KAJIAN PENANGANAN TUMPUKAN SAMPAH DI TPA PUTRI CEMPO KOTA SURAKARTA AGAR BISA BERKURANG DRASTIS

Analisis Teknis, Ekonomi, Rekayasa Rinci (DED), dan Skema Pembiayaan Menuju Pengurangan Timbunan Sampah hingga 81 Persen pada Tahun 2030

Diselaraskan dengan RPJMD Kota Surakarta Tahun 2025–2029
dan Asta Cita Wali Kota Surakarta

CETAKAN PERTAMA



Disusun Oleh:
BRIDA KOTA SURAKARTA
TAHUN 2026

KAJIAN PENANGANAN TUMPUKAN SAMPAH DI TPA PUTRI CEMPO KOTA SURAKARTA AGAR BISA BERKURANG DRASTIS

Analisis Teknis, Ekonomi, Rekayasa Rinci (DED), dan Skema Pembiayaan Menuju Pengurangan Timbulan Sampah hingga 81 Persen pada Tahun 2030

Diselaraskan dengan RPJMD Kota Surakarta Tahun 2025–2029 dan Asta Cita Wali Kota Surakarta

Cetakan Pertama

Diterbitkan oleh :
Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta
Tahun 2026

SUSUNAN TIM KELITBANGAN KOTA SURAKARTA TAHUN 2026

Penanggung Jawab : Kentis Ratnawati, S.H., M.M.
(Kepala BRIDA Kota Surakarta)

Koordinator : Rosy Edi Harsiwi, S.H.
(Kepala Bidang Riset – BRIDA Kota Surakarta)

Tim Penulis

Anggota :

1. Budi Winarno, S.H., M.H. (Peneliti Ahli Muda – BRIDA Kota Surakarta)
2. Herri Widianto, S.Sos, M.Si. (Peneliti Ahli Muda – BRIDA Kota Surakarta)
3. Nur Indriani Dewi, S.E., M.E. (Peneliti Ahli Pertama – BRIDA Kota Surakarta)
4. Sarah Puruhitaningrum, S.Mat. (Analis Data Ilmiah Ahli Pertama – BRIDA Kota Surakarta)
5. Purwoko, S.T. (Penelaah Teknis Kebijakan – BRIDA Kota Surakarta)
6. Ghulam Fathul Amri, S.ST., M.T. (Analis Teknis Kebijakan – BRIDA Kota Surakarta)
7. Margono (Pengadministrasi Perkantoran – BRIDA Kota Surakarta)

Design/Layout : Ghulam Fathul Amri, S.ST., M.T.

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

LINGKUP HAK CIPTA

Pasal 2 ayat (1)

Hak Cipta merupakan hak eksklusif bagi Pencipta atau Pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak Ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku.

KETENTUAN PIDANA

Pasal 72

(1) Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
(2) Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rampungnya penyusunan Kajian Penanganan Tumpukan Sampah di TPA Putri Cempo Kota Surakarta agar Bisa Berkurang Drastis. Kajian ini disusun oleh Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta sebagai ikhtiar akademik untuk menjawab persoalan persampahan yang telah lama membebani kota ini, khususnya kondisi Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo yang secara teknis telah melampaui usia layanan desainnya sejak tahun 2007. Persoalan tersebut bukan semata persoalan pengangkutan, melainkan persoalan tata kelola yang menuntut perubahan perilaku pada tingkat rumah tangga sekaligus penguatan kelembagaan pada seluruh lapis wilayah. Urgensinya menjadi berlipat setelah Pemerintah Kota Surakarta menerima sanksi administratif berupa paksaan pemerintah dari Kementerian Lingkungan Hidup pada 30 Maret 2026 dan setelah kebakaran besar melanda tumpukan sampah di lokasi tersebut pada awal September 2026. Kajian ini karena itu ditujukan untuk menawarkan jalan keluar yang terukur, dapat dihitung, dan dapat segera dilaksanakan oleh perangkat daerah.

Penyusunan kajian ini sepenuhnya bersandar pada data sekunder yang bersifat terbuka, mutakhir, dan dapat ditelusuri kembali oleh siapa pun. Sumber utama yang digunakan meliputi publikasi Badan Pusat Statistik Kota Surakarta, Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional Kementerian Lingkungan Hidup, Buku Profil Perkembangan Kependudukan Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Surakarta, hasil riset Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta, dokumen hukum pada Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum Kota Surakarta, serta pemberitaan media nasional yang kredibel. Metode analisis sengaja dipilih yang sederhana, murah, dan efisien mengingat kajian ini disusun tanpa dukungan anggaran khusus. Kesederhanaan metode tersebut tidak mengurangi ketajaman analisis karena seluruh angka yang disajikan dapat diverifikasi sumbernya melalui catatan kaki yang menyertai setiap pernyataan. Adapun angka yang merupakan hasil perhitungan penyusun telah diberi keterangan tegas sebagai hasil olahan kajian, lengkap dengan asumsi yang mendasarinya, sehingga pembaca dapat menelusuri kembali setiap simpulan yang diambil.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pemerintah Kota Surakarta yang telah menempatkan penanganan sampah sebagai salah satu agenda prioritas kepemimpinan daerah, sejalan dengan visi dan delapan prioritas daerah Asta Cita Surakarta yang dituangkan dalam Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 9 Tahun 2025 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Tahun 2025–2029. Apresiasi yang tulus juga disampaikan kepada Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta, Badan Penanggulangan Bencana Daerah, serta seluruh petugas kebersihan dan petugas pemadam kebakaran yang bekerja dalam kondisi berat di TPA Putri Cempo. Penghargaan khusus disampaikan kepada para pemulung yang selama puluhan tahun menggantungkan hidup di lokasi tersebut; kajian ini secara sadar menempatkan mereka sebagai subjek yang harus dilindungi dan diberdayakan,

bukan sebagai pihak yang tersingkir oleh modernisasi pengelolaan sampah. Penyusun menyadari kajian ini masih memiliki keterbatasan, terutama karena tidak menggunakan survei lapangan maupun wawancara, sehingga saran perbaikan dari seluruh pihak sangat diharapkan. Semoga kajian ini memberi manfaat nyata bagi kemajuan dan kebaikan Kota Surakarta.

Surakarta, Oktober 2026

Kepala Badan Riset dan Inovasi Daerah
Kota Surakarta

Kentis Ratnawati, S.H., M.M.

RINGKASAN EKSEKUTIF

Inti Permasalahan

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Putri Cempo di Kelurahan Mojosongo, Kecamatan Jebres, telah beroperasi sejak tahun 1987 dengan luas tapak sekitar 17 hektare dan usia layanan desain hanya 20 tahun, sehingga secara teknis telah melampaui kapasitasnya sejak tahun 2007. Sejak saat itu sistem pengelolaan bergeser dari sanitary landfill menjadi open dumping, dengan ketinggian timbunan mencapai sekitar 28 meter pada tahun 2023. Timbulan sampah harian Kota Surakarta berada pada kisaran 300 hingga 400 ton per hari, sementara kapasitas pengolahan riil Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Putri Cempo baru sekitar 50 sampai 80 ton per hari dari target desain 389 sampai 545 ton per hari. Akibatnya terdapat kesenjangan sekitar 245 ton per hari, atau sekitar 70 persen dari total timbulan, yang terus menumpuk tanpa pengolahan. Pada 30 Maret 2026 Pemerintah Kota Surakarta menerima sanksi administratif berupa paksaan pemerintah dari Kementerian Lingkungan Hidup untuk menghentikan praktik open dumping, dengan tenggat pemenuhan hingga akhir September 2026 dan ancaman peningkatan penanganan ke ranah pidana. Kegentingan tersebut mencapai puncaknya ketika kebakaran besar melanda Blok B TPA Putri Cempo pada 2 September 2026 dan merambat ke Blok C serta Blok D hingga sekitar enam hektare timbunan hangus, sehingga Wali Kota Surakarta menetapkan status Tanggap Darurat Bencana selama empat belas hari dan lebih dari seratus warga di Kota Surakarta maupun Kabupaten Karanganyar terpaksa mengungsi akibat paparan asap. Rangkaian peristiwa ini menempatkan Kota Surakarta pada situasi darurat regulasi sekaligus darurat lingkungan dan keselamatan publik yang menuntut respons cepat, terukur, dan berbiaya efisien.

Temuan Utama

1. Struktur sampah Kota Surakarta sangat menguntungkan bagi pendekatan pengolahan terdesentralisasi. Sekitar 55 hingga 60 persen timbulan berupa sampah organik yang dapat diolah menjadi kompos, maggot, dan biogas, sedangkan sekitar 72 persen sumber sampah berasal dari rumah tangga. Artinya, kunci penyelesaian berada di hulu, bukan semata di hilir.
2. Ketergantungan tunggal pada teknologi gasifikasi PLTSa terbukti berisiko tinggi. Setelah lebih dari dua tahun beroperasi, capaian pengolahan hanya sekitar 15 hingga 20 persen dari desain, dan produksi listrik ke jaringan hanya 1,5 sampai 1,6 megawatt dari target 8 sampai 10 megawatt.
3. Terdapat defisit pembiayaan struktural. Kebutuhan biaya penanganan sampah secara ideal diperkirakan sekitar Rp48,61 miliar per tahun, sementara realisasi retribusi kebersihan baru sekitar Rp11,28 miliar, sehingga terdapat selisih sekitar Rp37,33 miliar per tahun yang selama ini ditanggung APBD.
4. Skenario terpadu (S-3) yang menggabungkan penguatan hulu, pembangunan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) dengan lini Refuse Derived Fuel (RDF), optimasi PLTSa, dan landfill mining mampu menurunkan timbunan di

TPA dari sekitar 245 ton per hari menjadi sekitar 46 ton per hari pada tahun 2030, yaitu penurunan sebesar 81,2 persen.

5. Skenario terpadu membutuhkan CAPEX sekitar Rp176,5 miliar dan OPEX sekitar Rp57,5 miliar per tahun, namun berpotensi menghasilkan pendapatan langsung sekitar Rp17,9 miliar per tahun ditambah penghindaran biaya sekitar Rp24 miliar per tahun, sehingga tambahan beban anggaran neto hanya sekitar Rp13,7 miliar per tahun atau setara Rp189 ribu per ton tambahan sampah terkelola.

Rekomendasi Kunci

1. Menerbitkan Peraturan Wali Kota tentang kewajiban pemilahan sampah dari sumber dan retribusi progresif berbasis volume dalam kuartal berjalan (Bagian Hukum Setda dan Dinas Lingkungan Hidup).
2. Membangun TPST terpadu berkapasitas 150 ton per hari yang dilengkapi Material Recovery Facility dan lini RDF di area TPA Putri Cempo (Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang bersama Dinas Lingkungan Hidup).
3. Mengunci kepastian pasar melalui perjanjian pembelian RDF jangka panjang dengan industri semen sebelum konstruksi dimulai (Bagian Kerja Sama Setda dan Dinas Lingkungan Hidup).
4. Mengalihkan status 287 pemulung menjadi tenaga operator sortir bersertifikat pada TPST dengan jaminan sosial ketenagakerjaan (Dinas Sosial dan Dinas Tenaga Kerja dan Perindustrian).
5. Menempuh pembiayaan majemuk (blended finance) yang memadukan APBD bertahap, Dana Alokasi Khusus, tanggung jawab sosial dan lingkungan badan usaha, serta skema Perpres Nomor 109 Tahun 2025 (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah dan Badan Pengelola Keuangan dan Aset Daerah).

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **iv**
RINGKASAN EKSEKUTIF ..... **vi**
Inti Permasalahan vi
Temuan Utama vi
Rekomendasi Kunci vii
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Fakta dan Fenomena yang Terjadi 4
1.3 Penelitian Terdahulu 7
1.4 Kesenjangan Penelitian (Research Gap) 9
1.5 Kebaruan Penelitian (Novelty) 10
1.6 Rumusan Masalah 10
1.7 Tujuan Penelitian 11
1.8 Manfaat Penelitian 11
1.8.1 Manfaat Teoretis 11
1.8.2 Manfaat Praktis 11
1.9 Ruang Lingkup 12
1.10 Batasan Kajian 12
1.11 Dasar Hukum dan Kebijakan 13
1.11.1 Landasan Hukum Berjenjang 13
1.11.2 Sinkronisasi dengan Dokumen Perencanaan Daerah 15
1.11.3 Kebijakan Nasional dan Provinsi yang Relevan 16
1.12 Sistematika Penulisan 17
BAB II TINJAUAN TEORI **18**
2.1 Konsep Pengelolaan Sampah dan Hirarki Pengelolaan Sampah 18
2.2 Teori Ekonomi Sirkular 19
2.3 Material Flow Analysis sebagai Alat Analisis 20
2.4 Teknologi Pengolahan Sampah yang Relevan 20
2.4.1 Biokonversi Sampah Organik dengan Larva Black Soldier Fly 20

2.4.2 Komposting dan Pengolahan Organik Skala Kawasan 21
2.4.3 Refuse Derived Fuel atau Bahan Bakar Jumputan Padat 21
2.4.4 Teknologi Pemulihan Energi dan Pembelajaran dari PLTSa 21
2.4.5 Landfill Mining dan Sanitary Landfill 22
2.5 Teori Analisis Kelayakan dan Biaya-Manfaat 23
2.6 Teori Kolaborasi Pentahelix dan Perubahan Perilaku 24
2.7 Studi Terdahulu dan Praktik Terbaik Kota Pembanding 24
2.8 Kerangka Pikir Kajian 25
BAB III METODOLOGI 27
3.1 Jenis Penelitian 27
3.2 Pendekatan Penelitian 27
3.3 Lokasi Penelitian 27
3.4 Waktu Penelitian 28
3.5 Populasi dan Sampel 28
3.6 Teknik Pengambilan Sampel 29
3.7 Teknik Pengumpulan Data 29
3.8 Instrumen Penelitian 30
3.9 Teknik Analisis Data 30
3.9.1 Analisis Deskriptif 30
3.9.2 Analisis Neraca Massa (Material Flow Analysis) 30
3.9.3 Analisis Kesenjangan terhadap Standar 31
3.9.4 Analisis Kelayakan dan Biaya-Manfaat 31
3.9.5 Analisis SWOT dan Analisis Pemangku Kepentingan 31
3.10 Keabsahan Data 32
3.11 Tahapan dan Alur Kerja Kajian 32
BAB IV GAMBARAN UMUM WILAYAH DAN KONDISI EKSISTING 34
4.1 Kondisi Geografis dan Administratif 34
4.2 Kondisi Demografis 35
4.3 Kondisi Sosial-Ekonomi 37
4.4 Kondisi Infrastruktur dan Sarana Persampahan 38
4.5 Profil Spesifik Objek Kajian: TPA dan PLTSa Putri Cempo 39
4.6 Karakteristik Sampah Kota Surakarta 43
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 45
5.1 Karakteristik dan Neraca Massa Sampah serta Besaran Kesenjangan 45
5.1.1 Basis Perhitungan dan Asumsi yang Digunakan 45

5.1.2 Neraca Massa Kondisi Eksisting Tahun 2026 46
5.1.3 Proyeksi Timbulan Sampah Tahun 2026–2030 47
5.1.4 Analisis Kesenjangan terhadap Standar dan Kota Pembanding 47
5.2 Skema Pemrosesan Jenis Sampah, Perhitungan Teknis, dan Rekayasa Rinci Indikatif 48
5.2.1 Skema Jenis Sampah yang Diproses 48
5.2.2 Diagram Alir Proses Unit Pengolahan Terpadu 50
5.2.3 Perhitungan Kebutuhan Kapasitas dan Unit Peralatan 50
5.2.4 Spesifikasi Teknis, Gambar Peralatan, dan Estimasi Biaya 52
5.2.5 Rekayasa Rinci Indikatif Tata Letak TPST 53
5.2.6 Skenario Penanganan dan Dampak Reduksinya 55
5.3 Analisis Ekonomi dan Kelayakan Setiap Skenario 57
5.3.1 Estimasi Kebutuhan Investasi (CAPEX) 57
5.3.2 Estimasi Biaya Operasional dan Pemeliharaan (OPEX) 57
5.3.3 Proyeksi Pendapatan dan Penghindaran Biaya 58
5.3.4 Indikator Kelayakan dan Biaya Penanganan per Ton 60
5.3.5 Analisis Sensitivitas 62
5.4 Skenario dan Opsi Skema Pembiayaan 64
5.4.1 Persoalan Struktural Pembiayaan Persampahan Kota Surakarta 64
5.4.2 Enam Opsi Skema Pembiayaan 64
5.4.3 Rekomendasi Bauran Pembiayaan 66
5.5 Strategi Implementasi, Peran Pemangku Kepentingan, dan Peta Jalan 67
5.5.1 Analisis SWOT 67
5.5.2 Analisis Pemangku Kepentingan Pentahelix 68
5.5.3 Analisis Dampak Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan 70
5.5.4 Peta Jalan Pelaksanaan 2026–2030 dan Organisasi Perangkat Daerah Pengampu 70
5.5.5 Manajemen Risiko Pelaksanaan 72
BAB VI PENUTUP 74
6.1 Kesimpulan 74
6.1.1 Karakteristik, Neraca Massa, dan Besaran Kesenjangan 74
6.1.2 Skema Pemrosesan, Kebutuhan Teknis, dan Rekayasa Rinci 74
6.1.3 Skenario Penanganan dan Kelayakan Ekonominya 75
6.1.4 Skema Pembiayaan yang Paling Layak 75
6.1.5 Strategi Implementasi dan Peta Jalan 76

