeksikan meningkat hingga 310.866 jiwa pada tahun 2045 dengan timbulan sampah mencapai 57,95 ton/hari. Komposisi sampah didominasi oleh sampah sisa makanan dan sampah plastik. Berdasarkan hasil skoring teknologi, sistem pengolahan yang direkomendasikan dengan kombinasi BSF (*Black Soldier Fly*) maggot dan pengomposan *Open Windrow* untuk sampah organik, *Material Recovery Facility* (MRF) untuk sampah anorganik, serta insinerasi untuk pengolahan sampah residu. Analisis kelayakan ekonomi dan keuangan menunjukkan bahwa perencanaan TPST layak untuk dilaksanakan, ditunjukkan oleh nilai NPV > 0, IRR sebesar 112% yang melebihi tingkat diskonto, nilai BCR >1, serta PP yang lebih pendek dibandingkan umur ekonomis perencanaan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, perencanaan pembangunan TPST Kabupaten Kapuas Hulu layak pada aspek ekonomi dan keuangan sehingga direkomendasikan sebagai solusi pengelolaan sampah jangka panjang.

Kata Kunci: BSF Maggot, Open Windrow, Pengelolaan Sampah, Studi Kelayakan, TPST

ABSTRACT

Population growth and increased activity have a direct impact on the increase in the amount and composition of waste produced by a region, requiring an effective and efficient waste management system. The development of an Integrated Waste Management Facility (TPST) is one alternative that can be implemented to address this issue. However, the construction of an ISWMP requires a significant investment, so it needs to be based on a comprehensive feasibility analysis in terms of environmental, technical, and economic aspects so that the facility can operate sustainably. This study aims to analyze this feasibility so that the ISWMP in Kapuas Hulu Regency can be built and operated until 2045. The methods used are population projection

analysis until 2045, waste generation and composition projection analysis, assessment of alternative waste management technologies using a scoring method, and economic and financial feasibility analysis including Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Benefit Cost Ratio (BCR), and Pay Back Period (PP). The analysis results show that the population of Kapuas Hulu Regency is projected to increase to 310,866 people by 2045, with waste generation reaching 57.95 tons/day. The composition of waste is dominated by food waste and plastic waste. Based on the technology scoring results, the recommended treatment system is a combination of BSF (Black Soldier Fly) maggots and Open Windrow composting for organic waste, Material Recovery Facility (MRF) for inorganic waste, and incineration for residual waste treatment. The economic and financial feasibility analysis shows that the TPST plan is feasible to implement, as indicated by an $NPV > 0$, an IRR of 112% exceeding the discount rate, a $BCR > 1$, and a PP shorter than the economic life of the plan. Based on these research results, the planning for the construction of the Kapuas Hulu Regency TPST is feasible from an economic and financial perspective and is therefore recommended as a long-term waste management solution.

Keywords: *BSF Maggot, Feasibility Study, Open Windrow, Waste Management, TPST.*

1. Pendahuluan

Tantangan pengelolaan sampah hingga saat ini masih merupakan isu lingkungan yang bersifat kompleks, khususnya pada wilayah dengan laju pertumbuhan penduduk dan intensitas aktivitas ekonomi yang terus meningkat. Jumlah penduduk terus bertambah sehingga mendorong peningkatan timbulan sampah, baik dari aspek kuantitas maupun variasi komposisinya (Khairunisa & Widyarsana, 2025; Santoso dkk., 2024). Tanpa dukungan sistem pengelolaan sampah yang memadai, kondisi tersebut berpotensi menimbulkan berbagai konsekuensi negatif, seperti pencemaran pada lingkungan, penyebaran penyakit pada manusia, serta meningkatnya pembiayaan pemerintah daerah dalam penyelenggaraan pengelolaan sampah. Sistem pengelolaan sampah di Indonesia secara umum masih bertumpu pada pendekatan kumpul, angkut, buang menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), dimana beban TPA telah melebihi kapasitas (*overload*) (Putra, 2025; Supratikno dkk., 2023). Pola pengelolaan yang sangat bergantung pada TPA ini tidak hanya menimbulkan kendala teknis, tetapi juga berimplikasi pada aspek lingkungan dan ekonomi, seperti peningkatan emisi gas rumah kaca, risiko pencemaran air lindi, serta tingginya kebutuhan biaya operasional dalam penyelenggaraan layanan persampahan (Dewi & Widyarsana, 2025; Tamba & Sujastika, 2024). Perlu dilakukan perubahan pendekatan pengelolaan sampah ke arah sistem yang lebih sistematis, dengan fokus pada pengurangan sampah di sumber serta pemanfaatan kembali material yang bernilai ekonomis.

Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) merupakan salah satu solusi dalam menangani permasalahan pengelolaan sampah yang terjadi. TPST direncanakan sebagai fasilitas pengelolaan sampah berbasis kawasan yang mengintegrasikan proses pemilahan, pengolahan, serta pemanfaatan kembali sampah, baik fraksi organik maupun anorganik, sehingga mampu menekan jumlah sampah sebelum diproses di TPA. Dengan pendekatan tersebut, TPST tidak hanya berperan sebagai sarana pengolahan secara teknis, tetapi juga berfungsi sebagai sarana pendukung dalam implementasi *reduce, reuse, dan recycle* (3R) dalam sistem pengelolaan sampah (Putri & Busaini, 2025; Ratri dkk., 2022). Di samping itu, perencanaan pembangunan TPST membutuhkan biaya investasi yang cukup besar, mencakup penyediaan sarana dan prasarana, pengadaan teknologi pengolahan sampah, serta pembiayaan operasional dan pemeliharaan (Widarti dkk., 2023). Kondisi tersebut menjadikan aspek kelayakan ekonomi dan keuangan sebagai komponen penting dalam proses perencanaan pembangunan TPST. Sehingga analisis kelayakan perlu dilakukan untuk memastikan bahwa investasi yang dilakukan mampu memberikan manfaat ekonomi yang sebanding dengan biaya yang dikeluarkan, sekaligus menjamin keberlanjutan operasional fasilitas dalam jangka panjang.