6.2 Rekomendasi.....77
6.2.1 Rekomendasi Penelitian.....77
6.2.2 Rekomendasi Kebijakan.....78
DAFTAR PUSTAKA 82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Kesenjangan Timbulan Sampah dan Kapasitas Pengolahan di TPA/PLTSa Putri Cempo Kota Surakarta 3
Gambar 1. 2. Neraca Massa Sampah Kota Surakarta Kondisi Eksisting (2026) 7
Gambar 2. 1. Hirarki Pengelolaan Sampah (Waste Management Hierarchy) 19
Gambar 2. 2. Kerangka Pikir Kajian 26
Gambar 3. 1. Tahapan/Alur Kerja Kajian 33
Gambar 4. 1. Profil Kependudukan dan Beban Persampahan Kota Surakarta 36
Gambar 4. 2. Skema Tapak Eksisting TPA/PLTSa Putri Cempo 40
Gambar 4. 3.Eskalasi Kedaruratan TPA Putri Cempo Kota Surakarta Tahun 2023–2026 43
Gambar 4. 4. Karakteristik Sampah Kota Surakarta 44
Gambar 5. 1. Skema Pemilahan dan Alur Pemrosesan Jenis Sampah Kota Surakarta 49
Gambar 5. 2. Diagram Alir Proses Unit Pengolahan Terpadu (TPST) Putri Cempo 50
Gambar 5. 3. Sketsa Teknis Peralatan Utama yang Dibutuhkan (indikatif, tidak berskala) 52
Gambar 5. 4. DED Indikatif Tata Letak TPST Terpadu Putri Cempo (Luas Tapak ± 2,0 Ha) 54
Gambar 5. 5. Kontribusi Setiap Intervensi terhadap Penurunan Timbunan Sampah di TPA Putri Cempo 56
Gambar 5. 6. Biaya Penanganan Neto per Ton dan Sisa Timbunan Menurut Skenario 61
Gambar 5. 7. Perbandingan CAPEX, OPEX, dan Pendapatan Langsung Antar-Skenario 62
Gambar 5. 8. Perbandingan Opsi Skema Pembiayaan 65
Gambar 5. 9. Matriks SWOT Penanganan Timbunan Sampah TPA Putri Cempo 68
Gambar 5. 10. Pemetaan Pemangku Kepentingan Pentahelix 69
Gambar 5. 11. Peta Jalan (Roadmap) Penanganan Timbunan Sampah TPA Putri Cempo 2026–2030 71
Gambar 5. 12. Target Tahunan Penurunan Timbunan Sampah di TPA Putri Cempo 72

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Ringkasan Penelitian Terdahulu dan Posisi Kajian Ini.....8
Tabel 1. 2. Landasan Hukum Berjenjang Kajian 13
Tabel 1. 3. Hirarki Dasar Hukum Kajian (Tertinggi ke Terendah).....14
Tabel 2. 1. Perbandingan Karakteristik Teknologi Pengolahan Sampah Kota 22
Tabel 2. 2. Praktik Terbaik Pengelolaan Sampah di Kota/Kabupaten Pembanding..25
Tabel 3. 1. Sumber Data Sekunder yang Digunakan dalam Kajian.....29
Tabel 3. 2. Instrumen dan Teknik Analisis Data Menurut Tujuan Kajian 33
Tabel 4. 1. Luas Wilayah dan Pembagian Administratif Kota Surakarta 34
Tabel 4. 2. Indikator Kependudukan Kota Surakarta.....36
Tabel 4. 3. Indikator Sosial-Ekonomi Kota Surakarta yang Relevan dengan Kajian .38
Tabel 4. 4. Profil dan Kondisi Eksisting TPA/PLTSa Putri Cempo.....40
Tabel 4. 5. Kronologi Kedaruratan dan Tenggat Kepatuhan TPA Putri Cempo Tahun 2026 42
Tabel 5. 1. Neraca Massa Sampah Kota Surakarta Kondisi Eksisting Tahun 2026 ..46
Tabel 5. 2. Proyeksi Timbulan Sampah Kota Surakarta Tahun 2026–2030.....47
Tabel 5. 3. Skema Jenis Sampah, Jalur Pemrosesan, dan Produk yang Dihasilkan 49
Tabel 5. 4. Perhitungan Kebutuhan Unit Peralatan Utama TPST Putri Cempo.....51
Tabel 5. 5. Spesifikasi Teknis dan Estimasi Biaya Peralatan (CAPEX Mekanikal)....52
Tabel 5. 6. Komponen DED dan Estimasi Biaya Pekerjaan Sipil TPST Putri Cempo54
Tabel 5. 7. Rekapitulasi CAPEX Menurut Skenario (Rp miliar) 57
Tabel 5. 8. Estimasi Biaya Operasional dan Pemeliharaan Tahunan (Rp miliar per tahun) 58
Tabel 5. 9. Proyeksi Pendapatan dan Penghindaran Biaya Tahunan Skenario S-3..59
Tabel 5. 10. Indikator Kelayakan Finansial Antar-Skenario.....60
Tabel 5. 11. Analisis Sensitivitas Skenario S-3 63
Tabel 5. 12. Perbandingan Opsi Skema Pembiayaan Penanganan Sampah TPA Putri Cempo 65
Tabel 5. 13. Matriks Strategi SWOT.....68
Tabel 5. 14. Peran, Kepentingan, dan Bentuk Kolaborasi Pemangku Kepentingan Pentahelix.....69
Tabel 5. 15. Peta Jalan Pelaksanaan dan Organisasi Perangkat Daerah Pengampu 71

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pengelolaan sampah perkotaan telah berkembang menjadi salah satu ujian paling nyata bagi kapasitas tata kelola pemerintah daerah di Indonesia, termasuk di Kota Surakarta. Kementerian Lingkungan Hidup mencatat bahwa dari total timbulan sampah nasional sebesar 56,98 juta ton per tahun hanya sekitar 33,74 persen yang berhasil dikelola dengan baik, sehingga sekitar 37,76 juta ton berakhir di tempat pemrosesan akhir tanpa pengelolaan memadai[1]. Kondisi ini sejalan dengan temuan kajian internasional yang menegaskan bahwa lemahnya sistem pengelolaan sampah di negara-negara Global South berakar pada keterbatasan pembiayaan dan kelembagaan, bukan semata pada ketiadaan teknologi[2]. Di Kota Surakarta, persoalan tersebut mengerucut pada satu titik yang sangat spesifik, yaitu Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo yang telah beroperasi sejak tahun 1987 dengan usia layanan desain hanya 20 tahun[3]. Sejak tahun 2007 fasilitas tersebut telah melampaui kapasitas dan sistem pengelolaannya bergeser dari sanitary landfill menjadi open dumping yang sesungguhnya telah dilarang oleh peraturan perundang-undangan[4]. Dengan demikian, akar persoalan bukanlah ketiadaan fasilitas, melainkan ketidakseimbangan struktural antara laju timbulan dan kapasitas pengolahan yang berlangsung selama hampir dua dekade.

Kota Surakarta memiliki karakteristik yang membuat persoalan sampah menjadi semakin kompleks. Dengan luas wilayah hanya sekitar 46,72 kilometer persegi dan kepadatan penduduk mencapai 12.612 jiwa per kilometer persegi, kota ini hampir tidak memiliki ruang cadangan untuk membuka lokasi pemrosesan akhir baru[5]. Padahal, timbulan sampah harian kota telah mencapai kisaran 300 hingga 400 ton per hari menurut pernyataan Wali Kota Surakarta[6], dengan lonjakan 20 hingga 30 persen pada periode hari raya. Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional bahkan mencatat timbulan Kota Surakarta pada tahun 2023 sebesar 152.974 ton per tahun atau sekitar 419 ton per hari, meningkat sekitar 40 persen dibandingkan tahun 2021[7]. Ketiadaan lahan alternatif menjadikan strategi ekspansi ruang penimbunan sebagai

---

[1] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[2] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

[3] Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

[4] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[5] Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Surakarta. (2025). Buku profil kependudukan Kota Surakarta tahun 2024. https://dispendukcapil.surakarta.go.id/wp-content/uploads/2025/06/Final_Buku-Profil-Kependudukan-Tahun-2024.pdf (diakses 12 Agustus 2026)

[6] Pemerintah Kota Surakarta. (2026). Wali Kota Respati Ardi soroti lonjakan sampah, apel pascalebaran digelar di TPA Putri Cempo. https://surakarta.go.id/detail-berita/wali-kota-respati-ardi-soroti-lonjakan-sampah-apel-pascalebaran-digelar-di-tpa-putri-cempo-3946 (diakses 12 Agustus 2026)

[7] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

pilihan yang secara praktis tertutup, sehingga satu-satunya jalan yang tersisa adalah menurunkan volume sampah yang masuk melalui pengurangan di sumber dan pengolahan bernilai tambah[8]. Kondisi keterbatasan

Pemerintah Kota Surakarta sesungguhnya telah menempuh langkah strategis melalui pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Putri Cempo yang menjadi salah satu dari dua PLTSa yang berhasil dibangun dari dua belas proyek strategis nasional[9]. Fasilitas tersebut diresmikan pada Oktober 2023 dengan nilai investasi sekitar Rp300 miliar dan desain kapasitas listrik 8 megawatt, di mana 5 megawatt dijual kepada PT PLN (Persero) berdasarkan perjanjian jual beli listrik seharga 13,55 sen dolar Amerika Serikat per kilowatt jam[10]. Namun, setelah lebih dari dua tahun beroperasi, kapasitas pengolahan aktual hanya berkisar 50 hingga 80 ton sampah per hari dibandingkan target desain 389 hingga 545 ton per hari[11]. Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta mencatat bahwa hingga pertengahan tahun 2025 sampah yang berhasil diolah baru sekitar 80 ton per hari, jauh dari potensi harian 380 hingga 400 ton[12]. Kesenjangan kinerja ini menunjukkan bahwa penempatan seluruh harapan pada satu teknologi tunggal merupakan strategi berisiko tinggi yang perlu segera dikoreksi melalui diversifikasi jalur pengolahan.

Titik balik yang paling menentukan terjadi pada tahun 2026 ketika Kementerian Lingkungan Hidup menerapkan sanksi administratif berupa paksaan pemerintah kepada Pemerintah Kota Surakarta untuk menghentikan praktik open dumping di TPA Putri Cempo terhitung sejak 30 Maret 2026[13]. Sanksi tersebut merupakan bagian dari kebijakan nasional yang menetapkan batas waktu 31 Juli 2026 bagi seluruh pemerintah daerah untuk mengakhiri praktik pembuangan terbuka, dengan konsekuensi peningkatan penanganan ke ranah pidana bagi yang tidak patuh[14]. Menteri Lingkungan Hidup menegaskan bahwa pelanggaran terhadap ketentuan tersebut dapat dijerat dengan Pasal 40 dan Pasal 41 Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah[15]. Sekretaris Daerah Kota Surakarta menyatakan bahwa Pemerintah Kota diminta melakukan upaya perbaikan hingga

[8] Romianingsih, N. (2023). Analisis kelayakan finansial fasilitas pengolahan sampah terpadu di daerah perkotaan. Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/ (diakses 12 Agustus 2026)

[9] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[10] CNN Indonesia. (2023, Oktober). PLTSa Putri Cempo Solo resmi beroperasi, olah sampah jadi listrik. CNN Indonesia. (diakses 12 Agustus 2026)

[11] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[12] Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. (2025). Kota Surakarta dalam angka 2025. Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. https://surakartakota.bps.go.id/id/publication/2025/02/28/8974f0197a8b96272625a385/kota-surakarta-dalam-angka-2025.html (diakses 12 Agustus 2026)

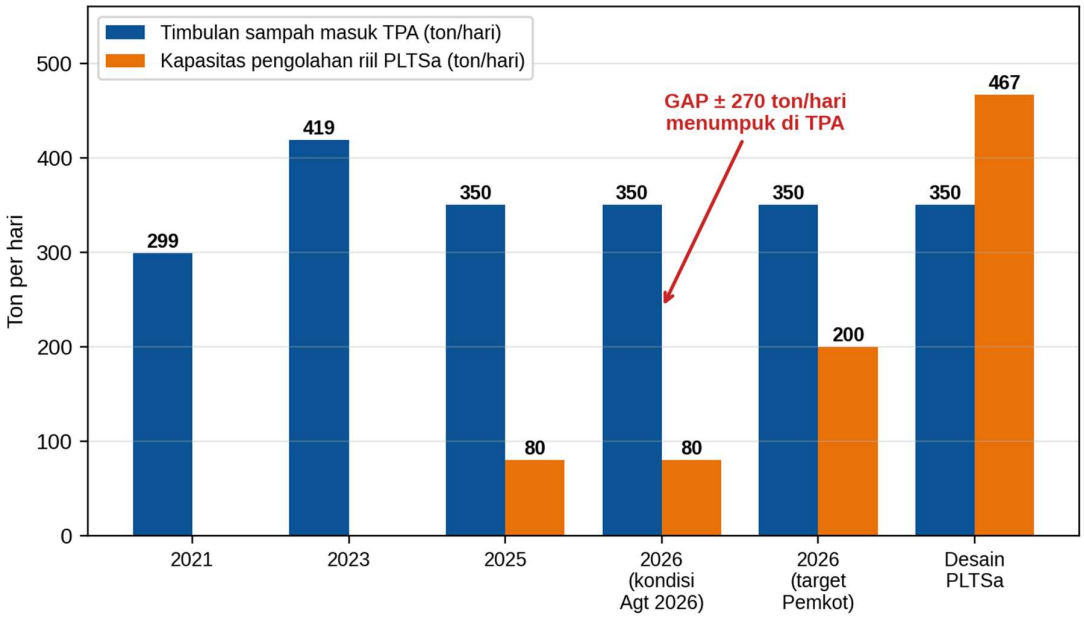
[13] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)

[14] Kompas.id. (2026). 314 sanksi administratif diterbitkan terkait pengelolaan TPA. https://www.kompas.id/artikel/314-sanksi-administratif-diterbitkan-terkait-pengelolaan-tpa (diakses 12 Agustus 2026)

[15] Rakyat Bekasi. (2026). Menteri LH Hanif Faisol Nurofiq tegaskan 2026 batas akhir open dumping TPA. https://rakyatbekasi.com/menteri-lh-hanif-faisol-nurofiq-tegaskan-2026-batas-akhir-open-dumping-tpa/ (diakses 12 Agustus 2026)

bulan Agustus 2026[16]. Dengan demikian, kajian ini disusun tepat pada momentum ketika Kota Surakarta membutuhkan peta jalan teknis dan ekonomi yang konkret, terukur, dan siap dieksekusi oleh perangkat daerah.

dan Berkelanjutan, yang dijabarkan dalam lima misi termasuk misi kelima mengenai ketahanan kota dan kerja sama antarwilayah yang terpadu dan berkelanjutan[17]. Wali Kota dan Wakil Wali Kota Surakarta juga mengusung delapan program prioritas daerah yang dikenal sebagai Asta Cita Surakarta yang dituangkan dalam dokumen perencanaan jangka menengah daerah[18]. Wali Kota Surakarta secara eksplisit menyatakan perlunya perubahan paradigma dari sistem linear menuju sistem sirkular yang menempatkan pengelolaan sampah dimulai dari hulu[19]. Pernyataan tersebut sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular yang menempatkan sampah sebagai sumber daya, bukan sekadar beban[20]. Kajian ini dengan demikian berfungsi sebagai instrumen penerjemah komitmen politik tersebut menjadi angka teknis dan angka rupiah yang dapat dipertanggungjawabkan.



Gambar 1. 1. Kesenjangan Timbulan Sampah dan Kapasitas Pengolahan di TPA/PLTSa Putri Cempo Kota Surakarta

Sumber: Diolah penulis (2026) dari DPRD Kota Surakarta (2025); PT Centra Rekayasa Enviro (2026); Solopos (2026a); Pemerintah Kota Surakarta (2026).

[16] Kompas.com. (2026a, April 27). Perlahan tutup praktik open dumping TPA Putri Cempo, Pemkot Solo pikirkan nasib pemulung. https://regional.kompas.com/read/2026/04/27/054437178/ (diakses 12 Agustus 2026)

[17] Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025b). Wali Kota Surakarta paparkan lima misi pembangunan dalam Ranwal RPJMD 2025–2029. https://dprd.surakarta.go.id/wali-kota-surakarta-paparkan-lima-misi-pembangunan-dalam-ranwal-rpjmd-2025-2029/ (diakses 12 Agustus 2026)

[18] Suara Merdeka Solo. (2025). Asta Cita Surakarta: Konsep Respati–Astrid adopsi Asta Cita Prabowo–Gibran. https://solo.suaramerdeka.com/solo-raya/0514527125/ (diakses 12 Agustus 2026)

[19] Solopos. (2026c). TPA Putri Cempo kritis, Pemkot Solo gandeng kampus kurangi sampah. https://solopos.espos.id/tpa-putri-cempo-kritis-pemkot-solo-gandeng-kampus-kurangi-sampah-2221067 (diakses 12 Agustus 2026)

[20] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

1.2 Fakta dan Fenomena yang Terjadi

Fenomena paling kasat mata di TPA Putri Cempo adalah terbentuknya gunungan sampah yang mencapai ketinggian sekitar 28 meter pada tahun 2023 dan terus bertambah setiap hari[21]. Ketua

Fenomena kedua adalah rendahnya realisasi kinerja teknologi pengolahan yang telah dibangun dengan biaya besar. Kapasitas pengolahan aktual PLTSa hanya 50 hingga 80 ton per hari dari target desain 389 hingga 545 ton per hari, dan pasokan listrik ke jaringan hanya 1,5 hingga 1,6 megawatt dari target 8 hingga 10 megawatt[22]. Kementerian Lingkungan Hidup bahkan melakukan audit investigasi terhadap fasilitas tersebut dan Wali Kota Surakarta telah memberikan teguran resmi kepada PT Solo Citra Metro Plasma Power selaku pengelola[23]. Skema kerja sama yang diklaim tanpa biaya layanan pengolahan sampah atau tipping fee juga sejak awal dipertanyakan kewajarannya oleh organisasi masyarakat sipil karena sumber pengembalian investasi menjadi tidak jelas[24]. Sementara itu, Pemerintah Kota menargetkan peningkatan produktivitas pengolahan menjadi 200 ton per hari pada tahun 2026[25]. Fakta ini memperlihatkan bahwa ketergantungan pada satu mitra dan satu teknologi menciptakan kerentanan sistemik yang harus dimitigasi melalui portofolio teknologi yang lebih beragam.

Fenomena ketiga adalah lemahnya pengurangan sampah dari sumber meskipun potensinya sangat besar. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup, rumah tangga berkontribusi sebagai sumber sampah terbesar sebanyak 72 persen, diikuti sumber umum 12 persen, sumber usaha 8 persen, dan pasar 6 persen[26]. Angka timbulan per kapita tercatat 0,65 kilogram per jiwa per hari dan diperkirakan meningkat menjadi 0,75 kilogram per jiwa per hari pada tahun 2024, dengan dominasi sampah organik hingga 70 persen[27]. Data yang lebih mutakhir dari Dinas Lingkungan Hidup menyebutkan bahwa sekitar 55 hingga 60 persen timbulan merupakan sampah organik yang berpotensi diolah menjadi kompos[28]. Namun

---

[21] Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

[22] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[23] Kompas.com. (2026b, April 3). PLTSa Putri Cempo tak optimal, Wali Kota Solo tegur pengelola dan pantau langsung. https://regional.kompas.com/read/2026/04/03/061807878/ (diakses 12 Agustus 2026)

[24] Wahana Lingkungan Hidup Indonesia. (2024). PLTSa Putri Cempo Surakarta: Proyek yang dipaksakan. https://www.walhi.or.id/pltsa-putri-cempo-surakarta-proyek-yang-dipaksakan (diakses 12 Agustus 2026)

[25] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)

[26] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[27] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[28] Hariankota.com. (2026). Pemkot Surakarta perkuat pengelolaan sampah lewat TPS3R Mojo Makmur. https://hariankota.com/pemkot-surakarta-perkuat-pengelolaan-sampah-lewat-tps3r-mojo-makmur/ (diakses 12 Agustus 2026)

Fenomena keempat berkaitan dengan dimensi sosial yang sering terabaikan dalam kebijakan modernisasi persampahan. Terdapat sekitar 287 pemulung yang telah beraktivitas di TPA Putri Cempo selama lebih dari tiga puluh tahun dan menggantungkan penghasilan utama dari kegiatan tersebut[29]. Selain itu terdapat sekitar 200 hingga 300 ekor sapi milik warga yang selama puluhan tahun digembalakan di area TPA[30]. Penerapan sistem sanitary landfill yang terstruktur menyebabkan akses pemulung terhadap sampah baru menjadi sangat terbatas dan memicu aksi protes pada peringatan Hari Buruh 1 Mei 2026[31]. Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta menyatakan komitmennya agar mata pencaharian pemulung tidak hilang dan akan dicarikan solusi pemberdayaan[32]. Dengan demikian, setiap skenario teknis yang diusulkan wajib memuat mekanisme transisi berkeadilan bagi pekerja sektor informal agar tidak menimbulkan persoalan sosial baru.

Fenomena kelima merupakan peristiwa terkini yang mengubah derajat kegentingan persoalan secara mendasar. Pada Rabu, 2 September 2026 sekitar pukul 18.00 WIB, kebakaran melanda tumpukan sampah di Blok B TPA Putri Cempo dan dengan cepat merambat ke Blok C serta Blok D[33]. Badan Nasional Penanggulangan Bencana mencatat luas area terbakar pada tahap awal mencapai sekitar 2,17 hektare[34] dan kemudian meluas hingga sekitar enam hektare yang meliputi tiga blok sekaligus[35]. Wali Kota Surakarta menetapkan status Tanggap Darurat Bencana selama empat belas hari pada 3 September 2026 karena api belum dapat dikendalikan setelah lebih dari empat puluh jam operasi pemadaman[36]. Kementerian Lingkungan Hidup menegaskan bahwa akumulasi gas metana di bawah timbunan terbuka merupakan faktor utama yang membuat api cepat menjalar dan sangat sulit dipadamkan[37]. Peristiwa ini menempatkan praktik open dumping bukan lagi sekadar pelanggaran administratif, melainkan sumber risiko bencana yang nyata bagi keselamatan warga.

---

[29] Solopos. (2026b, April). Ratusan pemulung terimbas penghentian open dumping di TPA Putri Cempo Solo. https://solopos.espos.id/ratusan-pemulung-terimbas-penghentian-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-solo-2210127 (diakses 12 Agustus 2026)

[30] Solopos. (2026b, April). Ratusan pemulung terimbas penghentian open dumping di TPA Putri Cempo Solo. https://solopos.espos.id/ratusan-pemulung-terimbas-penghentian-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-solo-2210127 (diakses 12 Agustus 2026)

[31] Ayo Solo. (2026, Mei). TPA Putri Cempo tak lagi open dumping: Mengenal sanitary landfill, sistem baru yang bikin pemulung Solo ketar-ketir. https://solo.ayoindonesia.com/solo-raya/17017073444/ (diakses 12 Agustus 2026)

[32] Solopos. (2026b, April). Ratusan pemulung terimbas penghentian open dumping di TPA Putri Cempo Solo. https://solopos.espos.id/ratusan-pemulung-terimbas-penghentian-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-solo-2210127 (diakses 12 Agustus 2026)

[33] Kompas.com. (2026c, 4 September). Kebakaran TPA Putri Cempo belum terkendali, Pemkot Solo tetapkan status tanggap darurat bencana 14 hari. https://regional.kompas.com/read/2026/09/04/104119178/kebakaran-tpa-putri-cempo-belum-terkendali-pemkot-solo-tetapkan-status (diakses 10 September 2026)

[34] CNBC Indonesia. (2026, 3 September). Potret TPA Putri Cempo Solo terbakar, api berkobar lalap 2,17 hektare. https://www.cnbcindonesia.com/news/20260903161722-7-764732/potret-tpa-putri-cempo-solo-terbakar-api-berkobar-lalap-217-hektare (diakses 10 September 2026)

[35] Kompas.com. (2026c, 4 September). Kebakaran TPA Putri Cempo belum terkendali, Pemkot Solo tetapkan status tanggap darurat bencana 14 hari. https://regional.kompas.com/read/2026/09/04/104119178/kebakaran-tpa-putri-cempo-belum-terkendali-pemkot-solo-tetapkan-status (diakses 10 September 2026)

[36] Kompas.com. (2026c, 4 September). Kebakaran TPA Putri Cempo belum terkendali, Pemkot Solo tetapkan status tanggap darurat bencana 14 hari. https://regional.kompas.com/read/2026/09/04/104119178/kebakaran-tpa-putri-cempo-belum-terkendali-pemkot-solo-tetapkan-status (diakses 10 September 2026)

[37] ANTARA News. (2026b, 4 September). KLH: Open dumping salah satu penyebab kebakaran TPA Putri Cempo. Kantor Berita ANTARA. https://www.antaranews.com/berita/5726256/klh-open-dumping-salah-satu-penyebab-kebakaran-tpa-putri-cempo (diakses 10 September 2026)

Dampak kebakaran tersebut dirasakan langsung oleh permukiman di sekitar tapak dan bahkan melampaui batas administrasi kota. Sekitar 73 hingga 75 warga, terutama bayi, anak-anak, dan lanjut usia, diungsikan ke Pendopo Kelurahan Mojosongo pada 3 September 2026 untuk menghindari paparan asap[38]. Sebaran asap juga menjangkau Desa Plesungan, Kecamatan Gondangrejo, Kabupaten Karanganyar, sehingga Badan Nasional Penanggulangan Bencana mencatat sebanyak 105 jiwa masih berada di pengungsian Gedung Olahraga Universitas Tunas Pembangunan pada 8 September 2026[39]. Keluhan kesehatan yang dilaporkan meliputi sesak napas, batuk, tenggorokan kering, dan iritasi mata, dengan sebagian warga memerlukan bantuan oksigen[40]. Organisasi masyarakat sipil mencatat bahwa kebakaran serupa telah terjadi pada 6 Juni dan 10 Juni 2026 serta kebakaran besar pada tahun 2023, sehingga peristiwa ini bersifat berulang dan tidak dapat dijelaskan semata oleh faktor cuaca[41]. Keberadaan menara Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi di tengah area terbakar menambah dimensi risiko terhadap infrastruktur strategis nasional[42].

Fenomena keenam berkaitan dengan penyempitan tenggat kepatuhan yang harus dipenuhi Pemerintah Kota Surakarta. Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta menyatakan bahwa praktik open dumping di TPA Putri Cempo harus berakhir pada akhir September 2026 sebagai tindak lanjut sanksi administratif yang diterima sejak 30 Maret 2026[43]. Sebagai langkah antara, Pemerintah Kota menempuh penataan menuju controlled landfill yang merupakan tingkat pengelolaan minimal yang wajib dipenuhi setiap pengelola TPA[44]. Kementerian Lingkungan Hidup juga menerbitkan Surat Edaran Menteri Lingkungan Hidup/Kepala Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2026 yang meminta pemerintah daerah tidak lagi memasukkan sampah organik ke TPA dan hanya menerima residu[45]. Pada saat yang sama, rancangan Peraturan Wali Kota mengenai pengurangan sampah dari sumber masih berada pada tahap harmonisasi di Pemerintah Provinsi Jawa Tengah sehingga

---

[38] ANTARA Foto. (2026, 3 September). Warga terdampak kebakaran TPA Putri Cempo mengungsi. Kantor Berita ANTARA. https://www.antarafoto.com/id/view/2856231/warga-terdampak-kebakaran-tpa-putri-cempo-mengungsi (diakses 10 September 2026)

[39] CNN Indonesia. (2026, 8 September). Blok B TPA Putri Cempo masih terbakar, 105 warga mengungsi. https://www.cnnindonesia.com/nasional/20260908145054-20-1401526/blok-b-tpa-putri-cempo-masih-terbakar-105-warga-mengungsi (diakses 10 September 2026)

[40] Ekuatorial. (2026, 7 September). TPA Putri Cempo terbakar lagi, kerusakan tata kelola sampah ditanggung warga. https://www.ekuatorial.com/2026/09/tpa-putri-cempo-terbakar-lagi-kerusakan-tata-kelola-sampah-ditanggung-warga/ (diakses 10 September 2026)

[41] Ekuatorial. (2026, 7 September). TPA Putri Cempo terbakar lagi, kerusakan tata kelola sampah ditanggung warga. https://www.ekuatorial.com/2026/09/tpa-putri-cempo-terbakar-lagi-kerusakan-tata-kelola-sampah-ditanggung-warga/ (diakses 10 September 2026)

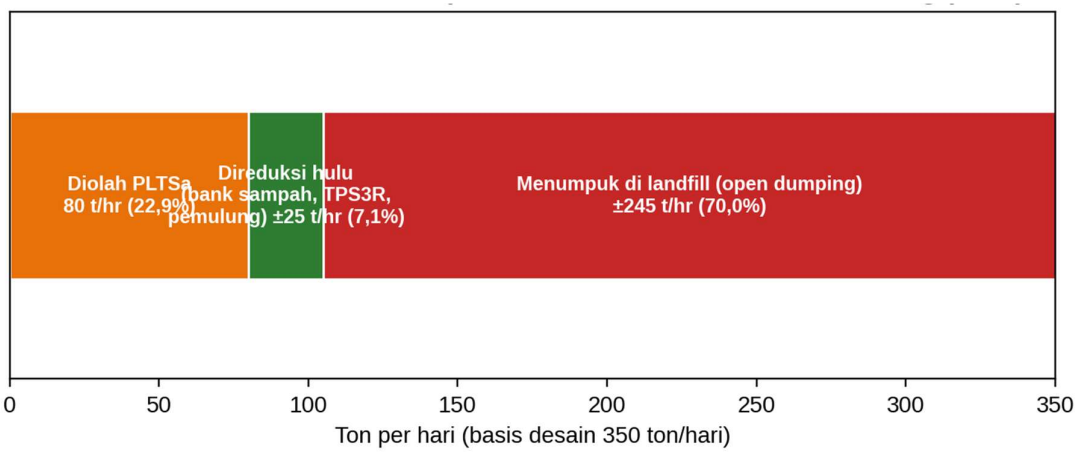
[42] Kompas.com. (2026d, 3 September). Kebakaran TPA Putri Cempo Solo, ada SUTET di tengah lokasi. https://regional.kompas.com/read/2026/09/03/065628078/kebakaran-tpa-putri-cempo-solo-ada-sutet-di-tengah-lokasi (diakses 10 September 2026)

[43] Solopos. (2026d, 1 September). Pemkot Solo punya waktu 1 bulan untuk akhiri open dumping di TPA Putri Cempo. https://solopos.espos.id/pemkot-solo-punya-waktu-1-bulan-untuk-akhiri-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-2247425 (diakses 10 September 2026)

[44] Solopos. (2026d, 1 September). Pemkot Solo punya waktu 1 bulan untuk akhiri open dumping di TPA Putri Cempo. https://solopos.espos.id/pemkot-solo-punya-waktu-1-bulan-untuk-akhiri-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-2247425 (diakses 10 September 2026)

[45] ANTARA News. (2026b, 4 September). KLH: Open dumping salah satu penyebab kebakaran TPA Putri Cempo. Kantor Berita ANTARA. https://www.antaranews.com/berita/5726256/klh-open-dumping-salah-satu-penyebab-kebakaran-tpa-putri-cempo (diakses 10 September 2026)

belum dapat dijadikan dasar penegakan[46]. Kesenjangan antara tenggat yang sangat dekat dan instrumen hukum daerah yang belum terbit inilah yang menjadikan seluruh rekomendasi kajian ini bersifat mendesak dan harus dibaca dalam kerangka kedaruratan.



Gambar 1. 2. Neraca Massa Sampah Kota Surakarta Kondisi Eksisting (2026)

Sumber: Diolah penulis (2026) dari PT Centra Rekayasa Enviro (2026); DPRD Kota Surakarta (2025a); Solopos (2026a).

1.3 Penelitian Terdahulu

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji pengelolaan sampah di TPA Putri Cempo dari berbagai sudut pandang. Novita Sari, Djumiarti, dan Yuniningsih (2024) melakukan penelitian deskriptif kualitatif mengenai manajemen pengelolaan sampah di TPA Putri Cempo dengan menggunakan kerangka fungsi manajemen dan menyimpulkan bahwa Dinas Lingkungan Hidup telah menjalankan perannya, tetapi masih memerlukan penguatan sosialisasi kepada masyarakat serta penerapan metode daur ulang untuk menekan timbulan. Pada aras kebijakan, Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta (2023) mengkaji dampak pembangunan PLTSa dan menyoroti pentingnya landfill mining sebagai cara rehabilitasi TPA yang tidak hanya menata ulang timbunan tetapi juga memanfaatkan kembali material di dalamnya. Sementara itu, Pratama dkk. (2024) menganalisis kinerja Bank Sampah Resik Kutho menggunakan analisis SWOT dan menemukan bahwa aspek pembiayaan dan teknik operasional bank sampah masih perlu diperbaiki. Ketiga penelitian tersebut memberikan pemahaman yang kaya mengenai aspek kelembagaan dan sosial, namun belum menyentuh perhitungan teknis dan ekonomi secara rinci. Kekosongan pada ranah kuantitatif inilah yang menjadi titik tolak penyusunan kajian ini.

Pada tataran nasional dan internasional, kajian mengenai pemulihan energi dari sampah telah berkembang pesat. Romianingsih (2023) memetakan dasar hukum dan kebijakan waste to energy di Indonesia serta mengidentifikasi tantangan pengembangannya, termasuk persoalan kelayakan teknis dan pembiayaan. Lombardi

[46] Solopos. (2026d, 1 September). Pemkot Solo punya waktu 1 bulan untuk akhiri open dumping di TPA Putri Cempo. https://solopos.espos.id/pemkot-solo-punya-waktu-1-bulan-untuk-akhiri-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-2247425 (diakses 10 September 2026)

dan Castaldi (2024) meninjau pemulihan energi dari sampah kota sisa dan menegaskan bahwa teknologi tersebut hanya optimal apabila didahului oleh pemilahan dan daur ulang yang memadai di hulu. Abubakar et al. (2022) menyimpulkan bahwa penerapan ekonomi sirkular dalam pengelolaan sampah padat memerlukan integrasi kebijakan, insentif ekonomi, dan partisipasi masyarakat secara simultan. Sementara itu, Aswadi, Jamal, Syahnur, dan Nasir (2023) menunjukkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia memiliki keterkaitan dengan pertumbuhan ekonomi sehingga investasi pada sektor ini memiliki justifikasi ekonomi. Literatur ini secara konsisten menempatkan pengolahan hulu sebagai prasyarat keberhasilan teknologi hilir, sebuah prinsip yang justru belum dijalankan secara serius di Kota Surakarta.

menunjukkan kadar air 41,80 hingga 57,70 persen dengan nilai kalor 470 hingga 1.232 kilokalori per kilogram, yang masih berada di bawah persyaratan SNI 8966:2021 sehingga memerlukan pencampuran dengan biomassa lain[47]. Secara kelembagaan, penelitian mutakhir menemukan bahwa bank sampah dan TPS3R menghadapi tantangan keberlanjutan bukan karena mekanisme kelembagaannya, melainkan karena ketergantungan pada motivasi individu[48]. Temuan-temuan ini memperkuat argumen bahwa pilihan teknologi harus disertai desain kelembagaan dan kepastian pasar.

Tabel 1. 1. Ringkasan Penelitian Terdahulu dan Posisi Kajian Ini

No.	Peneliti (Tahun)	Fokus dan Metode	Temuan Pokok	Yang Belum Dijawab
1	Novita Sari, Djumiarti, & Yuniningsih (2024)	Manajemen pengelolaan sampah TPA Putri Cempo; deskriptif kualitatif	Fungsi manajemen DLH telah berjalan; perlu penguatan sosialisasi dan daur ulang	Tidak ada perhitungan teknis kapasitas maupun analisis biaya-manfaat
2	Pusat Kajian Litbangda Kota Surakarta (2023)	Dampak pembangunan PLTSa Putri Cempo; kajian kebijakan	Landfill mining direkomendasikan sebagai opsi rehabilitasi TPA	Belum menyusun DED, kebutuhan alat, maupun skema pembiayaan
3	Pratama dkk. (2024)	Kinerja Bank Sampah Resik Kutho; SWOT kualitatif	Kekuatan internal memadai; pembiayaan dan teknik operasional lemah	Terbatas pada satu unit bank sampah; belum berskala kota
4	BRIDA Kota Surakarta (2024)	Potensi, realisasi, dan pendapatan retribusi kebersihan kota	Defisit pembiayaan sekitar Rp37,33 miliar per tahun; basis data wajib retribusi lemah	Fokus pada sisi penerimaan; belum menghitung kebutuhan investasi pengolahan
5	Romianingsih (2023)	Peluang dan tantangan waste to energy di Indonesia; kajian literatur	Regulasi mendukung, namun kelayakan teknis dan finansial menjadi hambatan	Bersifat nasional; tidak spesifik pada karakteristik sampah Kota Surakarta

[47] Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2021). Analisis nilai kalor bahan bakar jumputan padat berbasis sampah dan kesesuaiannya terhadap standar nasional. Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah. https://jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id/index.php/jip/ (diakses 12 Agustus 2026)

[48] Jurnal Ilmu Riset dan Reviu Pemerintahan. (2025). Tata kelola persampahan daerah dan tantangan implementasinya. https://jurnal.apmd.ac.id/index.php/JIRReG/ (diakses 12 Agustus 2026)

No.	Peneliti (Tahun)	Fokus dan Metode	Temuan Pokok	Yang Belum Dijawab
6	Lombardi & Castaldi (2024)	Pemulihan energi dari sampah kota sisa; tinjauan sistematis	Pemulihan energi efektif hanya jika didahului pemilahan dan daur ulang hulu	Konteks negara maju; belum diadaptasi ke kota padat berpendapatan menengah
7	Kajian ini (2026)	Analisis teknis, ekonomi, DED indikatif, dan skema pembiayaan; deskriptif kuantitatif berbasis data sekunder	Skenario terpadu menurunkan timbunan TPA hingga 81,2 persen pada 2030	—

Sumber: Diolah penulis (2026) dari berbagai sumber sebagaimana tercantum dalam Daftar Pustaka.