Kabupaten Kapuas Hulu merupakan salah satu daerah yang menghadapi permasalahan pengelolaan sampah seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas masyarakat. Dengan jumlah penduduk tahun 2025 sebesar 265.700, daerah ini mampu menghasilkan sampah dalam sehari mencapai 26,43 ton (Badan Pusat Statistik Kabupaten Kapuas Hulu, 2025). Data kependudukan dan timbulan sampah eksisting menunjukkan adanya tren peningkatan timbulan sampah yang dihasilkan dari tahun ke tahun. Kondisi ini menuntut adanya perencanaan fasilitas

pengolahan sampah yang dirancang dalam memenuhi kebutuhan pengelolaan sampah dalam jangka panjang. Perencanaan pembangunan TPST di Kabupaten Kapuas Hulu perlu mempertimbangkan karakteristik timbulan dan komposisi sampah setempat yang didominasi oleh sampah organik dan plastik, sehingga pemilihan teknologi pengolahan harus dilakukan secara tepat dan disesuaikan dengan kondisi setempat. Selain mempertimbangkan aspek teknis dan lingkungan, aspek ekonomi serta sosial merupakan faktor penting yang harus diperhitungkan dalam pemilihan teknologi pengolahan sampah. Teknologi yang secara teknis dinilai unggul belum tentu dapat diimplementasikan secara efektif apabila menuntut kebutuhan biaya investasi dan operasional yang tinggi atau tidak sesuai dengan kemampuan sumber daya manusia yang ada. Dalam perencanaan pembangunan TPST, proses pemilihan teknologi pengolahan sampah perlu dilakukan dengan menggunakan pendekatan terpadu yang mencakup aspek teknis, lingkungan, ekonomi, dan sosial secara komprehensif (Nugraheni & Widjonarko, 2019).

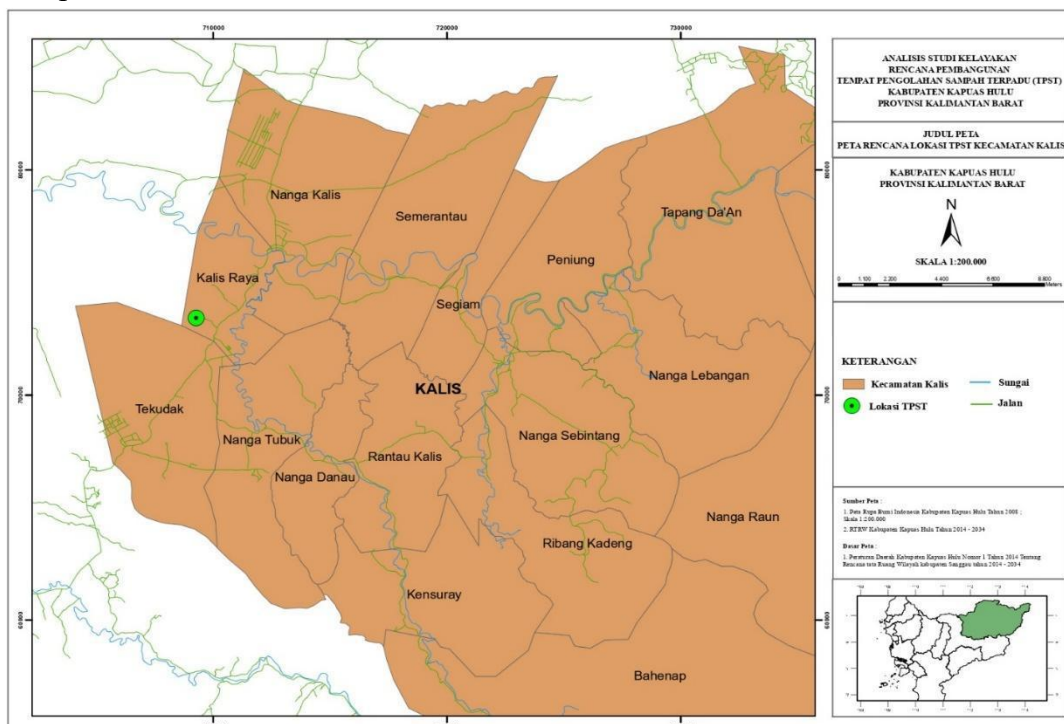
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kelayakan teknis dan ekonomi terhadap rencana pembangunan TPST di Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan proyeksi jumlah penduduk, proyeksi timbulan dan komposisi sampah, pemilihan opsi teknologi pengolahan sampah, serta penilaian kelayakan ekonomi dan keuangan melalui indikator *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Benefit Cost Ratio (BCR)*, dan *Pay Back Period (PP)*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi Pemerintah Daerah dalam proses pengambilan keputusan terkait pengembangan TPST serta mendukung terwujudnya sistem pengelolaan sampah yang efektif, efisien, dan berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan beberapa tahapan, mulai dari pengumpulan data sekunder, analisis proyeksi penduduk, analisis proyeksi timbulan dan komposisi sampah, analisis opsi teknologi pengolahan sampah, serta analisis kelayakan ekonomi dan keuangan perencanaan TPST, dengan rincian sebagai berikut :

2.1. Lokasi Penelitian

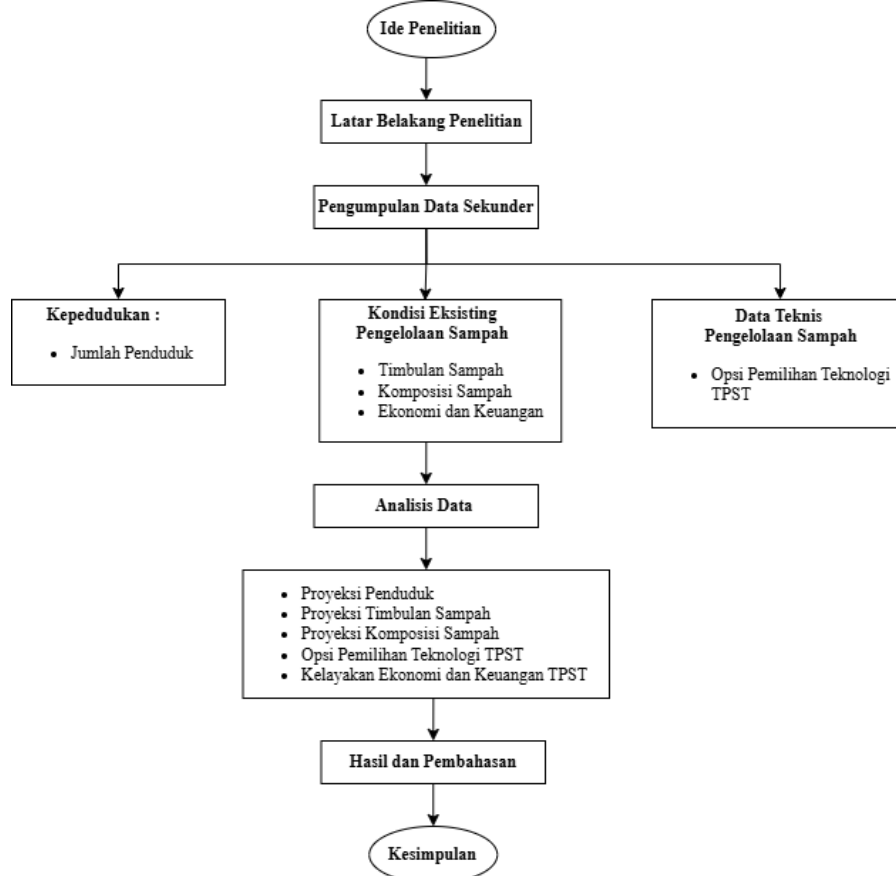
Lokasi penelitian ini berada di Desa Kalis Raya, Kecamatan Kalis, Kabupaten Kapuas Hulu, Provinsi Kalimantan Barat. Secara spasial wilayah kajian tersebut dapat dilihat melalui peta yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Wilayah Penelitian