1.4 Kesenjangan Penelitian (Research Gap)

Berdasarkan penelusuran literatur di atas, terdapat empat kesenjangan yang belum terjawab oleh penelitian terdahulu. Pertama, sebagian besar kajian mengenai TPA Putri Cempo berhenti pada analisis kelembagaan dan kebijakan tanpa menghasilkan angka teknis yang dapat langsung dieksekusi, sebagaimana terlihat pada penelitian Novita Sari, Djumiarti, dan Yuniningsih (2024) yang bersifat deskriptif kualitatif. Kedua, kajian mengenai pembiayaan yang dilakukan BRIDA Kota Surakarta (2024) berfokus pada sisi penerimaan retribusi dan belum menghitung kebutuhan investasi untuk membangun kapasitas pengolahan. Ketiga, literatur teknologi seperti kajian Lombardi dan Castaldi (2024) dan Romianingsih (2023) memberikan prinsip umum tanpa menerjemahkannya ke dalam spesifikasi peralatan, tata letak, dan estimasi biaya yang sesuai karakteristik sampah lokal. Keempat, belum ada kajian yang secara eksplisit menautkan penanganan TPA Putri Cempo dengan kerangka RPJMD Kota Surakarta 2025–2029 dan Asta Cita Surakarta sebagai instrumen perencanaan resmi daerah. Kesenjangan-kesenjangan tersebut menyebabkan pemangku kepentingan tidak memiliki dokumen rujukan tunggal yang memadukan dimensi teknis, ekonomi, hukum, dan sosial.

Kesenjangan tersebut menjadi semakin problematis apabila dikaitkan dengan tenggat kepatuhan hukum yang sangat ketat. Kementerian Lingkungan Hidup telah menerbitkan 314 surat keputusan sanksi administratif terkait pengelolaan TPA, dan menetapkan 31 Juli 2026 sebagai batas waktu penghentian open dumping[49]. Pemerintah Kota Surakarta sendiri telah menerima sanksi tersebut sejak 30 Maret 2026 dan diminta menyusun rencana aksi konkret[50]. Dalam situasi tersebut, dokumen kajian yang hanya berisi rekomendasi normatif tanpa angka biaya dan spesifikasi teknis tidak akan mampu menjadi dasar penganggaran maupun pengadaan. Padahal, literatur mengenai kebijakan sampah yang adaptif menekankan bahwa

[49] Kompas.id. (2026). 314 sanksi administratif diterbitkan terkait pengelolaan TPA. https://www.kompas.id/artikel/314-sanksi-administratif-diterbitkan-terkait-pengelolaan-tpa (diakses 12 Agustus 2026)

[50] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)

1.5 Kebaruan Penelitian (Novelty)

Kebaruan kajian ini terletak pada empat aspek yang saling melengkapi. Pertama, kajian ini merupakan upaya pertama yang menyusun neraca massa sampah Kota Surakarta secara utuh dari hulu hingga hilir dan menerjemahkannya menjadi kebutuhan unit peralatan yang spesifik, berbeda dengan kajian terdahulu yang berhenti pada deskripsi kualitatif[51]. Kedua, kajian ini menyajikan rekayasa rinci indikatif berupa tata letak TPST, diagram alir proses, dan sketsa peralatan yang dapat langsung dijadikan bahan penyusunan kerangka acuan kerja oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang. Ketiga, kajian ini menyusun enam opsi skema pembiayaan yang telah disesuaikan dengan kerangka hukum terbaru, khususnya Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025 yang mencabut Peraturan Presiden Nomor 35 Tahun 2018 dan menegaskan peran Danantara dalam pembangunan fasilitas pengolah sampah menjadi energi listrik[52]. Keempat, kajian ini secara eksplisit memasukkan mekanisme transisi berkeadilan bagi 287 pemulung yang terdampak, sebuah dimensi yang belum pernah diintegrasikan ke dalam perhitungan biaya operasional pada kajian sebelumnya[53]. Kombinasi keempat aspek tersebut menjadikan kajian ini bersifat operasional, bukan sekadar normatif.

1.6 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, fakta lapangan, dan kesenjangan penelitian, dirumuskan lima pertanyaan pokok yang akan dijawab dalam kajian ini.

1. Bagaimana karakteristik dan neraca massa sampah Kota Surakarta serta seberapa besar kesenjangan antara timbulan dan kapasitas pengolahan yang tersedia di TPA Putri Cempo?
2. Skema atau skenario pemrosesan jenis sampah apa yang paling sesuai dengan karakteristik sampah dan masyarakat Kota Surakarta, dan berapa kebutuhan teknis peralatan serta rekayasa rincinya?
3. Berapa besar kebutuhan biaya investasi dan operasional serta bagaimana kelayakan ekonomi dari setiap skenario penanganan yang diusulkan?
4. Opsi skema pembiayaan apa saja yang memungkinkan untuk membiayai penanganan tumpukan sampah di TPA Putri Cempo beserta kelebihan dan kekurangannya?
5. Bagaimana strategi implementasi, pembagian peran antarperangkat daerah, dan peta jalan pelaksanaan agar timbunan sampah di TPA Putri Cempo dapat berkurang secara drastis?

---

[51] Novita Sari, D., Djumiarti, T., & Yuniningsih, T. (2024). Implementasi kebijakan pengelolaan sampah di Kota Surakarta. Journal of Public Policy and Management Review, 13(3). https://doi.org/10.14710/jppmr.v13i3.44784

[52] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2025). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2025 tentang Penanganan Sampah Perkotaan melalui Pengolahan Sampah menjadi Energi Terbarukan Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan. https://kemenlh.go.id/news/detail/presiden-tetapkan-perpres-1092025-langkah-nyata-atasi-sampah-perkotaan (diakses 12 Agustus 2026)

[53] Solopos. (2026b, April). Ratusan pemulung terimbas penghentian open dumping di TPA Putri Cempo Solo. https://solopos.espos.id/ratusan-pemulung-terimbas-penghentian-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-solo-2210127 (diakses 12 Agustus 2026)

1.7 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, kajian ini memiliki lima tujuan yang akan menjadi struktur pembahasan pada Bab V.

1. Menganalisis karakteristik dan neraca massa sampah Kota Surakarta serta mengukur besaran kesenjangan antara timbulan dan kapasitas pengolahan di TPA Putri Cempo.
2. Merumuskan skema pemrosesan jenis sampah beserta perhitungan teknis kebutuhan peralatan dan rekayasa rinci indikatif yang sesuai dengan karakteristik sampah dan masyarakat Kota Surakarta.
3. Menghitung kebutuhan biaya investasi dan operasional serta menilai kelayakan ekonomi setiap skenario penanganan yang diusulkan.
4. Menyusun opsi skema pembiayaan yang memungkinkan beserta analisis kelebihan, kekurangan, dan prasyarat penerapannya.
5. Menyusun strategi implementasi, pembagian peran antarperangkat daerah, dan peta jalan pelaksanaan penanganan tumpukan sampah di TPA Putri Cempo.

1.8 Manfaat Penelitian

1.8.1 Manfaat Teoretis

Secara teoretis, kajian ini memberikan kontribusi pada pengembangan penerapan Material Flow Analysis dan analisis biaya-manfaat pada konteks kota padat berpendapatan menengah di Indonesia. Kajian ini juga memperkaya khazanah literatur mengenai kegagalan implementasi teknologi waste to energy dan pelajaran yang dapat dipetik darinya, sebagaimana disarankan Lombardi dan Castaldi (2024) yang menekankan pentingnya prasyarat pemilahan hulu. Selain itu, kajian ini menguji secara empiris proposisi ekonomi sirkular yang menyatakan bahwa sampah dapat menjadi sumber daya apabila didukung integrasi kebijakan dan insentif[54]. Hasil kajian dapat digunakan sebagai rujukan pembanding bagi peneliti lain yang menelaah kota dengan karakteristik serupa, yaitu keterbatasan lahan disertai kepadatan penduduk tinggi. Dengan demikian, kajian ini berfungsi sekaligus sebagai studi kasus dan sebagai kerangka metodologis yang dapat direplikasi.

1.8.2 Manfaat Praktis

Secara praktis, kajian ini menyediakan bahan siap pakai bagi Pemerintah Kota Surakarta dalam menyusun rencana aksi penghentian open dumping yang diminta oleh Kementerian Lingkungan Hidup[55]. Dinas Lingkungan Hidup dapat memanfaatkan perhitungan kebutuhan peralatan dan estimasi biaya sebagai dasar penyusunan

[54] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

[55] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)

rencana kerja dan anggaran. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah dapat menggunakan peta jalan dan opsi pembiayaan sebagai bahan penyusunan Rencana Kerja Pemerintah Daerah tahunan yang selaras dengan RPJMD Kota Surakarta 2025–2029[56]. Dewan Perwakilan Rakyat Daerah dapat memanfaatkan dokumen ini sebagai instrumen pengawasan berbasis angka terhadap kinerja pengelolaan sampah, melanjutkan perhatian yang selama ini telah ditunjukkan[57]. Masyarakat, akademisi, dan organisasi masyarakat sipil juga memperoleh dokumen rujukan yang transparan untuk mendorong akuntabilitas publik.

1.9 Ruang Lingkup

Ruang lingkup kajian ini mencakup wilayah administratif Kota Surakarta yang terdiri atas lima kecamatan dengan lokus utama pada TPA dan PLTSa Putri Cempo di Kelurahan Mojosongo, Kecamatan Jebres. Objek kajian dibatasi pada sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga sebagaimana didefinisikan dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, termasuk sampah dari pasar, kawasan komersial, fasilitas umum, dan fasilitas sosial. Lingkup analisis meliputi tiga dimensi utama, yaitu dimensi teknis berupa neraca massa dan kebutuhan peralatan, dimensi ekonomi berupa biaya investasi, biaya operasional, dan kelayakan finansial, serta dimensi kelembagaan berupa pembagian peran perangkat daerah dan skema pembiayaan. Horizon perencanaan yang digunakan adalah tahun 2026 hingga 2030 agar selaras dengan periode RPJMD Kota Surakarta 2025–2029 dan tenggat kepatuhan nasional. Seluruh analisis disusun berbasis data sekunder yang bersifat terbuka dan dapat diverifikasi kembali.

1.10 Batasan Kajian

Kajian ini memiliki sejumlah batasan yang perlu dinyatakan secara terbuka agar pembaca dapat menempatkan hasilnya secara proporsional. Pertama, kajian tidak menggunakan data primer berupa survei timbulan dan komposisi sampah dengan metode sampling lapangan sesuai SNI 19-3964-1994, sehingga komposisi sampah yang digunakan merupakan gabungan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, data Dinas Lingkungan Hidup, dan rujukan sekunder lainnya. Kedua, kajian tidak melakukan wawancara maupun penyebaran kuesioner sehingga aspek persepsi dan kesediaan membayar masyarakat tidak diukur secara langsung. Ketiga, seluruh estimasi biaya bersifat indikatif pada tingkat studi kelayakan awal dengan rentang ketelitian sekitar minus dua puluh hingga plus tiga puluh persen, sehingga masih memerlukan validasi melalui survei harga pasar dan penyusunan Harga Perkiraan Sendiri. Keempat, rekayasa rinci yang disajikan bersifat indikatif dan belum menggantikan dokumen Detail Engineering Design bersertifikat yang harus disusun oleh konsultan perencana bersertifikasi. Kelima, kajian ini tidak menilai aspek hukum

[56] Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025b). Wali Kota Surakarta paparkan lima misi pembangunan dalam Ranwal RPJMD 2025–2029. https://dprd.surakarta.go.id/wali-kota-surakarta-paparkan-lima-misi-pembangunan-dalam-ranwal-rpjmd-2025-2029/ (diakses 12 Agustus 2026)

[57] Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025a). Kinerja PLTSa masih jauh dari harapan, DPRD Kota Surakarta desak percepatan pengolahan sampah. https://dprd.surakarta.go.id/kinerja-pltsa-masih-jauh-dari-harapan-dprd-kota-surakarta-desak-percepatan-pengolahan-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)

kontraktual perjanjian kerja sama antara Pemerintah Kota Surakarta dan PT Solo Citra Metro Plasma Power karena dokumen perjanjian tersebut tidak tersedia untuk publik.

1.11 Dasar Hukum dan Kebijakan

1.11.1 Landasan Hukum Berjenjang

Kajian ini disusun dengan berpijak pada peraturan perundang-undangan yang berlaku dan disusun menurut hirarki dari yang tertinggi hingga terendah sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan beserta perubahannya. Landasan utama adalah Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah yang melarang praktik open dumping dan mengancam pelanggarnya melalui Pasal 40 dan Pasal 41[58]. Pada tataran peraturan presiden, telah terbit Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025 tentang Penanganan Sampah Perkotaan Melalui Pengolahan Sampah Menjadi Energi Terbarukan Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan yang mencabut Peraturan Presiden Nomor 35 Tahun 2018[59]. Pada tataran daerah, Kota Surakarta telah memiliki Peraturan Daerah Nomor 4 Tahun 2022 tentang Pengelolaan Sampah dan Peraturan Daerah Nomor 4 Tahun 2025 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup[60]. Seluruh peraturan yang dikutip dalam kajian ini telah dipastikan merupakan peraturan yang masih berlaku dan belum dicabut.

Tabel 1. 2. Landasan Hukum Berjenjang Kajian

No.	Jenis dan Nomor Peraturan	Perihal	Relevansi terhadap Kajian
1	Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008	Pengelolaan Sampah	Larangan open dumping; kewajiban pengurangan dan penanganan sampah; sanksi Pasal 40 dan 41
2	Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009	Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup	Dasar sanksi administratif paksaan pemerintah dan penegakan hukum lingkungan
3	Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014	Pemerintahan Daerah	Pembagian urusan wajib pelayanan dasar bidang persampahan pada pemerintah kota
4	Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2022	Hubungan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan Pemerintahan Daerah	Dasar penataan retribusi pelayanan persampahan dan skema pembiayaan daerah
5	Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2020	Pengelolaan Sampah Spesifik	Pengaturan sampah spesifik termasuk B3 rumah tangga yang harus dipisahkan

[58] Rakyat Bekasi. (2026). Menteri LH Hanif Faisol Nurofiq tegaskan 2026 batas akhir open dumping TPA. https://rakyatbekasi.com/menteri-lh-hanif-faisol-nurofiq-tegaskan-2026-batas-akhir-open-dumping-tpa/ (diakses 12 Agustus 2026)

[59] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2025). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2025 tentang Penanganan Sampah Perkotaan melalui Pengolahan Sampah menjadi Energi Terbarukan Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan. https://kemenlh.go.id/news/detail/presiden-tetapkan-perpres-1092025-langkah-nyata-atasi-sampah-perkotaan (diakses 12 Agustus 2026)

[60] Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia. (2025). Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 4 Tahun 2025 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum BPK. https://peraturan.bpk.go.id/Details/322664/perda-kota-surakarta-no-4-tahun-2025 (diakses 12 Agustus 2026)

No.	Jenis dan Nomor Peraturan	Perihal	Relevansi terhadap Kajian
6	Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021	Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup	Persyaratan persetujuan lingkungan bagi pembangunan fasilitas pengolahan
7	Peraturan Presiden Nomor 97 Tahun 2017	Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga	Target pengurangan 30 persen dan penanganan 70 persen sebagai acuan kinerja
8	Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025	Penanganan Sampah Perkotaan Melalui Pengolahan Sampah Menjadi Energi Terbarukan Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan	Mencabut Perpres 35/2018; membuka skema PSE, PSEL, dan peran Danantara
9	Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 4 Tahun 2022	Pengelolaan Sampah	Kewajiban dan hak masyarakat, pembiayaan, insentif-disinsentif, kerja sama
10	Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 14 Tahun 2023	Pajak Daerah dan Retribusi Daerah	Dasar penetapan tarif retribusi pelayanan persampahan/kebersihan
11	Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 4 Tahun 2025	Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup	Pengaturan pengelolaan sampah, limbah, inventarisasi emisi GRK, dan pengawasan
12	SNI 8966:2021	Bahan Bakar Jumputan Padat	Standar mutu produk RDF, termasuk kadar air dan nilai kalor minimum

Sumber: Diolah penulis (2026) dari Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum Kota Surakarta, Basis Data Peraturan Badan Pemeriksa Keuangan, dan Kementerian Lingkungan Hidup (2025).



Tabel 1. 3. Hirarki Dasar Hukum Kajian (Tertinggi ke Terendah)

Sumber: Diolah penulis (2026) dari basis data peraturan Badan Pemeriksa Keuangan dan JDIH Kota Surakarta, diakses 12 Agustus 2026.

1.11.2 Sinkronisasi dengan Dokumen Perencanaan Daerah

Kajian ini disusun agar sepenuhnya selaras dengan dokumen perencanaan pembangunan Kota Surakarta. Visi pembangunan Kota Surakarta tahun 2025–2029 adalah Gotong Royong Mewujudkan Surakarta Berbudaya, Maju, Sejahtera dan Berkelanjutan, dengan lima misi yang mencakup misi kelima mengenai ketahanan kota dan kerja sama antarwilayah yang terpadu dan berkelanjutan[61]. Wali Kota Surakarta menyampaikan bahwa terdapat tujuh tujuan utama dan tiga belas sasaran dalam RPJMD, termasuk peningkatan kualitas lingkungan dan infrastruktur[62]. Selain itu, Wali Kota dan Wakil Wali Kota mengusung delapan program prioritas daerah bertajuk Asta Cita Surakarta yang merupakan penerjemahan program kampanye ke dalam bahasa program pembangunan[63]. Penanganan sampah juga telah dinyatakan sebagai salah satu program prioritas utama Kota Surakarta oleh Wali Kota[64]. Dengan demikian, seluruh usulan dalam kajian ini dapat langsung diletakkan pada kerangka program yang telah memiliki payung perencanaan resmi.

Tabel 1.3 Keselarasan Kajian dengan RPJMD Kota Surakarta 2025–2029 dan Asta Cita Surakarta

Dokumen Rujukan	Muatan yang Relevan	Kontribusi Kajian Ini
Visi RPJMD 2025–2029	Gotong Royong Mewujudkan Surakarta Berbudaya, Maju, Sejahtera dan Berkelanjutan	Skenario terpadu bertumpu pada gerakan pilah sampah berbasis RT/RW sebagai wujud gotong royong; menjamin keberlanjutan lingkungan kota
Misi kelima RPJMD	Ketahanan Kota dan Kerja Sama Antarwilayah yang Terpadu dan Berkelanjutan	Peta jalan memuat kerja sama regional Solo Raya untuk pengolahan sampah dan pemasaran RDF
Misi ketiga RPJMD	Daya Saing Ekonomi	Produk maggot, kompos, RDF, dan material daur ulang menciptakan rantai nilai ekonomi sirkular dan lapangan kerja baru
Misi keempat RPJMD	Inovasi Birokrasi untuk Pelayanan Publik yang Adaptif dan Inklusif	Digitalisasi retribusi melalui DILARISI dan pencatatan timbangan digital sebagai basis kebijakan berbasis data
Asta Cita Surakarta	Delapan program prioritas daerah termasuk bidang ekonomi, kesehatan, dan tenaga kerja	Transisi berkeadilan 287 pemulung menjadi tenaga kerja formal bersertifikat; perbaikan kualitas kesehatan lingkungan permukiman
Prioritas Wali Kota 2026	Pengelolaan sampah ditetapkan sebagai program prioritas utama	Menyediakan angka teknis dan angka biaya sebagai dasar penganggaran program prioritas tersebut

[61] Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025b). Wali Kota Surakarta paparkan lima misi pembangunan dalam Ranwal RPJMD 2025–2029. https://dprd.surakarta.go.id/wali-kota-surakarta-paparkan-lima-misi-pembangunan-dalam-ranwal-rpjmd-2025-2029/ (diakses 12 Agustus 2026)

[62] Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025b). Wali Kota Surakarta paparkan lima misi pembangunan dalam Ranwal RPJMD 2025–2029. https://dprd.surakarta.go.id/wali-kota-surakarta-paparkan-lima-misi-pembangunan-dalam-ranwal-rpjmd-2025-2029/ (diakses 12 Agustus 2026)

[63] Suara Merdeka Solo. (2025). Asta Cita Surakarta: Konsep Respati–Astrid adopsi Asta Cita Prabowo–Gibran. https://solo.suaramerdeka.com/solo-raya/0514527125/ (diakses 12 Agustus 2026)

[64] Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta. (2026). Perkuat pengelolaan sampah, Wali Kota Surakarta sambangi Dinas Lingkungan Hidup. https://dlh.surakarta.go.id/ (diakses 12 Agustus 2026)

Sumber: Diolah penulis (2026) dari DPRD Kota Surakarta (2025b); Suara Merdeka Solo (2025); Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta (2026).

1.11.3 Kebijakan Nasional dan Provinsi yang Relevan

Pada tataran nasional, pemerintah menargetkan seluruh sampah terkelola seratus persen pada tahun 2029 sesuai Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional[65]. Kementerian Lingkungan Hidup menyatakan bahwa tingkat pengelolaan sampah nasional saat ini baru mencapai 26 persen, dan apabila seluruh TPA open dumping berhasil diakhiri maka tingkat pengelolaan dapat mencapai 57,75 persen[66]. Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025 memperluas cakupan pengolahan sampah menjadi empat bentuk, yaitu energi listrik, bioenergi, bahan bakar minyak terbarukan, dan produk ikutan lainnya, serta menegaskan bahwa pelaksanaannya didasarkan pada kriteria dan tidak lagi terbatas pada dua belas lokasi prioritas[67]. Menteri Koordinator Bidang Pangan menegaskan bahwa penghentian open dumping bukan lagi imbauan melainkan kewajiban yang harus dipatuhi seluruh daerah[68]. Kerangka kebijakan nasional ini membuka peluang pendanaan sekaligus menciptakan tekanan waktu yang harus direspons Kota Surakarta secara cepat dan terukur.

Perkembangan regulasi sepanjang tahun 2026 turut mempertegas kerangka kepatuhan yang mengikat Kota Surakarta. Pada tataran daerah, seluruh arah kebijakan kajian ini bersandar pada Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 9 Tahun 2025 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Tahun 2025–2029 yang memuat visi pembangunan dan delapan prioritas daerah Asta Cita Surakarta[69]. Pada tataran nasional, Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025 tentang Penanganan Sampah Perkotaan melalui Pengolahan Sampah menjadi Energi Terbarukan Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan telah mencabut Peraturan Presiden Nomor 35 Tahun 2018 dan memperluas jalur pengolahan sampah menjadi empat bentuk, yaitu listrik, bioenergi, bahan bakar minyak terbarukan, serta produk ikutan lainnya[70]. Perlu dicatat bahwa fokus peraturan tersebut diarahkan pada kota metropolitan dan kota besar dengan timbulan di atas 1.000 ton per hari, sehingga Kota Surakarta yang berada pada kisaran 300 hingga 400 ton per hari tidak berada pada kelompok sasaran utama jalur pengolahan sampah menjadi energi listrik[71]. Temuan

---

[65] Kompas.id. (2026). 314 sanksi administratif diterbitkan terkait pengelolaan TPA. https://www.kompas.id/artikel/314-sanksi-administratif-diterbitkan-terkait-pengelolaan-tpa (diakses 12 Agustus 2026)

[66] Espos.id. (2026, Mei). Lewat Juli 2026 masih terapkan open dumping, ancamannya pidana. https://eco.espos.id/lewat-juli-2026-masih-terapkan-open-dumping-ancamannya-pidana-2205313 (diakses 12 Agustus 2026)

[67] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2025). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2025 tentang Penanganan Sampah Perkotaan melalui Pengolahan Sampah menjadi Energi Terbarukan Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan. https://kemenlh.go.id/news/detail/presiden-tetapkan-perpres-1092025-langkah-nyata-atasi-sampah-perkotaan (diakses 12 Agustus 2026)

[68] Media Indonesia. (2026). Pemda yang tak tutup open dumping hingga 2026 akan dikenakan sanksi. https://mediaindonesia.com/humaniora/864170/ (diakses 12 Agustus 2026)

[69] Pemerintah Kota Surakarta. (2025). Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 9 Tahun 2025 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Tahun 2025–2029. Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum Kota Surakarta. https://jdih.surakarta.go.id/ (diakses 10 September 2026)

[70] ANTARA News. (2025, 15 Oktober). Prabowo terbitkan Perpres Nomor 109/2025 tentang olah sampah jadi energi. Kantor Berita ANTARA. https://www.antaranews.com/berita/5175717/prabowo-terbitkan-perpres-nomor-109-2025-tentang-olah-sampah-jadi-energi (diakses 10 September 2026)

[71] Kompas.com. (2025, 16 Oktober). Sampah jadi energi, Prabowo teken Perpres percepat proyek pembangkit listrik dari limbah. https://lestari.kompas.com/read/2025/10/16/074134386/sampah-jadi-energi-prabowo-teken-perpres-percepat-proyek-pembangkit-listrik (diakses 10 September 2026)

ini memperkuat argumen kajian bahwa jalur pengurangan di hulu dan pengolahan berbasis bahan bakar jumputan padat lebih tepat bagi Kota Surakarta dibandingkan penambahan kapasitas pembangkit. Selain itu, Surat Edaran Menteri Lingkungan Hidup/Kepala Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2026 mewajibkan pemerintah daerah menghentikan pemasukan sampah organik ke TPA dan hanya menerima residu, yang secara langsung menjadi dasar operasional bagi rekomendasi pembatasan muatan pada jembatan timbang dalam kajian ini[72].

1.12 Sistematika Penulisan

Dokumen kajian ini disusun dalam enam bab yang saling berkaitan secara logis. Bab I Pendahuluan memuat latar belakang masalah, fakta dan fenomena, penelitian terdahulu, kesenjangan penelitian, kebaruan, rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup, batasan, dasar hukum, dan sistematika penulisan. Bab II Tinjauan Teori menguraikan konsep dan teori yang relevan, perbandingan teknologi pengolahan sampah, studi terdahulu dan praktik terbaik dari kota pembanding, serta kerangka pikir kajian. Bab III Metodologi menjelaskan jenis dan pendekatan penelitian, lokasi, waktu, unit analisis, teknik pengumpulan data, instrumen, teknik analisis, keabsahan data, dan alur kerja kajian. Bab IV Gambaran Umum Wilayah menyajikan kondisi geografis, demografis, sosial-ekonomi, infrastruktur persampahan, dan profil spesifik TPA serta PLTSa Putri Cempo. Bab V Hasil dan Pembahasan berisi lima sub-bab yang menjawab lima tujuan kajian secara berurutan, sedangkan Bab VI Penutup memuat kesimpulan, rekomendasi penelitian, rekomendasi kebijakan, dan saran penyempurnaan.

[72] ANTARA News. (2026b, 4 September). KLH: Open dumping salah satu penyebab kebakaran TPA Putri Cempo. Kantor Berita ANTARA. https://www.antaranews.com/berita/5726256/klh-open-dumping-salah-satu-penyebab-kebakaran-tpa-putri-cempo (diakses 10 September 2026)

BAB II TINJAUAN TEORI

2.1 Konsep Pengelolaan Sampah dan Hirarki Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah dalam literatur teknik lingkungan didefinisikan sebagai rangkaian kegiatan sistematis yang mencakup pengendalian timbulan, penyimpanan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan akhir sampah dengan prinsip yang selaras terhadap kesehatan masyarakat, ekonomi, teknik, konservasi, estetika, dan pertimbangan lingkungan[73]. Kerangka klasik tersebut hingga kini tetap menjadi rujukan utama karena menempatkan pengelolaan sampah sebagai sistem yang utuh, bukan sebagai rangkaian kegiatan yang terpisah. Di Indonesia, definisi tersebut telah diadopsi melalui Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah yang membagi kegiatan menjadi dua pilar besar, yaitu pengurangan sampah dan penanganan sampah. Kajian sistematis terkini menegaskan bahwa kegagalan pengelolaan sampah di negara berkembang umumnya terjadi karena pilar pengurangan diabaikan dan seluruh beban dilimpahkan pada pilar penanganan[74]. Pandangan ini sangat relevan dengan situasi Kota Surakarta yang selama ini bertumpu pada pengangkutan menuju satu tempat pemrosesan akhir tunggal[75].

Hirarki pengelolaan sampah merupakan kerangka normatif yang menyusun prioritas penanganan dari yang paling diutamakan hingga yang paling dihindari. Urutan tersebut dimulai dari pencegahan, pengurangan di sumber, guna ulang, daur ulang, pemulihan energi, dan penimbunan akhir sebagai pilihan terakhir[76]. Literatur mutakhir menegaskan bahwa pemulihan energi dari sampah kota hanya memberikan hasil optimal apabila didahului oleh pemilahan dan daur ulang yang memadai, karena kandungan air yang tinggi pada sampah tercampur akan menurunkan nilai kalor secara drastis[77]. Prinsip yang sama ditemukan pada kajian teknologi pengolahan sampah menjadi energi di Indonesia yang menyimpulkan bahwa kelayakan teknis sangat ditentukan oleh mutu bahan baku yang masuk[78]. Dalam praktiknya, PLTSa Putri Cempo mengalami persoalan serupa karena sampah yang masuk masih dalam kondisi tercampur dan berkadar air tinggi[79]. Oleh karena itu, penerapan hirarki

---

[73] Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues. McGraw-Hill.

[74] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

[75] Novita Sari, D., Djumiarti, T., & Yuniningsih, T. (2024). Implementasi kebijakan pengelolaan sampah di Kota Surakarta. Journal of Public Policy and Management Review, 13(3). https://doi.org/10.14710/jppmr.v13i3.44784

[76] Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues. McGraw-Hill.

[77] Lombardi, L., & Castaldi, M. J. (2024). Energy recovery from residual municipal solid waste: State of the art and perspectives within the challenge to climate change. Energies, 17(2), 395. https://doi.org/10.3390/en17020395

[78] Romianingsih, N. (2023). Analisis kelayakan finansial fasilitas pengolahan sampah terpadu di daerah perkotaan. Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/ (diakses 12 Agustus 2026)

[79] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

pengelolaan sampah secara disiplin merupakan prasyarat mutlak bagi keberhasilan investasi teknologi di hilir.



Gambar 2. 1. Hirarki Pengelolaan Sampah (Waste Management Hierarchy)

Sumber: Diolah penulis (2026) dari Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993); Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008; Lombardi dan Castaldi (2024).

2.2 Teori Ekonomi Sirkular

Ekonomi sirkular merupakan paradigma yang menggantikan model linear ambil-pakai-buang dengan model tertutup yang mempertahankan nilai material selama mungkin di dalam siklus ekonomi. Kajian komprehensif mengenai ekonomi sirkular dalam pengelolaan sampah padat menemukan bahwa penerapannya memerlukan integrasi simultan antara kebijakan, insentif ekonomi, dan partisipasi masyarakat, sehingga pendekatan teknologi semata tidak akan berhasil[80]. Prinsip ini sejalan dengan pernyataan Wali Kota Surakarta yang menegaskan perlunya beralih dari sistem linear menuju sistem sirkular yang dimulai dari hulu[81]. Dalam konteks persampahan kota, ekonomi sirkular diwujudkan melalui empat aliran utama, yaitu biokonversi sampah organik, daur ulang material anorganik, pemulihan energi dari fraksi berkalori tinggi, dan pemulihan lahan melalui landfill mining. Penelitian mengenai biokonversi maggot menunjukkan bahwa proses ini menghasilkan produk bernilai ekonomi berupa pakan ternak berprotein tinggi dan pupuk organik sekaligus mengurangi beban sampah organik[82]. Dengan demikian, ekonomi sirkular bukan sekadar retorika lingkungan melainkan strategi penciptaan nilai ekonomi yang terukur.

---

[80] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

[81] Solopos. (2026c). TPA Putri Cempo kritis, Pemkot Solo gandeng kampus kurangi sampah. https://solopos.espos.id/tpa-putri-cempo-kritis-pemkot-solo-gandeng-kampus-kurangi-sampah-2221067 (diakses 12 Agustus 2026)

[82] Kusumaningsih, D. (2024). Analisis kelayakan usaha budidaya maggot Black Soldier Fly sebagai solusi pengelolaan sampah organik. Jurnal Serambi Engineering, 6(4). https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3518

ditekan[83]. Pengalaman Kabupaten Malang menunjukkan bahwa produk bahan bakar jumputan padat hasil landfill mining dibeli oleh PT Semen Indonesia dengan harga sekitar Rp400.000 per ton dan pendapatannya masuk sebagai pendapatan asli daerah[84]. Studi mengenai biokonversi maggot pada TPS3R juga memperlihatkan potensi pendapatan tahunan yang melampaui biaya operasional sehingga menghasilkan nilai bersih sekarang yang positif[85]. Namun demikian, keberlanjutan model ini sangat bergantung pada kepastian pasar dan kualitas produk yang konsisten[86]. Oleh karena itu, kajian ini menempatkan perjanjian pembelian jangka panjang sebagai komponen yang tidak dapat dipisahkan dari desain teknis.

2.3 Material Flow Analysis sebagai Alat Analisis

Material Flow Analysis merupakan metode kuantitatif yang menelusuri aliran dan simpanan material dalam suatu sistem yang dibatasi secara ruang dan waktu, dengan prinsip kekekalan massa sebagai dasar perhitungannya. Metode ini sangat sesuai untuk kajian persampahan kota karena mampu memperlihatkan secara jelas di titik mana kebocoran sistem terjadi dan seberapa besar volumenya. Dalam konteks Kota Surakarta, penerapan metode ini memungkinkan pemetaan aliran dari timbulan di sumber, pengangkutan, pengolahan di PLTSa, hingga sisa yang tertimbun di landfill. Keunggulan metode ini adalah kesederhanaannya karena hanya memerlukan data timbulan, komposisi, dan efisiensi setiap unit proses yang seluruhnya tersedia sebagai data sekunder[87]. Kajian karakterisasi sampah untuk keperluan energi juga menggunakan pendekatan serupa dalam menghitung potensi pemanfaatan sampah kota di Indonesia[88]. Metode ini karena itu dipilih sebagai tulang punggung analisis teknis dalam kajian yang disusun tanpa anggaran khusus ini.

2.4 Teknologi Pengolahan Sampah yang Relevan

2.4.1 Biokonversi Sampah Organik dengan Larva Black Soldier Fly

Biokonversi menggunakan larva Black Soldier Fly atau Hermetia illucens merupakan teknologi pengolahan sampah organik yang relatif sederhana, murah, dan sesuai untuk skala komunitas hingga skala komersial. Larva ini mampu mendegradasi sampah organik seperti sayuran, buah, dan sisa makanan dengan cepat menjadi biomassa berprotein tinggi untuk pakan ternak serta pupuk tanaman, dengan hasil

---

[83] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

[84] Times Indonesia. (2025). Pengolahan sampah landfill mining di TPA Paras: Sanusi sebut sampah RDF jadi sumber PAD. https://www.times.co.id/pengolahan-sampah-landfill-mining-di-tpa-paras-sanusi-sampah-rdf-jadi-sumber-pad (diakses 12 Agustus 2026)

[85] Jurnal Purifikasi. (2023). Perencanaan pengembangan pengolahan sampah organik skala TPS3R. Jurnal Purifikasi. https://purifikasi.id/index.php/purifikasi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[86] Kusumaningsih, D. (2024). Analisis kelayakan usaha budidaya maggot Black Soldier Fly sebagai solusi pengelolaan sampah organik. Jurnal Serambi Engineering, 6(4). https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3518

[87] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[88] Romianingsih, N. (2023). Analisis kelayakan finansial fasilitas pengolahan sampah terpadu di daerah perkotaan. Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/ (diakses 12 Agustus 2026)

maggot segar sekitar 10 hingga 15 persen dari sampah yang diberikan dalam waktu kurang dari tiga minggu[89].

2.4.2 Komposting dan Pengolahan Organik Skala Kawasan

Komposting merupakan teknologi pengolahan biologis aerobik yang paling banyak diterapkan pada skala kawasan di Indonesia karena kebutuhan investasinya rendah dan pengoperasiannya mudah dipahami masyarakat. Metode windrow terbuka atau beratap dengan pembalikan berkala merupakan pilihan yang paling ekonomis untuk kapasitas menengah, sedangkan metode dengan aerasi paksa memberikan waktu proses lebih singkat dengan biaya lebih tinggi. Efektivitas komposting sangat bergantung pada mutu pemilahan di sumber karena kontaminasi plastik akan menurunkan kualitas kompos dan menyulitkan pemasarannya[90]. Pemerintah Kota Surakarta telah mendorong penguatan TPS3R dan bank sampah di tingkat rukun warga dan kelurahan sebagai langkah strategis pengurangan sampah dari sumber[91]. Namun demikian, penelitian kelembagaan menemukan bahwa bank sampah dan TPS3R menghadapi tantangan keberlanjutan karena ketergantungannya pada motivasi individu dan lemahnya insentif ekonomi[92]. Oleh karena itu, komposting perlu dirancang bersama skema insentif dan kepastian penyerapan produk oleh dinas terkait.