2.2. Diagram Alir Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini akan dijabarkan melalui diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.3. Metode Pengumpulan Data

Kebutuhan data penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari berbagai rujukan yang relevan seperti dinas setempat dan publikasi terkait. Data kependudukan diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kapuas Hulu 2016 – 2025 digunakan untuk melakukan proyeksi penduduk hingga tahun 2045. Kemudian data timbulan sampah eksisting serta komposisi sampah didapatkan dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Kapuas Hulu dan *website* Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kabupaten Kapuas Hulu. Selain itu, data teknis seperti opsi pemilihan teknologi pengolahan sampah mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sejenis Sampah Rumah Tangga. Terkait data kondisi ekonomi dan keuangan diperoleh dari dokumen Peta Jalan (*Roadmap*) Pengelolaan Sampah Kabupaten Kapuas Hulu Tahun 2025 – 2026.

2.4. Metode Analisis Data

Pada penelitian ini metode analisis data yang digunakan terdiri dari proyeksi jumlah penduduk, proyeksi timbulan dan komposisi sampah, serta analisis opsi pemilihan teknologi pengolahan sampah yang dijelaskan pada sub bab berikut.

2.4.1. Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk mengetahui besaran timbulan sampah pada suatu wilayah, diperlukan menghitung proyeksi penduduk selama 20 (dua puluh) tahun kedepan. Dalam memperkirakan jumlah penduduk serta timbulan sampah tahun perencanaan menggunakan 3 metode, yakni Metode Aritmatik, Metode Geometrik, dan Metode Eksponensial. Pada analisis ini menggunakan Metode Aritmatik yang mendasari bahwa *trend* peningkatan jumlah penduduk setiap tahun akan selalu konstan (Arini dkk., 2024). Adapun formula metode aritmatik seperti pada persamaan (1).

$$Pt = Po (1 + rt), \text{ dengan } r = \frac{1}{t} \left(\frac{Pt}{Po} - 1 \right) \quad (1)$$

Dengan P_t adalah jumlah penduduk pada tahun t , P_0 adalah jumlah penduduk pada tahun dasar, r adalah laju pertumbuhan penduduk, dan t adalah periode waktu antara tahun dasar dan tahun t .

2.4.2. Proyeksi Timbulan dan Komposisi Sampah

Setelah melakukan perhitungan proyeksi penduduk, kemudian melakukan analisis proyeksi timbulan dan komposisi sampah. Proyeksi ini dihitung berdasarkan data timbulan sampah 5 (lima) tahun kebelakang dan persentase komposisi sampah yang digunakan mengacu pada data SIPSN Kabupaten Kapuas Hulu.

2.4.3. Analisis Opsi Pemilihan Teknologi Pengolahan Sampah

Analisis opsi teknologi pengolahan sampah merupakan tahap penting dalam perencanaan yang bertujuan untuk menentukan alternatif teknologi yang paling sesuai dengan kondisi timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah di wilayah perencanaan (Farhah dkk., 2025). Pemilihan teknologi harus mempertimbangkan berbagai aspek, antara lain kesesuaian teknis, kelayakan ekonomi, dampak lingkungan, serta penerimaan sosial. Dalam penelitian Pahlevi (2022), untuk menentukan opsi teknologi pengolahan sampah menggunakan skoring perbandingan yang ditentukan berdasarkan aspek serta kriteria yang disajikan pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Kriteria Opsi Teknologi Pengolahan

No.	Aspek	Kriteria
1.	Teknis	Kapasitas Pengolahan
2.		Fleksibilitas Bahan Baku
3.		Kebutuhan Lahan
4.		Kemudahan Operasional & Pemeliharaan
5.	Lingkungan	Dampak terhadap Kualitas Udara, Air, dan Tanah
6.		Hasil Samping yang Aman
7.		Pemanfaatan Energi & Material Kembali
8.	Sosial	Kesiapan SDM dalam Penerapan Teknologi
9.	Ekonomi	Nilai Investasi Rendah/Minimal
10.		Biaya Operasional & Pemeliharaan Rendah

Sumber: (Pahlevi, 2022)

Setiap alternatif teknologi dievaluasi menggunakan empat aspek utama pada tiap kriteria, kemudian diberikan penilaian dalam rentang skor 1 hingga 4. Skor 4 diberikan pada alternatif yang menunjukkan tingkat kesesuaian sangat baik terhadap kriteria yang dinilai, skor 3 diberikan pada alternatif yang menunjukkan kesesuaian baik, skor 2 diberikan pada alternatif yang menunjukkan kesesuaian cukup, dan skor 1 diberikan pada alternatif yang menunjukkan kesesuaian rendah. Skala tingkat skoring tersebut disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Skala Tingkat Skoring

Nilai	Keterangan
4	Sangat Baik
3	Baik
2	Cukup
1	Kurang

Sumber: (Pahlevi, 2022)

Pemberian skor dilakukan pada seluruh kriteria penilaian yang meliputi aspek teknis, lingkungan, sosial, dan ekonomi. Skor dari setiap kriteria kemudian dijumlahkan untuk memperoleh nilai total pada masing-masing opsi. Semakin besar total skor yang diperoleh, maka semakin layak teknologi tersebut untuk dipilih.

2.4.4. Analisis Kelayakan Ekonomi dan Keuangan

Menurut Nugraha dkk. (2023), aspek kelayakan ekonomi dan keuangan merupakan salah satu komponen penting yang digunakan untuk mengevaluasi kelayakan investasi pada suatu proyek yang

bersifat komersial. Adapun komponen kelayakan ekonomi dan keuangan sebagai berikut (Alfa, 2022; Pratama dkk., 2025).

2.4.4.1. Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) mengukur selisih antara nilai sekarang dari arus kas yang diterima dan biaya investasi awal. Proyek dianggap layak jika NPV positif, yang berarti bahwa proyek ini menghasilkan nilai lebih dari investasi yang dikeluarkan. NPV dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$NPV = CF \frac{1-(1+r)^{-n}}{r} \quad (2)$$

Dengan CF adalah arus kas bersih tahunan, r adalah tingkat diskonto (9%), dan n adalah periode.

Hasil dari perhitungan *Net Present value* (NPV) terhadap keputusan investasi yang akan dilakukan adalah jika:

- $NPV > 0$, proyek dapat dilanjutkan;
- $NPV < 0$, proyek tidak dapat dilanjutkan;
- $NPV = 0$, proyek dilanjutkan maupun tidak dilanjutkan tidak akan menimbulkan pengaruh terhadap perusahaan.