2.4.3 Refuse Derived Fuel atau Bahan Bakar Jumputan Padat (BBPJ)

Refuse Derived Fuel merupakan teknologi yang mengubah fraksi sampah berkalori tinggi menjadi bahan bakar alternatif pengganti batu bara muda melalui rangkaian pemilahan, pencacahan, pengeringan, dan pemadatan. Indonesia telah menetapkan SNI 8966:2021 untuk mempercepat pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan bakar jumputan padat di pembangkit listrik[93]. Karakterisasi sampah lama di sejumlah tempat pemrosesan akhir menunjukkan kadar air 41,80 hingga 57,70 persen dan nilai kalor 470 hingga 1.232 kilokalori per kilogram, sehingga masih di bawah persyaratan standar yang menetapkan

2.4.4 Teknologi Pemulihan Energi dan Pembelajaran dari PLTSa

Teknologi pemulihan energi dari sampah mencakup insinerasi dengan pembakaran massal, gasifikasi, pirolisis, dan pemanfaatan gas metana dari landfill. Kajian internasional menegaskan bahwa pemilihan teknologi harus berbasis

---

[89] Universitas Andalas. (2023). Biokonversi maggot Black Soldier Fly (BSF): Solusi dalam penyelesaian masalah sampah organik. Departemen Biologi FMIPA Universitas Andalas. https://biologi.fmipa.unand.ac.id/en/news/item/267-biokonversi-maggot-black-soldier-fly-bsf-solusi-dalam-penyelesaian-masalah-sampah-organik (diakses 12 Agustus 2026)

[90] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

[91] Hariankota.com. (2026). Pemkot Surakarta perkuat pengelolaan sampah lewat TPS3R Mojo Makmur. https://hariankota.com/pemkot-surakarta-perkuat-pengelolaan-sampah-lewat-tps3r-mojo-makmur/ (diakses 12 Agustus 2026)

[92] Jurnal Ilmu Riset dan Reviu Pemerintahan. (2025). Tata kelola persampahan daerah dan tantangan implementasinya. https://jurnal.apmd.ac.id/index.php/JIRReG/ (diakses 12 Agustus 2026)

[93] Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2021). Analisis nilai kalor bahan bakar jumputan padat berbasis sampah dan kesesuaiannya terhadap standar nasional. Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah. https://jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id/index.php/jip/ (diakses 12 Agustus 2026)

karakteristik sampah lokal, dan bahwa insinerasi konvensional cenderung lebih andal untuk sampah dengan kandungan organik basah yang dominan[94]. Pengalaman PLTSa Putri Cempo yang menggunakan metode gasifikasi memberikan pelajaran kritis bahwa model bisnis tidak boleh bertumpu pada satu sumber pendapatan dan bahwa kapasitas teknis operator harus dapat diverifikasi sebelum kontrak ditandatangani[95]. Skema tanpa biaya layanan pengolahan sampah yang diterapkan di Surakarta sejak awal dipertanyakan kewajarannya karena sumber pengembalian investasi menjadi tidak jelas apabila hanya mengandalkan penjualan listrik[96]. Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025 kini memberikan kepastian melalui penetapan tarif listrik dan mekanisme pendanaan yang lebih sederhana[97]. Pembelajaran ini menegaskan bahwa diversifikasi teknologi dan diversifikasi sumber pendapatan merupakan strategi mitigasi risiko yang wajib diterapkan.

2.4.5 Landfill Mining dan Sanitary Landfill

Landfill mining atau penambangan timbunan sampah lama merupakan pendekatan rehabilitasi tempat pemrosesan akhir yang tidak hanya menata ulang timbunan tetapi juga memanfaatkan kembali material di dalamnya termasuk mengekstraksi gas metana[98]. Kajian pada TPST Bantargebang menunjukkan bahwa landfill mining memberikan keuntungan berupa penyediaan kembali lahan yang dapat dimanfaatkan serta pemanfaatan sampah hasil penambangan menjadi kompos dan bahan bakar[99].

Tabel 2. 1. Perbandingan Karakteristik Teknologi Pengolahan Sampah Kota

Teknologi	Bahan Baku Utama	Kebutuhan Investasi	Kompleksitas Operasi	Produk/Manfaat	Kesesuaian untuk Surakarta
Biokonversi maggot BSF	Sisa makanan, sayur, buah terpilah	Rendah	Rendah–sedang	Maggot pakan ternak, kasgot pupuk	Sangat sesuai (organik 55–70 persen)
Komposting windrow	Sampah organik terpilah, sampah taman	Rendah	Rendah	Kompos, media tanam	Sangat sesuai untuk skala kelurahan

[94] Lombardi, L., & Castaldi, M. J. (2024). Energy recovery from residual municipal solid waste: State of the art and perspectives within the challenge to climate change. Energies, 17(2), 395. https://doi.org/10.3390/en17020395

[95] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[96] Wahana Lingkungan Hidup Indonesia. (2024). PLTSa Putri Cempo Surakarta: Proyek yang dipaksakan. https://www.walhi.or.id/pltsa-putri-cempo-surakarta-proyek-yang-dipaksakan (diakses 12 Agustus 2026)

[97] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2025). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2025 tentang Penanganan Sampah Perkotaan melalui Pengolahan Sampah menjadi Energi Terbarukan Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan. https://kemenlh.go.id/news/detail/presiden-tetapkan-perpres-1092025-langkah-nyata-atasi-sampah-perkotaan (diakses 12 Agustus 2026)

[98] Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

[99] Unit Pengelola Sampah Terpadu Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta. (2025). Landfill dan pengolahan sampah terpadu. https://upstdlh.id/tpst/landfill (diakses 12 Agustus 2026)

Teknologi	Bahan Baku Utama	Kebutuhan Investasi	Kompleksitas Operasi	Produk/Manfaat	Kesesuaian untuk Surakarta
Biodigester anaerob	Sisa makanan basah, limbah pasar	Sedang	Sedang	Biogas, digestat	Sesuai untuk pasar dan kawasan kuliner
Material Recovery Facility	Sampah anorganik campuran	Sedang	Sedang	Plastik, kertas, logam, kaca terpilah	Sesuai; menyerap tenaga kerja pemulung
Refuse Derived Fuel	Fraksi kalori tinggi kering	Sedang–tinggi	Sedang–tinggi	Bahan bakar alternatif industri semen	Sesuai jika pasar dan mutu terjamin
PLTSa gasifikasi/insinerasi	Sampah campuran, residu	Sangat tinggi	Tinggi	Energi listrik	Sudah tersedia; perlu optimasi bukan penambahan
Landfill mining	Timbunan sampah lama	Sedang	Sedang–tinggi	Lahan pulih, tanah urug, RDF sekunder	Sangat dibutuhkan untuk memulihkan tapak
Sanitary landfill	Residu akhir yang tidak terolah	Sedang	Sedang	Penimbunan aman, gas metana	Wajib sebagai pengaman akhir sistem

Sumber: Diolah penulis (2026) dari Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993); Lombardi dan Castaldi (2024); Kusumaningsih (2024); Wahyudi dkk. (2021); Romianingsih (2023).

2.5 Teori Analisis Kelayakan dan Biaya-Manfaat

Analisis biaya-manfaat merupakan kerangka evaluasi ekonomi yang membandingkan seluruh manfaat dan seluruh biaya suatu proyek dalam nilai kini untuk menentukan kelayakannya. Indikator yang lazim digunakan meliputi Net Present Value, Internal Rate of Return, Benefit Cost Ratio, dan Payback Period, yang dalam konteks proyek publik sering dilengkapi dengan Levelized Cost of Treatment atau biaya penanganan per ton sampah. Kajian mengenai konversi sampah menjadi energi menunjukkan bahwa indikator-indikator tersebut sangat sensitif terhadap asumsi harga jual produk dan tingkat utilisasi kapasitas[100]. Studi kelayakan pada pengolahan organik dengan Black Soldier Fly juga menggunakan kerangka serupa dan memperoleh nilai bersih sekarang positif pada skala TPS3R[101]. Untuk proyek pelayanan publik, manfaat yang diperhitungkan tidak terbatas pada pendapatan tunai tetapi juga mencakup penghindaran biaya seperti biaya pengangkutan, biaya sewa alat berat, dan biaya penanganan dampak lingkungan[102]. Pendekatan ini akan digunakan dalam kajian untuk memastikan bahwa manfaat publik tidak diabaikan hanya karena tidak berbentuk arus kas.

[100] Romianingsih, N. (2023). Analisis kelayakan finansial fasilitas pengolahan sampah terpadu di daerah perkotaan. Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/ (diakses 12 Agustus 2026)

[101] Jurnal Purifikasi. (2023). Perencanaan pengembangan pengolahan sampah organik skala TPS3R. Jurnal Purifikasi. https://purifikasi.id/index.php/purifikasi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[102] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

2.6 Teori Kolaborasi Pentahelix dan Perubahan Perilaku

Model kolaborasi pentahelix menempatkan pemerintah, dunia usaha, akademisi, masyarakat, dan media sebagai lima aktor yang harus bergerak bersama dalam menyelesaikan persoalan publik yang kompleks. Dalam konteks persampahan, penelitian kelembagaan menemukan bahwa bank sampah dan TPS3R berada pada posisi antara formal dan informal sehingga sangat bergantung pada inisiatif warga dan mekanisme sosial di tingkat komunitas[103]. Kerangka analisis kelembagaan yang dikembangkan Elinor Ostrom digunakan untuk menjelaskan bagaimana berbagai aktor berinteraksi dalam arena aksi bersama dan bagaimana aturan main memengaruhi hasil kolektif[104]. Wali Kota Surakarta telah menerapkan prinsip ini dengan menggandeng seluruh

Selain kolaborasi antaraktor, keberhasilan pengurangan sampah sangat ditentukan oleh perubahan perilaku rumah tangga sebagai penghasil sampah terbesar. Dengan kontribusi rumah tangga mencapai 72 persen dari total sumber sampah Kota Surakarta, intervensi perilaku memiliki daya ungkit terbesar dibandingkan intervensi lainnya[105]. Literatur menunjukkan bahwa program berbasis masyarakat di negara-negara ASEAN sering mengalami fluktuasi aktivitas akibat lemahnya dukungan kelembagaan dan insentif ekonomi[106]. Oleh karena itu, perubahan perilaku perlu didukung instrumen kebijakan berupa kewajiban regulatif, insentif finansial, dan kemudahan akses layanan secara bersamaan[107]. Pengalaman program pasar minim sampah di Pasar Jebres memperlihatkan bahwa intervensi terfokus pada satu lokasi dapat menjadi model yang direplikasi[108]. Kombinasi regulasi, insentif, dan keteladanan aparatur menjadi kunci keberhasilan gerakan pemilahan di tingkat kota.

2.7 Studi Terdahulu dan Praktik Terbaik Kota Pembanding

Pembelajaran dari kota lain memberikan gambaran mengenai jalur yang dapat ditempuh Kota Surakarta beserta risikonya. Kota Surabaya melalui TPA Benowo telah menerapkan pemulihan energi dan mengelola sekitar 1.200 ton sampah per hari, namun tetap membutuhkan ruang penimbunan untuk residu sehingga pengurangan timbulan di hulu tetap penting[109]. Provinsi DKI Jakarta membangun RDF Plant Rorotan

---

[103] Jurnal Ilmu Riset dan Reviu Pemerintahan. (2025). Tata kelola persampahan daerah dan tantangan implementasinya. https://jurnal.apmd.ac.id/index.php/JIRReG/ (diakses 12 Agustus 2026)

[104] Jurnal Ilmu Riset dan Reviu Pemerintahan. (2025). Tata kelola persampahan daerah dan tantangan implementasinya. https://jurnal.apmd.ac.id/index.php/JIRReG/ (diakses 12 Agustus 2026)

[105] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[106] Jurnal Ilmu Riset dan Reviu Pemerintahan. (2025). Tata kelola persampahan daerah dan tantangan implementasinya. https://jurnal.apmd.ac.id/index.php/JIRReG/ (diakses 12 Agustus 2026)

[107] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

[108] Lokawarta. (2024). Solo darurat sampah. https://lokawarta.com/solo-darurat-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)

[109] P-TALI. (2025). Realita volume sampah harian di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Indonesia. https://ptali.org/realita-volume-sampah-harian-di-tempat-pembuangan-akhir-tpa-di-indonesia/ (diakses 12 Agustus 2026)

dengan kapasitas 2.500 ton per hari di atas lahan 7,87 hektare dengan biaya Rp1,28 triliun yang bersumber dari APBD, dan menghasilkan minimal 875 ton RDF per hari[110]. Kabupaten Malang menerapkan landfill mining di TPA Paras dengan hasil RDF yang dibeli PT Semen Indonesia seharga sekitar Rp400.000 per ton dan menjadi sumber pendapatan asli daerah[111]. Kabupaten Gresik meresmikan fasilitas landfill mining di TPA Ngipik dengan anggaran sekitar Rp6 miliar dari APBD 2025 sekaligus mendorong pembangunan TPS3R di tingkat desa[112]. Keempat praktik tersebut menunjukkan bahwa kombinasi antara pengurangan hulu, pemulihan material, dan

Tabel 2. 2. Praktik Terbaik Pengelolaan Sampah di Kota/Kabupaten Pembanding

Daerah	Pendekatan Utama	Skala dan Biaya	Pelajaran untuk Kota Surakarta
DKI Jakarta (RDF Rorotan)	RDF plant skala besar dari sampah baru	2.500 ton/hari; lahan 7,87 Ha; Rp1,28 triliun (APBD 2024)	Rasio biaya sekitar Rp512 juta per ton/hari kapasitas menjadi acuan penganggaran skala kecil
Kota Surabaya (TPA Benowo)	Waste to energy terintegrasi landfill	Sekitar 1.200 ton/hari	Pemulihan energi tetap menyisakan residu; pengurangan hulu tetap wajib
Kabupaten Malang (TPA Paras)	Landfill mining menjadi RDF	Kerja sama pembelian RDF Rp400.000 per ton oleh PT Semen Indonesia	Kepastian pembeli mengubah beban menjadi sumber pendapatan asli daerah
Kabupaten Gresik (TPA Ngipik)	Landfill mining dan TPS3R lintas desa	Rp6 miliar dari APBD 2025	Landfill mining dapat dimulai dengan anggaran daerah yang terjangkau
Kota Makassar (TPA Tamangapa)	Instruksi Wali Kota penghentian open dumping; TPA hanya menerima residu	Instruksi Wali Kota Nomor 1 Tahun 2026	Instrumen hukum kepala daerah efektif untuk membatasi jenis sampah yang masuk TPA
Kota Surakarta (Pasar Jebres)	Program pasar minim sampah oleh organisasi masyarakat sipil	Lima pasar tradisional menjadi lokasi riset	Model kawasan terfokus dapat direplikasi ke seluruh pasar kota

Sumber: Diolah penulis (2026) dari Badan Pemeriksa Keuangan Perwakilan Jakarta (2024); PT Wijaya Karya (2025); P-TALI (2025); Times Indonesia (2025); Jatimnet (2025); Publikasi Online (2026); Lokawarta (2024).

2.8 Kerangka Pikir Kajian

Berdasarkan seluruh teori dan praktik terbaik yang telah diuraikan, kerangka pikir kajian ini disusun sebagai alur logis dari isu menuju rekomendasi. Isu utama berupa timbunan sampah yang telah melampaui kapasitas sejak tahun 2007 dan sanksi administratif Kementerian Lingkungan Hidup pada 30 Maret 2026 menjadi titik masuk analisis[113]. Isu tersebut kemudian dianalisis dengan memadukan input data sekunder

[110] Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia Perwakilan Provinsi DKI Jakarta. (2024). Pemprov DKI dirikan RDF Plant di Rorotan senilai Rp1,28 triliun. https://jakarta.bpk.go.id/pemprov-dki-dirikan-rdf-plant-di-rorotan-senilai-rp128-triliun/ (diakses 12 Agustus 2026) PT Wijaya Karya (Persero) Tbk. (2025). RDF Rorotan karya WIKA: RDF waste processing pioneer in Indonesia, largest in the world. https://www.wika.co.id/id/media-dan-informasi/siaran-pers/ (diakses 12 Agustus 2026)

[111] Times Indonesia. (2025). Pengolahan sampah landfill mining di TPA Paras: Sanusi sebut sampah RDF jadi sumber PAD. https://www.times.co.id/pengolahan-sampah-landfill-mining-di-tpa-paras-sanusi-sampah-rdf-jadi-sumber-pad (diakses 12 Agustus 2026)

[112] Jatimnet. (2025). Pemkab Gresik resmikan landfill mining di TPA Ngipik, olah sampah lama jadi energi alternatif. https://jatimnet.com/ (diakses 12 Agustus 2026)

[113] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026) PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo:

dari lembaga resmi dan landasan teori berupa hirarki pengelolaan sampah, ekonomi sirkular, Material Flow Analysis, analisis biaya-manfaat, dan kolaborasi pentahelix[114]. Analisis dilakukan dalam tiga lapis, yaitu analisis neraca massa, analisis kebutuhan teknis, dan analisis ekonomi yang dilengkapi analisis SWOT serta pemangku kepentingan. Hasil analisis disintesiskan menjadi skenario



Gambar 2. 2. Kerangka Pikir Kajian

Sumber: Konstruksi penulis (2026) berdasarkan sintesis teori dan data yang diuraikan pada Bab II.

Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[114] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717 Lombardi, L., & Castaldi, M. J. (2024). Energy recovery from residual municipal solid waste: State of the art and perspectives within the challenge to climate change. Energies, 17(2), 395. https://doi.org/10.3390/en17020395

BAB III METODOLOGI

3.1 Jenis Penelitian

Kajian ini merupakan penelitian deskriptif-evaluatif dengan dominasi analisis kuantitatif yang dilengkapi penalaran kualitatif. Jenis penelitian ini dipilih karena tujuan kajian bukan menguji hipotesis melainkan menggambarkan kondisi eksisting secara akurat, menghitung besaran kesenjangan, dan mengevaluasi kelayakan sejumlah alternatif penanganan. Pendekatan deskriptif juga digunakan pada penelitian terdahulu mengenai TPA Putri Cempo, meskipun dengan penekanan kualitatif pada aspek manajemen[115]. Perbedaan kajian ini terletak pada penambahan lapisan kuantitatif berupa neraca massa dan perhitungan finansial yang belum dilakukan sebelumnya[116]. Jenis penelitian ini konsisten dengan praktik penyusunan kajian kebijakan berbasis bukti yang menekankan ketersediaan angka sebagai dasar pengambilan keputusan[117]. Dengan demikian, hasil kajian dapat langsung digunakan sebagai bahan penyusunan dokumen perencanaan dan penganggaran daerah.