2.4.4.2. Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) adalah tingkat diskonto yang membuat NPV sama dengan 0. Ini menunjukkan tingkat pengembalian tahunan yang dihasilkan oleh proyek. Jika IRR lebih tinggi dari tingkat pengembalian yang diharapkan (*cost of capital*), maka proyek dapat dianggap layak secara finansial. IRR dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

$$IRR = i_0 + (i_1 - i_0) \frac{NPV_0}{NPV_0 - NPV_1} \quad (3)$$

Dengan IRR adalah *Internal Rate of Return*, i_0 adalah tingkat diskonto yang akan menghasilkan NPV bernilai positif (+), i_1 adalah Tingkat diskonto yang akan menghasilkan NPV bernilai negatif (-), NPV_0 adalah *Net Present Value* yang bernilai positif, dan NPV_1 adalah *Net Present Value* yang bernilai negatif.

Kriteria dalam menilai kelayakan suatu usaha atau proyek dari segi *Internal Rate of Return* adalah jika:

- $IRR >$ tingkat keuntungan yang disyaratkan, proyek layak dilanjutkan;
- $IRR <$ tingkat keuntungan yang disyaratkan, proyek tidak layak dilanjutkan.

2.4.4.3. Benefit Cost Ratio (BCR)

Metode *Benefit Cost Ratio* (BCR) menitikberatkan pada perbandingan antara besarnya manfaat (*benefit*) yang diperoleh dengan biaya serta potensi kerugian (*cost*) yang harus ditanggung dengan adanya investasi tersebut. Apabila biaya yang dikeluarkan semakin besar, maka nilai BCR yang dihasilkan akan semakin kecil. Perhitungan BCR menggunakan persamaan (3) berikut.

$$BCR = \frac{Benefit}{Cost} \quad (3)$$

Hasil dari perhitungan BCR terhadap keputusan investasi yang akan dilakukan adalah jika:

- $BCR > 1$, proyek layak untuk dilanjutkan;
- $BCR < 1$, proyek tidak layak dilanjutkan;
- $BCR = 1$, manfaat yang diperoleh setara dengan biaya yang dikeluarkan, sehingga proyek tidak menghasilkan keuntungan maupun kerugian.

2.4.4.4. Pay Back Period (PP)

Pay Back Period (PP) adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi awal dari pendapatan yang dihasilkan proyek. PP memberikan gambaran seberapa cepat suatu proyek dapat memberikan pengembalian dana yang telah diinvestasikan. PP dapat dihitung menggunakan persamaan (4) dibawah ini.

$$PP = \frac{Investasi\ Awal}{Arus\ Kas\ Bersih\ Tahunan} \quad (4)$$

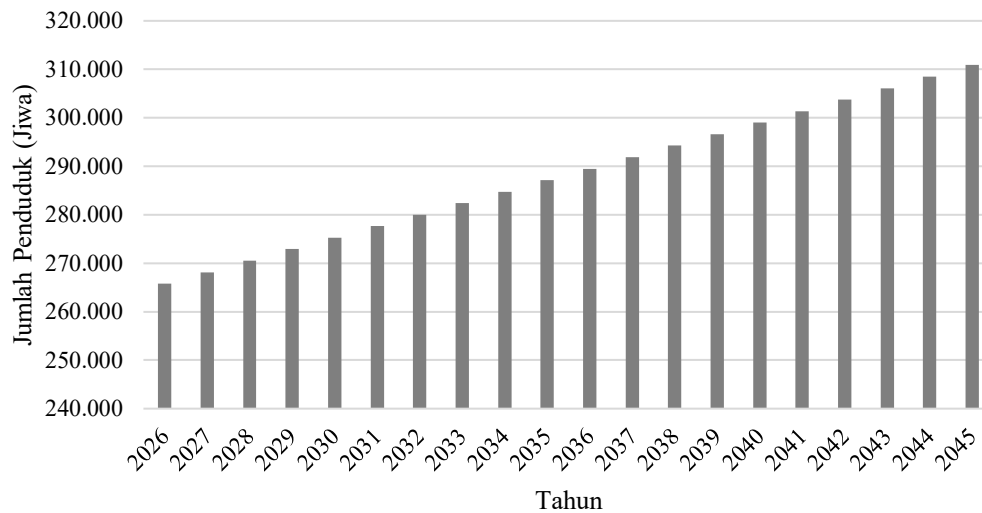
Dengan investasi awal adalah Biaya total yang dikeluarkan untuk pembangunan proyek (biaya investasi) dan arus kas bersih tahunan adalah selisih antara pendapatan yang dihasilkan dan biaya operasional tahunan.

Untuk menilai kelayakan suatu usaha atau proyek dari segi PP adalah, jika:

- $PP >$ umur proyek, proyek tidak layak untuk dilanjutkan;
- $PP <$ umur proyek, proyek layak untuk dilanjutkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Proyeksi pertumbuhan penduduk di Kabupaten Kapuas Hulu dilakukan pada periode perencanaan 20 tahun, yaitu 2026 hingga 2045. Metode proyeksi yang digunakan adalah metode aritmatik dikarenakan memiliki nilai standar deviasi terendah dan nilai korelasi mendekati angka satu. Gambar 3 berikut adalah hasil proyeksi jumlah penduduk Kabupaten Kapuas Hulu.



Gambar 3. Proyeksi Jumlah Penduduk Kabupaten Kapuas Hulu Tahun 2026 - 2045

Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa jumlah penduduk di Kabupaten Kapuas Hulu mengalami peningkatan signifikan, dimana jumlah penduduk tahun 2045 mencapai 310.866 jiwa. Pertumbuhan penduduk ini akan menghasilkan timbulan sampah yang juga besar, dimana aktivitas yang dilakukan oleh masyarakat dan volume sampah berbanding lurus dengan peningkatan jumlah penduduk (Purwita dkk., 2022; Putra, 2022). Sehingga diperlukan perencanaan kapasitas TPST yang sesuai dengan proyeksi timbulan sampah. Kapasitas TPST harus dirancang berdasarkan jumlah penduduk dan karakteristik sampah agar sistem pengolahan dapat beroperasi secara optimal.

Setelah dilakukan proyeksi jumlah penduduk, dapat diketahui proyeksi terhadap timbulan dan komposisi sampah hingga tahun 2045 di Kabupaten Kapuas Hulu. Proyeksi ini diperlukan untuk memperkirakan volume sampah di masa mendatang sekaligus menentukan kapasitas pengolahan yang harus disiapkan oleh TPST agar mampu mengakomodasi kebutuhan hingga periode perencanaan berikutnya. Data terkait proyeksi timbulan sampah Kabupaten Kapuas Hulu disajikan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Proyeksi Timbulan Sampah Kabupaten Kapuas Hulu 20 Tahun Kedepan

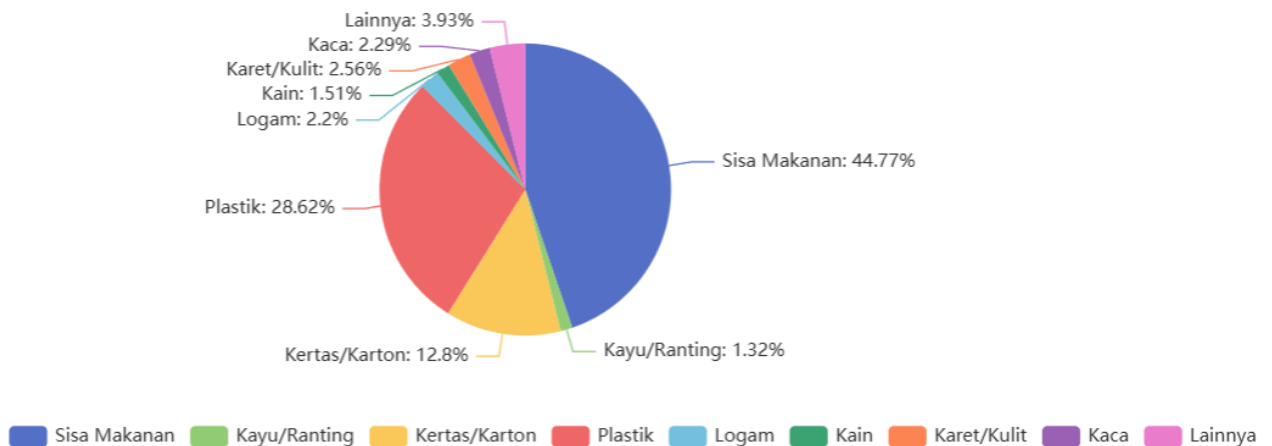
Tahun	Jumlah Penduduk	Timbulan Sampah Kab. Kapuas Hulu (Ton/hari)
2026	265.770	26,43
2027	268.143	27,54
2028	270.517	28,71
2029	272.890	29,92
2030	275.264	31,18
2031	277.637	32,50
2032	280.011	33,87
2033	282.384	35,29
2034	284.758	36,78
2035	287.131	38,34
2036	289.505	39,95

Tahun	Jumlah Penduduk	Timbunan Sampah Kab. Kapuas Hulu (Ton/hari)
2037	291.878	41,64
2038	294.252	43,39
2039	296.625	45,22
2040	298.998	47,13
2041	301.372	49,12
2042	303.745	51,19
2043	306.119	53,35
2044	308.492	55,60
2045	310.866	57,95

Pada tahun 2026 timbunan sampah mencapai 26,43 ton/hari, peningkatan signifikan terjadi pada proyeksi 20 tahun yang akan datang (2045) hingga 57,95 ton/hari. Rata-rata peningkatan timbunan sampah sebesar 2% per tahun, sehingga diperlukan perencanaan infrastruktur pengelolaan sampah yang berkelanjutan, berkapasitas besar, dan fleksibel untuk menghadapi pertumbuhan jangka panjang.

Seiring dengan meningkatnya timbunan sampah, penting untuk memahami komposisi serta karakteristik sampah yang dihasilkan sebagai dasar dalam menentukan metode pengelolaan sampah yang sesuai. Berdasarkan komposisi sampah Kabupaten Kapuas Hulu tahun 2024 didapatkan data yang cukup beragam dan diilustrasikan pada Gambar 4 berikut.

KOMPOSISI SAMPAH BERDASARKAN JENIS SAMPAH



Gambar 4. Komposisi Sampah berdasarkan Jenis Sampah Kabupaten Kapuas Hulu Tahun 2024
 Sumber: (SIPSN Kabupaten Kapuas Hulu, 2024)

Dari diagram diatas dapat diketahui bahwa komposisi sampah yang paling mendominasi adalah sisa makanan (sisa nasi, roti, buah/kulit buah, sayuran, daging, ikan, ampas kopi, kantong teh, dan makanan hewan) sebesar 44,77% dari berat total sampah. Sedangkan untuk komposisi sampah paling rendah adalah kayu/ranting sebesar 1,32%. Selanjutnya proyeksi komposisi sampah dilakukan untuk mengetahui proporsi jenis sampah yang akan dihasilkan pada periode perencanaan, sehingga dapat ditentukan kebutuhan teknologi pengolahan yang sesuai di TPST. Peningkatan jumlah timbunan akan berimplikasi langsung pada kapasitas pengolahan organik maupun anorganik di TPST. Adapun proyeksi komposisi sampah Kabupaten Kapuas Hulu Tahun 2026 hingga tahun 2045 disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Proyeksi Komposisi Sampah Kabupaten Kapuas Hulu Tahun 2026 - 2045

Tahun	Timbulan Sampah (Ton/hari)	Proyeksi Komposisi Sampah Kab. Kapuas Hulu 20 Tahun Kedepan (Ton/hari)								
		Sisa Makanan	Kayu-Ranting	Kertas-Karton	Plastik	Logam	Kain	Karet-Kulit	Kaca	Lainnya
		44,77%	1,32%	12,80%	28,62%	2,20%	1,51%	2,56%	2,29%	3,93%
2026	26,43	11,83	0,35	3,38	7,56	0,58	0,40	0,68	0,61	1,04
2027	27,54	12,33	0,36	3,53	7,88	0,61	0,42	0,71	0,63	1,08
2028	28,71	12,85	0,38	3,67	8,22	0,63	0,43	0,73	0,66	1,13
2029	29,92	13,39	0,39	3,83	8,56	0,66	0,45	0,77	0,69	1,18
2030	31,18	13,96	0,41	3,99	8,92	0,69	0,47	0,80	0,71	1,23
2031	32,50	14,55	0,43	4,16	9,30	0,71	0,49	0,83	0,74	1,28
2032	33,87	15,16	0,45	4,33	9,69	0,75	0,51	0,87	0,78	1,33
2033	35,29	15,80	0,47	4,52	10,10	0,78	0,53	0,90	0,81	1,39
2034	36,78	16,47	0,49	4,71	10,53	0,81	0,56	0,94	0,84	1,45
2035	38,34	17,16	0,51	4,91	10,97	0,84	0,58	0,98	0,88	1,51
2036	39,95	17,89	0,53	5,11	11,43	0,88	0,60	1,02	0,91	1,57
2037	41,64	18,64	0,55	5,33	11,92	0,92	0,63	1,07	0,95	1,64
2038	43,39	19,43	0,57	5,55	12,42	0,95	0,66	1,11	0,99	1,71
2039	45,22	20,25	0,60	5,79	12,94	0,99	0,68	1,16	1,04	1,78
2040	47,13	21,10	0,62	6,03	13,49	1,04	0,71	1,21	1,08	1,85
2041	49,12	21,99	0,65	6,29	14,06	1,08	0,74	1,26	1,12	1,93
2042	51,19	22,92	0,68	6,55	14,65	1,13	0,77	1,31	1,17	2,01
2043	53,35	23,89	0,70	6,83	15,27	1,17	0,81	1,37	1,22	2,10
2044	55,60	24,89	0,73	7,12	15,91	1,22	0,84	1,42	1,27	2,19
2045	57,95	25,94	0,76	7,42	16,58	1,27	0,88	1,48	1,33	2,28