3.2 Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan adalah studi meja atau desk study berbasis data sekunder yang bersifat terbuka dan dapat diverifikasi. Pendekatan ini dipilih secara sadar karena kajian disusun tanpa dukungan anggaran khusus, sehingga metode yang mahal seperti survei timbulan lapangan, uji laboratorium proksimat dan ultimat, serta survei kesediaan membayar tidak dapat dilaksanakan. Meskipun demikian, pendekatan desk study tetap dapat menghasilkan analisis yang sahih sepanjang sumber data yang digunakan berasal dari lembaga resmi dan dilakukan triangulasi antar-sumber[118]. Ketersediaan data terbuka yang cukup kaya di Kota Surakarta, mulai dari publikasi Badan Pusat Statistik hingga hasil riset Badan Riset dan Inovasi Daerah, menjadikan pendekatan ini realistis[119]. Pendekatan ini juga sejalan dengan praktik tinjauan sistematis yang menggabungkan basis data akademik dengan dokumen regulasi dan laporan resmi[120]. Konsekuensinya, seluruh keterbatasan pendekatan telah dinyatakan secara terbuka pada sub-bab batasan kajian.

3.3 Lokasi Penelitian

---

[115] Novita Sari, D., Djumiarti, T., & Yuniningsih, T. (2024). Implementasi kebijakan pengelolaan sampah di Kota Surakarta. Journal of Public Policy and Management Review, 13(3). https://doi.org/10.14710/jppmr.v13i3.44784

[116] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[117] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

[118] Romianingsih, N. (2023). Analisis kelayakan finansial fasilitas pengolahan sampah terpadu di daerah perkotaan. Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/ (diakses 12 Agustus 2026)

[119] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[120] Romianingsih, N. (2023). Analisis kelayakan finansial fasilitas pengolahan sampah terpadu di daerah perkotaan. Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/ (diakses 12 Agustus 2026)

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Putri Cempo yang terletak di Kelurahan Mojosongo, Kecamatan Jebres. Pemilihan lokus ini didasarkan pada kenyataan bahwa TPA Putri Cempo merupakan satu-satunya tempat pemrosesan akhir yang dimiliki Kota Surakarta sehingga seluruh beban persampahan kota bermuara di lokasi tersebut[121]. Lokus analisis hulu mencakup lima kecamatan, yaitu Banjarsari, Jebres, Laweyan, Pasar Kliwon, dan Serengan, sebagai sumber timbulan sampah rumah tangga yang menyumbang 72 persen dari total sumber[122]. Selain itu, kajian juga mempertimbangkan konteks kewilayahan Solo Raya karena wacana pengelolaan sampah regional telah muncul dalam pembahasan di Dewan Perwakilan Rakyat Daerah[123].

3.4 Waktu Penelitian

Kajian ini disusun pada periode Juli hingga Agustus 2026, dengan data terkini yang digunakan bertanggal hingga Agustus 2026. Pemilihan waktu ini bersifat strategis karena bertepatan dengan berakhirnya tenggat nasional penghentian open dumping pada 31 Juli 2026 dan periode perbaikan yang diminta Kementerian Lingkungan Hidup kepada Pemerintah Kota Surakarta hingga Agustus 2026[124]. Horizon perencanaan yang dianalisis adalah tahun 2026 hingga 2030 agar selaras dengan periode RPJMD Kota Surakarta 2025–2029 dan target nasional pengelolaan sampah seratus persen pada tahun 2029[125]. Untuk analisis kelayakan finansial digunakan horizon lima belas tahun sesuai umur ekonomis peralatan pengolahan sampah pada umumnya.

3.5 Populasi dan Sampel

Karena kajian ini berbasis data sekunder dan tidak melakukan survei lapangan, istilah populasi dan sampel diterjemahkan sebagai populasi dokumen dan sampel dokumen. Populasi dokumen adalah seluruh publikasi resmi, dokumen hukum, artikel jurnal, dan pemberitaan media kredibel yang membahas pengelolaan sampah Kota Surakarta dan teknologi pengolahan sampah yang relevan. Adapun unit analisis dalam kajian ini adalah sistem pengelolaan sampah Kota Surakarta secara keseluruhan, dengan sub-unit berupa aliran material, unit pengolahan, dan komponen pembiayaan. Sampel dokumen yang digunakan berjumlah lebih dari empat puluh sumber yang terdiri atas peraturan perundang-undangan, publikasi statistik resmi, artikel jurnal

---

[121] Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

[122] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[123] Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025a). Kinerja PLTSa masih jauh dari harapan, DPRD Kota Surakarta desak percepatan pengolahan sampah. https://dprd.surakarta.go.id/kinerja-pltsa-masih-jauh-dari-harapan-dprd-kota-surakarta-desak-percepatan-pengolahan-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)

[124] Kompas.com. (2026a, April 27). Perlahan tutup praktik open dumping TPA Putri Cempo, Pemkot Solo pikirkan nasib pemulung. https://regional.kompas.com/read/2026/04/27/054437178/ (diakses 12 Agustus 2026) Kompas.id. (2026). 314 sanksi administratif diterbitkan terkait pengelolaan TPA. https://www.kompas.id/artikel/314-sanksi-administratif-diterbitkan-terkait-pengelolaan-tpa (diakses 12 Agustus 2026)

[125] Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025b). Wali Kota Surakarta paparkan lima misi pembangunan dalam Ranwal RPJMD 2025–2029. https://dprd.surakarta.go.id/wali-kota-surakarta-paparkan-lima-misi-pembangunan-dalam-ranwal-rpjmd-2025-2029/ (diakses 12 Agustus 2026) Kompas.id. (2026). 314 sanksi administratif diterbitkan terkait pengelolaan TPA. https://www.kompas.id/artikel/314-sanksi-administratif-diterbitkan-terkait-pengelolaan-tpa (diakses 12 Agustus 2026)

terakreditasi atau terindeks, laporan lembaga, dan pemberitaan media nasional. Seluruh dokumen yang menjadi sampel telah dipastikan memiliki identitas penerbit yang jelas dan dapat diakses kembali oleh pembaca.

3.6 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah purposive sampling terhadap dokumen dengan lima kriteria inklusi yang ditetapkan di awal. Pertama, dokumen harus berkaitan langsung dengan pengelolaan sampah Kota Surakarta atau dengan teknologi pengolahan yang menjadi alternatif dalam kajian. Kedua, data numerik harus berasal dari lembaga resmi seperti Badan Pusat Statistik, Kementerian Lingkungan Hidup, Dinas Lingkungan Hidup, Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil, atau Badan Riset dan Inovasi Daerah. Ketiga, artikel jurnal diutamakan yang terbit tahun 2022 atau setelahnya, terindeks Scopus untuk jurnal internasional atau terakreditasi Sinta 1 sampai 3 untuk jurnal nasional, dan memiliki pengenal objek digital yang aktif. Keempat, buku teks yang dirujuk harus merupakan buku yang telah dikenal luas di bidangnya. Kelima, pemberitaan media hanya digunakan untuk fakta peristiwa dan pernyataan pejabat dari kantor berita yang dikenal luas secara nasional. Dokumen yang tidak memenuhi kriteria tersebut dikeluarkan dari analisis untuk menjaga validitas.

3.7 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik yang saling melengkapi. Teknik pertama adalah studi dokumentasi terhadap publikasi resmi lembaga pemerintah, yang mencakup penelusuran laman Badan Pusat Statistik Kota Surakarta, Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, laman Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Surakarta, dan basis riset Badan Riset dan Inovasi Daerah. Teknik kedua adalah penelusuran literatur ilmiah pada basis data jurnal untuk memperoleh landasan teori dan parameter teknis. Teknik ketiga adalah penelusuran dokumen hukum melalui Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum Kota Surakarta dan basis data peraturan Badan Pemeriksa Keuangan untuk memastikan status keberlakuan setiap peraturan yang dikutip. Perlu ditegaskan bahwa kajian ini tidak menggunakan teknik survei maupun wawancara, sehingga kedua teknik tersebut tidak dicantumkan sebagai metode. Seluruh data yang diperoleh dicatat lengkap dengan sumber, tahun, dan tanggal akses agar dapat ditelusuri kembali.

Tabel 3. 1. Sumber Data Sekunder yang Digunakan dalam Kajian

Jenis Data	Sumber	Pemanfaatan dalam Analisis
Jumlah dan kepadatan penduduk	BPS Kota Surakarta; Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Surakarta	Perhitungan timbulan sampah per kapita dan proyeksi timbulan
Timbulan dan komposisi sampah	Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional; Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta	Penyusunan neraca massa dan penentuan jalur pemrosesan
Sumber sampah menurut penghasil	BRIDA Kota Surakarta (2024)	Penentuan prioritas intervensi hulu
Kinerja pengolahan PLTSa	DPRD Kota Surakarta; PT Centra Rekayasa Enviro; media nasional	Pengukuran kesenjangan kapasitas dan penentuan target optimasi

Jenis Data	Sumber	Pemanfaatan dalam Analisis
Retribusi dan pembiayaan	BRIDA Kota Surakarta (2024); Perda Kota Surakarta Nomor 14 Tahun 2023	Analisis defisit pembiayaan dan perancangan opsi pendanaan
Acuan biaya investasi	BPK Perwakilan Jakarta (2024); PT Wijaya Karya (2025); Jatimnet (2025)	Penyusunan estimasi CAPEX berbasis rasio biaya per kapasitas
Harga produk keluaran	Times Indonesia (2025); publikasi ilmiah biokonversi maggot	Proyeksi pendapatan dan analisis kelayakan
Status hukum peraturan	JDIH Kota Surakarta; basis data peraturan BPK; Kementerian Lingkungan Hidup	Penyusunan dasar hukum berjenjang dan pemastian keberlakuan
Indikator sosial-ekonomi	BPS Kota Surakarta (IPM, PDRB, kemiskinan)	Analisis daya dukung sosial-ekonomi dan kesediaan membayar retribusi

Sumber: Disusun penulis (2026).

3.8 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam kajian ini seluruhnya bersifat sederhana dan tersedia tanpa biaya lisensi tambahan. Instrumen pertama adalah lembar ekstraksi data yang berisi kolom variabel, nilai, satuan, sumber, tahun, dan tanggal akses untuk memastikan setiap angka dapat ditelusuri. Instrumen kedua adalah model neraca massa berbasis lembar kerja elektronik yang menghitung aliran sampah dari sumber hingga residu akhir dengan prinsip kekekalan massa. Instrumen ketiga adalah model finansial sederhana berbasis lembar kerja elektronik yang menghitung Net Present Value, Internal Rate of Return, Benefit Cost Ratio, Payback Period, dan biaya penanganan per ton. Instrumen keempat adalah matriks SWOT dan matriks pemetaan kepentingan-pengaruh pemangku kepentingan yang disusun secara terstruktur. Pemilihan instrumen sederhana ini merupakan konsekuensi langsung dari ketiadaan anggaran khusus, namun tidak mengurangi ketertelusuran maupun keterulangan analisis.

3.9 Teknik Analisis Data

3.9.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif digunakan untuk menyajikan kondisi eksisting wilayah, kependudukan, sosial-ekonomi, dan sarana persampahan Kota Surakarta dalam bentuk tabel, grafik, dan narasi. Teknik ini merupakan langkah awal yang wajib dilakukan sebelum analisis lanjutan karena memberikan gambaran utuh mengenai konteks kajian. Data yang disajikan meliputi jumlah penduduk, kepadatan, indeks pembangunan manusia, serta timbulan dan komposisi sampah[126]. Seluruh angka yang ditampilkan dilengkapi sumber sitasi agar validitasnya tidak diragukan oleh pembaca.

3.9.2 Analisis Neraca Massa (Material Flow Analysis)

Analisis neraca massa digunakan untuk menjawab tujuan pertama kajian, yaitu memetakan aliran sampah dari sumber hingga residu akhir. Perhitungan dilakukan

[126] Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. (2025). Kota Surakarta dalam angka 2025. Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. https://surakartakota.bps.go.id/id/publication/2025/02/28/8974f0197a8b96272625a385/kota-surakarta-dalam-angka-2025.html (diakses 12 Agustus 2026) Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Surakarta. (2025). Buku profil kependudukan Kota Surakarta tahun 2024. https://dispendukcapil.surakarta.go.id/wp-content/uploads/2025/06/Final_Buku-Profil-Kependudukan-Tahun-2024.pdf (diakses 12 Agustus 2026)

dengan menetapkan batas sistem berupa wilayah administratif Kota Surakarta dan periode satu hari operasional, kemudian mengalikan timbulan total dengan persentase komposisi dan efisiensi setiap unit proses. Prinsip kekekalan massa diterapkan sehingga jumlah keluaran seluruh jalur harus sama dengan jumlah masukan. Data timbulan diperoleh dari pernyataan resmi Wali Kota dan data timbangan Dinas Lingkungan Hidup, sedangkan komposisi diperoleh dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional dan Dinas Lingkungan Hidup[127].

3.9.3 Analisis Kesenjangan terhadap Standar

Analisis kesenjangan digunakan untuk membandingkan kondisi eksisting dengan kondisi ideal menurut standar yang berlaku. Standar yang dijadikan pembanding meliputi target Kebijakan dan Strategi Nasional berupa pengurangan sampah 30 persen dan penanganan 70 persen, target nasional pengelolaan sampah seratus persen pada tahun 2029, serta persyaratan mutu produk sesuai SNI 8966:2021[128]. Selain standar nasional, digunakan pula tolok ukur dari daerah pembanding seperti rasio biaya investasi per ton kapasitas terpasang pada RDF Plant Rorotan[129]. Hasil analisis kesenjangan menjadi dasar penentuan besaran kapasitas yang harus dibangun.

3.9.4 Analisis Kelayakan dan Biaya-Manfaat

mencerminkan biaya dana pemerintah daerah dan horizon lima belas tahun. Indikator yang dihitung meliputi Net Present Value, Internal Rate of Return, Benefit Cost Ratio, Payback Period, dan Levelized Cost of Treatment per ton sampah. Manfaat yang diperhitungkan mencakup pendapatan penjualan produk maupun penghindaran biaya operasional sebagaimana lazim pada proyek pelayanan publik[130]. Analisis sensitivitas dilakukan terhadap tiga variabel paling kritis, yaitu harga jual RDF, tingkat utilisasi kapasitas, dan tingkat keberhasilan pemilahan di sumber.

3.9.5 Analisis SWOT dan Analisis Pemangku Kepentingan

Analisis SWOT digunakan untuk memetakan faktor internal berupa kekuatan dan kelemahan serta faktor eksternal berupa peluang dan ancaman, kemudian disusun

---

[127] Pemerintah Kota Surakarta. (2026). Wali Kota Respati Ardi soroti lonjakan sampah, apel pascalebaran digelar di TPA Putri Cempo. https://surakarta.go.id/detail-berita/wali-kota-respati-ardi-soroti-lonjakan-sampah-apel-pascalebaran-digelar-di-tpa-putri-cempo-3946 (diakses 12 Agustus 2026) Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025a). Kinerja PLTSa masih jauh dari harapan, DPRD Kota Surakarta desak percepatan pengolahan sampah. https://dprd.surakarta.go.id/kinerja-pltsa-masih-jauh-dari-harapan-dprd-kota-surakarta-desak-percepatan-pengolahan-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026) Hariankota.com. (2026). Pemkot Surakarta perkuat pengelolaan sampah lewat TPS3R Mojo Makmur. https://hariankota.com/pemkot-surakarta-perkuat-pengelolaan-sampah-lewat-tps3r-mojo-makmur/ (diakses 12 Agustus 2026)

[128] Kompas.id. (2026). 314 sanksi administratif diterbitkan terkait pengelolaan TPA. https://www.kompas.id/artikel/314-sanksi-administratif-diterbitkan-terkait-pengelolaan-tpa (diakses 12 Agustus 2026) Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2021). Analisis nilai kalor bahan bakar jumputan padat berbasis sampah dan kesesuaiannya terhadap standar nasional. Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah. https://jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id/index.php/jip/ (diakses 12 Agustus 2026)

[129] Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia Perwakilan Provinsi DKI Jakarta. (2024). Pemprov DKI dirikan RDF Plant di Rorotan senilai Rp1,28 triliun. https://jakarta.bpk.go.id/pemprov-dki-dirikan-rdf-plant-di-rorotan-senilai-rp128-triliun/ (diakses 12 Agustus 2026)

[130] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717 Jurnal Purifikasi. (2023). Perencanaan pengembangan pengolahan sampah organik skala TPS3R. Jurnal Purifikasi. https://purifikasi.id/index.php/purifikasi/ (diakses 12 Agustus 2026)

matriks strategi SO, ST, WO, dan WT. Teknik ini dipilih karena sederhana, tidak berbiaya, dan telah terbukti diterapkan pada kajian bank sampah di Kota Surakarta sebelumnya[131]. Analisis pemangku kepentingan dilakukan dengan memetakan setiap aktor pada kuadran kepentingan dan pengaruh, kemudian menentukan strategi pelibatan yang sesuai untuk masing-masing kuadran. Kerangka pentahelix digunakan sebagai basis identifikasi aktor yang mencakup pemerintah, dunia usaha, akademisi, masyarakat, dan media[132]. Hasil kedua analisis ini menjadi dasar penyusunan peta jalan dan pembagian peran perangkat daerah.

3.10 Keabsahan Data

Karena kajian ini bersifat kuantitatif berbasis data sekunder, uji validitas dan reliabilitas instrumen sebagaimana pada penelitian survei tidak diterapkan. Sebagai gantinya, keabsahan data dijaga melalui empat mekanisme. Pertama, triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan angka yang sama dari sekurang-kurangnya dua sumber berbeda, misalnya angka timbulan sampah yang diverifikasi silang antara pernyataan Wali Kota, data timbangan Dinas Lingkungan Hidup, dan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional[133]. Kedua, prioritas diberikan pada sumber primer resmi dibandingkan sumber sekunder yang mengutip. Ketiga, setiap perbedaan angka antar-sumber dinyatakan secara terbuka beserta rentangnya, bukan dipilih salah satu tanpa penjelasan. Keempat, seluruh asumsi yang digunakan dalam perhitungan turunan dinyatakan secara eksplisit sehingga pembaca dapat menguji ulang hasilnya.