Berdasarkan proyeksi 20 tahun ke depan, komposisi sampah masih didominasi oleh fraksi organik, khususnya sisa makanan, yang mencapai hampir setengah dari total timbulan, diikuti oleh plastik sebagai komponen anorganik terbesar. Sementara fraksi lain seperti kertas/karton, kaca, logam, kain, dan karet-kulit meskipun persentasenya relatif lebih kecil, namun tetap menunjukkan kenaikan secara signifikan seiring dengan meningkatnya timbulan. Kondisi ini tidak hanya menegaskan pentingnya pengolahan sampah organik sebagai prioritas, tetapi juga menuntut adanya strategi khusus dalam menangani plastik dan fraksi anorganik lainnya yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan lebih serius jika tidak dikelola dengan baik. Dengan demikian, tren proyeksi ini menggambarkan bahwa Kabupaten Kapuas Hulu akan menghadapi tantangan besar dalam mengelola timbulan sampah, sekaligus membuka peluang penerapan sistem pengelolaan terpadu yang lebih inovatif, efisien, dan berkelanjutan.

Analisis Opsi Pemilihan Teknologi Pengolahan Sampah

Kondisi timbulan dan karakteristik sampah tersebut menjadi dasar dalam penyusunan rencana teknis operasional, khususnya dalam pemilihan sistem pengolahan yang sesuai dengan jenis sampah serta kondisi eksisting di Kabupaten Kapuas Hulu. Untuk menentukan teknologi yang paling tepat, dilakukan penilaian dengan metode skoring berdasarkan aspek dan kriteria yang dijabarkan pada Tabel 5 berikut. Pola pemilihan skoring mengikuti berbagai referensi dari penelitian-penelitian terdahulu dalam rangka mengurangi subjektivitas dalam pemilihan teknologi.

Tabel 5. Skoring Pemilihan Teknologi Pengolahan Sampah Kabupaten Kapuas Hulu

Kriteria Opsi Pemilihan Teknologi	Opsi Pemilihan Teknologi					
	Organik		Anorganik		Gasifikasi ⁵⁾	Insenerasi ⁶⁾
	Open Windrow ¹⁾	BSF Maggot ²⁾	MRF ³⁾	RDF ⁴⁾		
Aspek Teknis						
Kapasitas Pengolahan	4	3	3	4	3	4
Fleksibilitas Bahan Baku	3	3	3	3	3	4
Kebutuhan Lahan	2	4	3	2	3	4
Kemudahan Operasional & Pemeliharaan	4	3	3	2	2	2
Aspek Lingkungan						
Dampak terhadap Kualitas Udara, Air, dan Tanah	3	4	3	3	3	2
Hasil Samping yang Aman	3	4	3	2	4	2
Pemanfaatan Energi & Material Kembali	3	3	3	4	4	4
Aspek Sosial						
Kesiapan SDM dalam Penerapan Teknologi	4	3	4	3	2	3
Aspek Ekonomi						
Nilai Investasi Rendah/Minimal	4	4	4	2	1	2
Biaya Operasional & Pemeliharaan Rendah	4	4	3	3	1	2
Total	34	35	32	28	26	29

Sumber : ¹⁾(Chusna, 2021; Zahrina & Yenie, 2021), ²⁾(Panudju dkk., 2025; Sulaiman dkk., 2023), ³⁾(Di dkk., 2018; Putra dkk., 2020; Yuliana, 2018), ⁴⁾(Atmika & Suryawan, 2022; Budiyanoro dkk., 2024), ⁵⁾(Apriyanti dkk., 2024; Taufiqurrohman & Yusuf, 2022), ⁶⁾(Bakti dkk., 2024; Idris dkk., 2024)

Setelah dilakukan skoring teknologi pengolahan pada masing-masing jenis sampah, hasil skoring menunjukkan bahwa untuk sampah organik dipilih kombinasi BSF Maggot dan pengomposan *Open Windrow*. Penggunaan dua opsi pengolahan pada sampah organik dipilih karena karakteristik fraksinya sangat beragam. Sisa makanan yang lunak, berair, dan cepat membusuk lebih sesuai diolah dengan BSF maggot, yang mampu mengkonversinya menjadi protein dan pupuk organik cair dalam waktu singkat. Sementara itu, fraksi organik lain seperti daun, ranting, dan bahan lignoselulosa lebih cocok diolah melalui Pengomposan *Open Windrow*, yang efektif menangani bahan berserat dengan kadar air lebih rendah. Kombinasi ini memastikan bahwa seluruh jenis organik dapat tertangani secara optimal dan tidak menimbulkan residu. Pada sampah anorganik, teknologi *Material Recovery Facility* (MRF) menjadi pilihan utama karena efektif memisahkan dan memulihkan material bernilai ekonomi seperti plastik, kertas, logam, dan kaca. Sementara itu, untuk sampah residu, dipilih teknologi Insenerasi yang dinilai paling optimal dalam mereduksi volume sampah secara signifikan serta aman dari sisi lingkungan dengan penerapan sistem pengendalian emisi.

Analisis Kelayakan Ekonomi dan Keuangan

Dalam menghitung analisis kelayakan ekonomi dan keuangan pada perencanaan pembangunan TPST akan dibagi menjadi 3 (tiga) tahapan berdasarkan jangka pendek Tahun 2025 – 2028, jangka menengah Tahun 2029 – 2035, dan jangka panjang Tahun 2036 – 2045 agar pengelolaan sampah dapat dikelola secara bertahap.

Estimasi total biaya investasi ini dihitung berdasarkan harga pasar terkini, standar biaya konstruksi, serta estimasi kebutuhan pengadaan untuk setiap komponen. Dalam hal ini, kapasitas

pengolahan sampah pada perencanaan pembangunan TPST sebesar 60 ton/hari yang dijabarkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Estimasi Biaya Investasi dan Operasional TPST Kabupaten Kapuas Hulu

Periode	Biaya Investasi	Biaya Operasional	Selisih
Jangka Pendek (2025 - 2028)	Rp 9.168.080.000,00	Rp 1.031.090.010,00	
Jangka Menengah (2029 - 2035)	Rp 9.738.080.000,00	Rp 1.450.515.020,00	Rp 570.000.000,00
Jangka Panjang (2036 - 2045)	Rp 10.356.580.000,00	Rp 1.919.940.030,00	Rp 618.500.000,00

Tabel diatas menunjukkan bahwa terdapat tren peningkatan kebutuhan biaya pada perencanaan pembangunan TPST seiring bertambahnya periode perencanaan serta selisih terdapat pendanaan yang semakin besar pada periode menengah dan panjang.

Net Present Value (NPV)

NPV digunakan untuk mengevaluasi keuntungan dari investasi awal yang dilakukan dengan tingkat diskonto (r) 9% pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Proyeksi *Net Present Value* (NPV) tiap Tahapan Tahun 2026 - 2045

Tahapan	<i>Net Present Value</i> (NPV)	Kriteria Kelayakan	Keterangan
Pendek	9.640.511.509	NPV > 0	Layak
Menengah	11.223.013.297		
Panjang	13.191.090.205		

Karena nilai NPV > 0, maka perencanaan pembangunan TPST layak untuk dilaksanakan secara finansial dengan menggunakan tingkat diskonto (9%). Hasil ini menunjukkan bahwa perencanaan tersebut mampu memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar dibandingkan dengan biaya investasinya, sehingga investasi dapat dianggap menguntungkan.

Internal Rate of Return (IRR)

IRR digunakan untuk menilai kemampuan arus kas dalam mengembalikan modal investasi yang dinyatakan dalam bentuk persentase, sehingga dapat menggambarkan tingkat pengembalian yang diharapkan dari suatu investasi. Adapun hasil analisis IRR dijabarkan pada Tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8. Proyeksi *Internal Rate of Return* (IRR) tiap Tahapan Tahun 2026 – 2045

Tahapan	<i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	Kriteria Kelayakan	Keterangan
Pendek	112%	IRR > Tingkat Diskonto (9%)	Layak
Menengah	112%		
Panjang	112%		

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *trial and error* pada tingkat diskonto 5% dan 7% serta interpolasi linear, diperoleh nilai IRR sebesar 112%. Nilai IRR ini lebih besar dibandingkan dengan tingkat diskonto (*Cost of Capital*) yang diasumsikan sebesar 9%, sehingga perencanaan pembangunan TPST dinyatakan layak secara finansial.

Benefit Cost Ratio (BCR)

BCR digunakan untuk menilai kelayakan keuangan suatu proyek dengan membandingkan nilai manfaat (*benefit*) terhadap biaya (*cost*) yang dikeluarkan yang ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Proyeksi *Benefit Cost Ratio* (BCR) tiap Tahapan Tahun 2026 – 2045

Tahapan	<i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)	Kriteria Kelayakan	Keterangan
Pendek	2,30	BCR > 1	Layak
Menengah	2,72		
Panjang	3,09		

Apabila nilai BCR > 1, maka usaha tersebut layak secara finansial. Berdasarkan hasil perhitungan B/C memperoleh hasil dengan *range* 2,30 – 4,15 yang artinya B/C lebih dari satu, maka perencanaan pembangunan TPST tersebut layak secara finansial dan layak untuk dilanjutkan serta dikembangkan.

Pay Back Period (PP)

PP digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan agar modal investasi kembali melalui arus kas proyek. Adapun proyeksi nilai PP pada perencanaan pembangunan TPST yang dijelaskan pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Proyeksi PP tiap Tahapan Tahun 2026 – 2045

Tahapan	Benefit Cost Ratio (BCR)	Kriteria Kelayakan	Keterangan
Pendek	6,84	PP < umur ekonomis proyek	Layak
Menengah	3,90		
Panjang	2,58		

Hasil analisis PP memperlihatkan bahwa seluruh nilai PP berada di bawah umur ekonomis perencanaan, yakni 20 tahun dengan rentang 2,58 – 6,84 tahun. Artinya, perencanaan tersebut mampu mengembalikan biaya investasinya dalam waktu relatif cepat.

4. Kesimpulan

Analisis kelayakan mengenai perencanaan pembangunan TPST di Kabupaten Kapuas Hulu, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah penduduk Kabupaten Kapuas Hulu diproyeksikan meningkat sebesar 310.866 jiwa pada tahun 2045, yang menunjukkan perlunya perencanaan TPST dengan kapasitas dan tahapan pengembangan jangka panjang.
2. Timbulan sampah diproyeksikan meningkat dari 26,43 ton/hari menjadi 57,95 ton/hari pada tahun 2045, dengan komposisi didominasi oleh sampah organik dan plastik, sehingga pengelolaan sampah organik dan anorganik di Kabupaten Kapuas Hulu perlu menjadi prioritas utama.
3. Hasil skoring menunjukkan bahwa kombinasi BSF maggot dan *open windrow* paling sesuai untuk sampah organik, MRF untuk sampah anorganik, serta insinerasi untuk sampah residu.
4. Secara keseluruhan, hasil analisis keempat indikator kelayakan keuangan menunjukkan bahwa perencanaan pembangunan TPST layak secara finansial untuk diimplementasikan, dengan tingkat pengembalian investasi yang tinggi, manfaat ekonomi yang signifikan, dan periode pengembalian yang singkat.

Daftar Pustaka

- Alfa, B. N. (2022). Analisa Kelayakan Investasi Pendirian Fasilitas Bank Sampah Pada Bank Sampah Unit X di Wilayah DKI Jakarta. *Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 10(2), 95–103.
- Apriyanti, D., Rosayanti, F. S., Gayatri, M. P., & Pramasha, R. R. (2024). *Optimalisasi Metode Waste to Energy Dalam Pengelolaan Limbah Sebagai Sumber Energi Terbarukan*. 3(2), 20–29. <https://doi.org/10.56248/jamane.v3i2.100>
- Arini, A. C., Frizqy, Z. Z. N., Khumairah, M., & Putri, R. R. (2024). Modeling Projections of The Dependency Ratio of The Non-Productive Age Population to The Productive Age Population in East Java Province. *Jurnal Kajian Ilmu dan Pembelajaran Geografi*, 2(2), 78–88. <https://doi.org/10.26418/gr.v2i2.78610>
- Atmika, I. G. N. A., & Suryawan, G. P. (2022). Pengelolaan Limbah Banten Sebagai Sumber Energi Terbarukan dengan Teknologi RDF Berkualitas Tinggi. *Jurnal Bakti Saraswati*, 11(2), 2685–3302.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kapuas Hulu. (2025). *Kabupaten Kapuas Hulu dalam Angka 2025*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Kapuas Hulu.
- Bakti, R. M., Joyosemito, I. S., & Meilani, S. S. (2024). Analisis Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca dan Potensi Energi Listrik Antara Insinerasi dan Proses Biologi (Studi Kasus Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Merah Putih). *Jurnal Jaring SainTek*, 6(21). <http://ejurnal.ubharajaya.ac.id/index.php/jaring-saintek>
- Budiyantoro, W., Hamzah, A. H. P., & Nurhasanah. (2024). Analisa Produksi Refuse-Derived Fuel (RDF) dengan Metode Biodrying dan Mekanikal dari Sampah Menggunakan Sistem Dinamis.

- Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*, 24, 78–95. <https://journal.unpak.ac.id/index.php/ekologia>
- Chusna, N. A. (2021). Studi Kualitas Kompos Dengan Pemanfaatan Air Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. *Dampak*, 18(2), 63–67. <https://doi.org/10.25077/dampak.18.2.63-67.2021>
- Dewi, N. S., & Widyarsana, I. M. W. (2025). Analisis Variabel Penentu Keberlanjutan TPA Jalupang Kabupaten Karawang: Perspektif Masyarakat melalui Structural Equation Modeling (SEM). *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship (AJIE)*, 09(03), 178–187. <https://doi.org/10.20885/ajie.vol9.iss3.art4>
- Di, S., Hutan, T., & Kota Banjarbaru, P. (2018). Analisis Kelayakan Desain Material Recovery Facility (Mrf) Dalam Pengelolaan. Dalam *Buletin Profesi Insinyur* (Vol. 1, Nomor 1). www.buletinppi.ulm.ac.id
- 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*, X(2), 12707–12718.
- Idris, M., Setyawan, M., & Mufrodi, Z. (2024). Teknologi Insinerasi Sebagai Solusi Pengolahan Sampah Perkotaan dan Pemulihan Energi: A Review. *Prosiding Semnastek*.
- Khairunisa, K., & Widyarsana, I. M. W. W. (2025). Analisis Keberlanjutan Sistem Pengelolaan Sampah Berbasis 3R (Studi Kasus MRF, TPST Kota Hijau, dan Bank Sampah Kota Hijau Balikpapan). *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship (AJIE)*, (03), 198–213. <https://doi.org/10.20885/ajie.vol9.iss3.art6>
- Nugraha, O. D. W., Taufiq, M., Denny Apriliano, D., Khamid, A., & Wahidin. (2023). Analisis Kelayakan Investasi Proyek Pembangunan Perumahan Ditinjau dari Aspek Teknis dan Finansial. *Jurnal Penelitian Sains, Keteknikan dan Informatika*, 1(3), 108–121.
- Nugraheni, A. A. P., & Widjonarko, W. (2019). Keberlanjutan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu di Desa Tawangsari, Kabupaten Boyolali. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 8(4), 209–216. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pwk>
- Pahlevi, F. R. (2022). *Perencanaan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) di Kulon Progo D.I. Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.
- Panudju, A. T., Nopianti, R., & Tjeng, P. S. (2025). Pengolahan Sampah Organik Rumah Tangga Bernilai Ekonomis dengan Menggunakan Maggot BSF. *Jurnal PEDAMAS (Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 3(4), 1231–1238.
- Pratama, R. W., Winahyu, N., & Maharani, N. (2025). Analisis Kelayakan Finansial Usaha (Studi Kasus di Penggilingan Padi Desa Bulu Kecamatan Purwosari Kabupaten Kediri). *Jurnal Agribisnis Cendekia*, 2(2), 77–88.
- Purwita, L. D., Sari, E. K., Tirtaweningtyas, S., Widiarko, P., & Ramadhan, W. (2022). Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Kebutuhan Fasilitas Persampahan di Kecamatan Baturaja Timur Kabupaten OKU. *UEEJ-Unbara Environmental Engineering Journal*, 03, 2723–5599.
- Putra, H. P. (2022). *Kondisi Persampahan di Indonesia*. Literasi Nusantara Abadi.
- Putra, H. P. (2025). *Mengerti Bumi: Menuju Zero Waste Society yang Berdaya dan Berkelanjutan*.
- Putra, H. P., Damanhuri, E., & Sembiring, E. (2020). The role of MRF in Indonesia's solid waste management system (case study of the Special Region of Yogyakarta, Indonesia). *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(2), 396–404. <https://doi.org/10.1007/s10163-020-00979-7>
- Putri, B. H. S., & Busaini. (2025). Implementasi dan Masalah Program Tempat Pengolahan Sampah (TPS) 3R “IKHLAS” (Studi Kasus) Desa Semparu. *Jurnal Konstanta Ekonomi Pembangunan*, 4(2), 74–2.
- Ratri, I. S., Meidiana, C., & Sari, K. E. (2022). Peran TPST dan TPS 3R dalam Mereduksi Sampah di Kota Batu. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)*, 11(1), 121–132.
- Santoso, M. R. D. S., Rosyidah, E., & Sumiyarsono, E. (2024). Peningkatan Kapasitas TPA Melalui Proyeksi Timbulan Sampah dan Pertumbuhan Penduduk. *Nusantara Technology and Engineering Review*, 2(2), 64–73. <https://journal.unusida.ac.id/index.php/nter/>

- Sulaiman, M., Karim, A. A., Maharani, Y., Anisa, N., & Gultom, E. S. (2023). Pemberdayaan Kelompok Tani Peduli Api Balikpapan Melalui Budidaya Maggot Black Soldier Fly Dalam Mengurangi Limbah Organik. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 3(3), 1471–1480. <https://doi.org/10.33379/icom.v3i3.3138>
- Supratikno, S. I., Warlina, L., & Listyarini, S. (2023). Model Pengelolaan Sampah Terpadu di Kota Surakarta. *Gema Wiralodra*, 14(1), 118–129. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Tamba, W. P., & Sujastika, I. (2024). Kebijakan Pengelolaan Sampah Jakarta di TPST Bantargebang: Studi Literatur Dampak Lingkungan dan Sosial dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan. *Salus Cultura: Jurnal Pembangunan Manusia dan Kebudayaan*, 4(2), 248–262. <https://doi.org/10.55480/saluscultura.v4i2.275>
- Taufiqurrohman, M., & Yusuf, M. (2022). Pemanfaatan Energi Terbarukan dalam Pengolahan Daur Ulang Limbah. *Jurnal Mentari: Manajemen Pendidikan dan Teknologi Informasi*, 1(1), 46–57. <https://journal.pandawan.id/mentari/article/view/141>
- Widarti, B. N., Nugroho, S., Bindosano, K., Adnan, F., & Meicahayanti, I. (2023). Perencanaan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Di Kecamatan Sekolaq Darat Kabupaten Kutai Barat. *ReTIII*, 1(18), 820–829.
- Yuliana, C. (2018). Analisis Kelayakan Desain Material Recovery Facility (MRF) Dalam Pengelolaan Sampah di TPA Hutan Panjang Kota Banjarbaru. *Buletin Profesi Insinyur*, 1(1), 19–24. www.buletinppi.ulm.ac.id
- Zahrina, I., & Yenie, E. (2021). Penerapan Teknologi Windrow Composting Bagi Masyarakat Sekitar TPA Muara Fajar Pekanbaru. *Dharmakarya*, 10(2), 174. <https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v10i2.33178>