3.11 Tahapan dan Alur Kerja Kajian

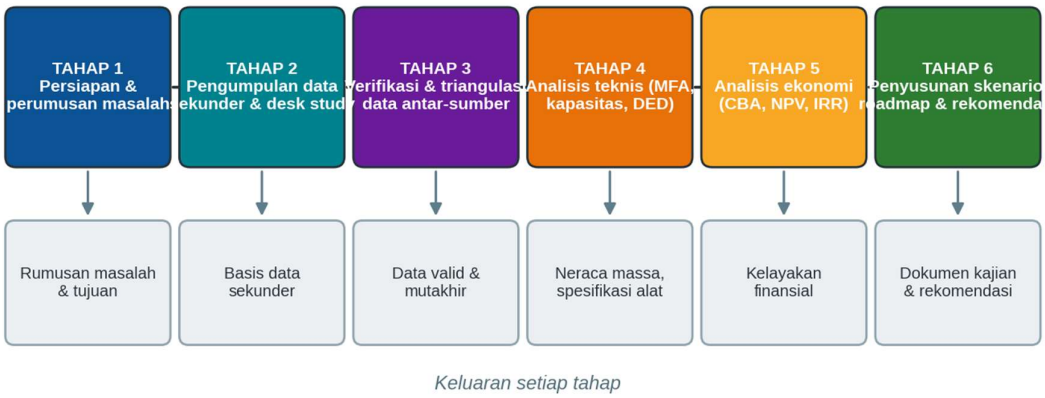
Pelaksanaan kajian ditempuh melalui enam tahap yang berurutan. Tahap pertama adalah persiapan dan perumusan masalah yang menghasilkan rumusan masalah serta tujuan kajian. Tahap kedua adalah pengumpulan data sekunder dan studi meja yang menghasilkan basis data terstruktur. Tahap ketiga adalah verifikasi dan triangulasi antar-sumber untuk memastikan data yang digunakan valid dan mutakhir. Tahap keempat adalah analisis teknis yang menghasilkan neraca massa, spesifikasi peralatan, dan rekayasa rinci indikatif. Tahap kelima adalah analisis ekonomi yang menghasilkan indikator kelayakan finansial, sedangkan tahap keenam adalah penyusunan skenario, peta jalan, dan rekomendasi. Keenam tahap tersebut divisualisasikan pada Gambar 3.1 beserta keluaran masing-masing tahap.

---

[131] Pratama, A., Setiawan, B., & Wardhani, R. (2024). Kajian pengelolaan sampah berbasis masyarakat melalui bank sampah dan TPS3R di kawasan perkotaan. Journal of Sustainable Society and Environmental Welfare. https://journal-iasssf.com/index.php/JSSEW/article/view/180 (diakses 12 Agustus 2026)

[132] Jurnal Ilmu Riset dan Reviu Pemerintahan. (2025). Tata kelola persampahan daerah dan tantangan implementasinya. https://jurnal.apmd.ac.id/index.php/JIRReG/ (diakses 12 Agustus 2026)

[133] Pemerintah Kota Surakarta. (2026). Wali Kota Respati Ardi soroti lonjakan sampah, apel pascalebaran digelar di TPA Putri Cempo. https://surakarta.go.id/detail-berita/wali-kota-respati-ardi-soroti-lonjakan-sampah-apel-pascalebaran-digelar-di-tpa-putri-cempo-3946 (diakses 12 Agustus 2026) Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025a). Kinerja PLTSa masih jauh dari harapan, DPRD Kota Surakarta desak percepatan pengolahan sampah. https://dprd.surakarta.go.id/kinerja-pltsa-masih-jauh-dari-harapan-dprd-kota-surakarta-desak-percepatan-pengolahan-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026) PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)



Gambar 3. 1. Tahapan/Alur Kerja Kajian

Sumber: Konstruksi penulis (2026).

Tabel 3. 2. Instrumen dan Teknik Analisis Data Menurut Tujuan Kajian

Tujuan Kajian	Teknik Analisis	Instrumen	Keluaran
Tujuan 1: Karakteristik dan neraca massa sampah	Deskriptif dan Material Flow Analysis	Lembar ekstraksi data; model neraca massa	Neraca massa eksisting dan besaran kesenjangan
Tujuan 2: Skema pemrosesan dan kebutuhan teknis	Analisis kebutuhan dan analisis kesenjangan terhadap standar	Model kapasitas; tolok ukur biaya per kapasitas	Skema jenis sampah, kebutuhan unit alat, DED indikatif
Tujuan 3: Kebutuhan biaya dan kelayakan	Analisis biaya-manfaat dan analisis sensitivitas	Model finansial NPV, IRR, BCR, PP, LCOT	Indikator kelayakan setiap skenario
Tujuan 4: Skema pembiayaan	Analisis komparatif opsi pendanaan	Matriks penilaian multi-kriteria	Enam opsi pembiayaan beserta prasyaratnya
Tujuan 5: Strategi implementasi	Analisis SWOT dan analisis pemangku kepentingan	Matriks SWOT; matriks kepentingan-pengaruh	Peta jalan 2026–2030 dan pembagian peran OPD

Sumber: Disusun penulis (2026).

BAB IV GAMBARAN UMUM WILAYAH DAN KONDISI EKSISTING

4.1 Kondisi Geografis dan Administratif

Kota Surakarta merupakan salah satu kota di Provinsi Jawa Tengah yang terletak pada koordinat sekitar 7 derajat 34 menit Lintang Selatan dan 110 derajat 49 menit Bujur Timur dengan ketinggian sekitar 92 meter di atas permukaan laut. Luas wilayah kota hanya sekitar 46,72 kilometer persegi, menjadikannya salah satu kota dengan wilayah administratif tersempit di Indonesia. Secara administratif, kota ini terbagi menjadi lima kecamatan, yaitu Banjarsari, Jebres, Laweyan, Pasar Kliwon, dan Serengan, dengan jumlah kelurahan sebanyak lima puluh empat. Kota Surakarta menjadi inti dari kawasan metropolitan Solo Raya yang mencakup wilayah kabupaten sekitarnya, sehingga fungsi pelayanannya jauh melampaui batas administratifnya sendiri[134]. Keterbatasan luas wilayah inilah yang menyebabkan Kota Surakarta secara praktis tidak memiliki opsi untuk membuka lokasi pemrosesan akhir sampah yang baru, sehingga optimalisasi tapak yang ada menjadi satu-satunya jalan[135].

Posisi Kota Surakarta sebagai pusat pertumbuhan Solo Raya menimbulkan konsekuensi berupa arus komuter harian yang besar dari kabupaten sekitarnya. Aktivitas perdagangan, pendidikan, kesehatan, dan pariwisata menarik penduduk luar kota untuk beraktivitas di dalam kota setiap hari sehingga menghasilkan timbulan sampah yang tidak sepenuhnya berasal dari penduduk resmi kota. Kondisi ini menjelaskan mengapa timbulan harian kota dapat melonjak hingga 400 ton pada akhir pekan ketika arus kunjungan meningkat[136]. Kawasan metropolitan Solo Raya memiliki nilai produk domestik regional bruto yang besar dan menjadikan Surakarta sebagai simpul ekonominya. Wacana pengelolaan sampah lintas wilayah pun telah muncul, meskipun Ketua Komisi III DPRD mengingatkan bahwa sampah Kota Surakarta sendiri belum tertangani sehingga rencana regional perlu didahului pembenahan internal[137]. Konteks kewilayahan ini menjadi pertimbangan penting dalam penentuan kapasitas fasilitas yang akan dibangun.

Tabel 4.1 Luas Wilayah dan Pembagian Administratif Kota Surakarta

Tabel 4. 1. Luas Wilayah dan Pembagian Administratif Kota Surakarta

Aspek	Keterangan
Provinsi	Jawa Tengah
Luas wilayah	± 46,72 km²

[134] Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. (2025). Kota Surakarta dalam angka 2025. Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. https://surakartakota.bps.go.id/id/publication/2025/02/28/8974f0197a8b96272625a385/kota-surakarta-dalam-angka-2025.html (diakses 12 Agustus 2026)

[135] Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

[136] Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025a). Kinerja PLTSa masih jauh dari harapan, DPRD Kota Surakarta desak percepatan pengolahan sampah. https://dprd.surakarta.go.id/kinerja-pltsa-masih-jauh-dari-harapan-dprd-kota-surakarta-desak-percepatan-pengolahan-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)

[137] Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025a). Kinerja PLTSa masih jauh dari harapan, DPRD Kota Surakarta desak percepatan pengolahan sampah. https://dprd.surakarta.go.id/kinerja-pltsa-masih-jauh-dari-harapan-dprd-kota-surakarta-desak-percepatan-pengolahan-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)

Aspek	Keterangan
Ketinggian	± 92 meter di atas permukaan laut
Jumlah kecamatan	5 (Banjarsari, Jebres, Laweyan, Pasar Kliwon, Serengan)
Jumlah kelurahan	54 kelurahan
Kedudukan kewilayahan	Kota inti Kawasan Metropolitan Solo Raya (Subosukawonosraten)
Lokasi TPA	TPA Putri Cempo, Kelurahan Mojosongo, Kecamatan Jebres
Luas tapak TPA	± 17 hektare, dengan ± 8 hektare dialokasikan untuk PLTSa

Sumber: Diolah penulis (2026) dari BPS Kota Surakarta (2025); Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta (2023); Kompasiana (2024).

4.2 Kondisi Demografis

Berdasarkan Buku Profil Perkembangan Kependudukan Kota Surakarta, jumlah penduduk perempuan tercatat sebanyak 298.730 jiwa atau 50,70 persen dari total penduduk kota, sehingga jumlah penduduk keseluruhan berada pada kisaran 589 ribu jiwa[138]. Angka kepadatan penduduk Kota Surakarta mencapai 12.612 jiwa per kilometer persegi, yang berarti setiap kilometer persegi wilayah dihuni oleh lebih dari dua belas ribu jiwa[139]. Kecamatan Pasar Kliwon merupakan kecamatan terpadat dengan kepadatan mencapai 18.195 jiwa per kilometer persegi, sedangkan urutan jumlah penduduk terbanyak per kecamatan secara berturut-turut adalah Banjarsari, Jebres, Laweyan, Pasar Kliwon, dan Serengan[140]. Perlu dicatat bahwa data Badan Pusat Statistik yang menggunakan konsep penduduk de facto menghasilkan angka yang berbeda dengan data administrasi kependudukan, sehingga kedua sumber perlu dibaca secara komplementer[141]. Untuk keperluan perhitungan timbulan, kajian ini menggunakan angka timbulan agregat hasil timbangan Dinas Lingkungan Hidup sebagai rujukan utama agar tidak bergantung pada selisih definisi kependudukan.

model pengolahan terdesentralisasi berskala kelurahan menjadi sangat efisien[142]. Timbulan sampah per kapita di Kota Surakarta tercatat sebesar 0,65 kilogram per jiwa per hari dan diperkirakan Dinas Lingkungan Hidup meningkat menjadi 0,75 kilogram per jiwa per hari[143]. Angka tersebut relatif tinggi untuk ukuran

[138] Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Surakarta. (2025). Buku profil kependudukan Kota Surakarta tahun 2024. https://dispendukcapil.surakarta.go.id/wp-content/uploads/2025/06/Final_Buku-Profil-Kependudukan-Tahun-2024.pdf (diakses 12 Agustus 2026)

[139] Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Surakarta. (2025). Buku profil kependudukan Kota Surakarta tahun 2024. https://dispendukcapil.surakarta.go.id/wp-content/uploads/2025/06/Final_Buku-Profil-Kependudukan-Tahun-2024.pdf (diakses 12 Agustus 2026)

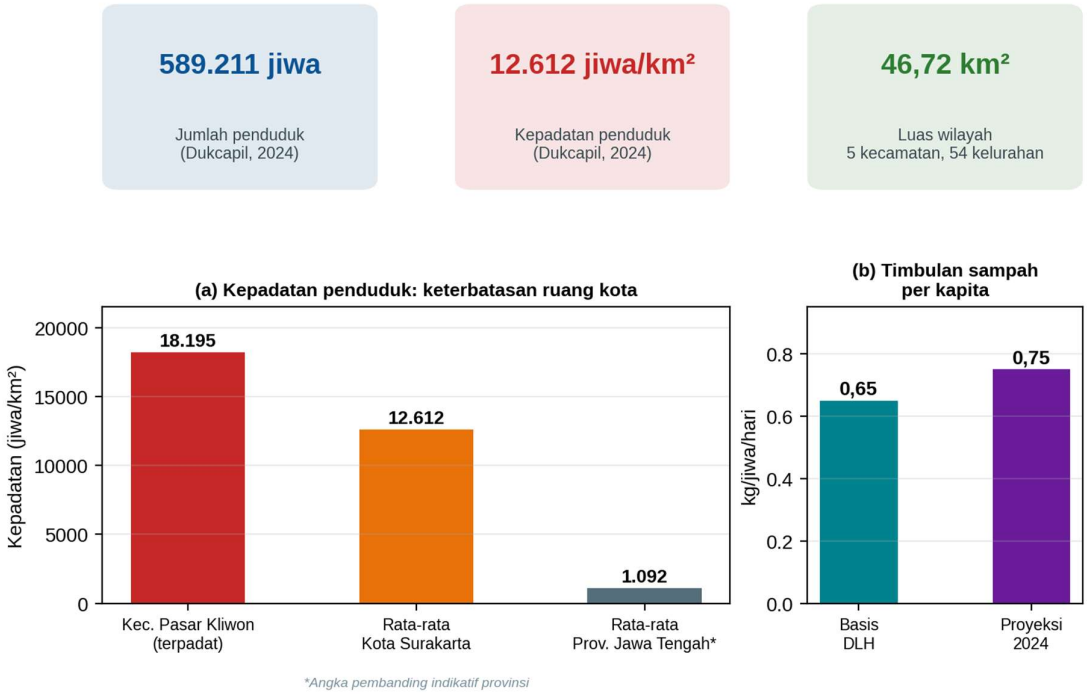
[140] Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Surakarta. (2025). Buku profil kependudukan Kota Surakarta tahun 2024. https://dispendukcapil.surakarta.go.id/wp-content/uploads/2025/06/Final_Buku-Profil-Kependudukan-Tahun-2024.pdf (diakses 12 Agustus 2026)

[141] Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. (2025). Kota Surakarta dalam angka 2025. Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. https://surakartakota.bps.go.id/id/publication/2025/02/28/8974f0197a8b96272625a385/kota-surakarta-dalam-angka-2025.html (diakses 12 Agustus 2026)

[142] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

[143] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

kota menengah dan bahkan disebut setara dengan produksi per kapita Jakarta[144]. Dengan demikian, intervensi perubahan perilaku pada tingkat rumah tangga memiliki daya ungkit yang sangat besar terhadap penurunan beban TPA.



Gambar 4. 1. Profil Kependudukan dan Beban Persampahan Kota Surakarta

Sumber: Diolah penulis (2026) dari Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Surakarta (2025) dan BRIDA Kota Surakarta (2024).

Tabel 4. 2. Indikator Kependudukan Kota Surakarta

Indikator	Nilai	Sumber
Jumlah penduduk perempuan	298.730 jiwa (50,70 persen dari total)	Dispendukcapil Kota Surakarta (2025)
Estimasi jumlah penduduk total	± 589 ribu jiwa	Perhitungan penulis dari Dispendukcapil Kota Surakarta (2025)
Kepadatan penduduk kota	12.612 jiwa/km²	Dispendukcapil Kota Surakarta (2025)
Kecamatan terpadat	Pasar Kliwon, 18.195 jiwa/km²	Dispendukcapil Kota Surakarta (2025)
Urutan penduduk terbanyak per kecamatan	Banjarsari, Jebres, Laweyan, Pasar Kliwon, Serengan	Dispendukcapil Kota Surakarta (2025)
Timbulan sampah per kapita	0,65 kg/jiwa/hari, proyeksi 0,75 kg/jiwa/hari	BRIDA Kota Surakarta (2024)

Sumber: Diolah penulis (2026) dari sumber yang tercantum pada kolom terakhir.

[144] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

4.3 Kondisi Sosial-Ekonomi

Kota Surakarta memiliki capaian pembangunan manusia yang tergolong sangat tinggi. Indeks Pembangunan Manusia Kota Surakarta pada tahun 2024 tercatat sebesar 84,41 atau tumbuh 1,04 persen dibandingkan tahun 2023, dan berada pada kategori sangat baik dengan seluruh komponen penyusunnya tumbuh positif[145]. Pertumbuhan terbesar terjadi pada komponen pengeluaran per kapita, rata-rata lama sekolah, dan harapan lama sekolah[146]. Capaian ini menunjukkan bahwa modal manusia Kota Surakarta cukup memadai untuk menopang program yang menuntut perubahan perilaku dan literasi lingkungan. Struktur ekonomi kota didominasi sektor perdagangan, jasa, akomodasi, dan penyediaan makan minum yang seluruhnya merupakan penghasil sampah signifikan. Kondisi sosial-ekonomi yang relatif baik ini menjadi dasar argumen bahwa kesediaan masyarakat untuk membayar retribusi yang lebih memadai sesungguhnya masih memiliki ruang untuk ditingkatkan[147].

Meskipun demikian, kondisi sosial-ekonomi yang baik secara agregat tidak berarti tidak ada kelompok rentan yang perlu dilindungi. Terdapat sekitar 287 pemulung yang telah bekerja di TPA Putri Cempo selama lebih dari tiga puluh tahun dan menjadikan hasil memulung sebagai sumber penghasilan utama[148]. Selain itu terdapat warga yang menggembalakan sekitar 200 hingga 300 ekor sapi di area TPA sejak puluhan tahun lalu[149]. Kajian mengenai dampak TPA Putri Cempo terhadap permukiman sekitar menemukan bahwa aktivitas pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, daur ulang, penimbunan akhir, dan pengolahan lindi memberikan dampak berbeda pada zona radius kurang dari lima ratus meter dan zona lebih dari lima ratus meter hingga seribu meter[150]. Dampak tersebut mencakup aspek fisik dan tata bangunan, kondisi sarana, kenyamanan dan keamanan, lokasi dan aksesibilitas, kondisi lingkungan alami, serta perekonomian[151]. Temuan ini menegaskan bahwa setiap intervensi

[145] Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. (2024). Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Kota Surakarta Tahun 2024. https://surakartakota.bps.go.id/en/news/2024/11/21/171/indeks-pembangunan-manusia--ipm--kota-surakarta-tahun-2024.html (diakses 12 Agustus 2026)

[146] Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. (2024). Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Kota Surakarta Tahun 2024. https://surakartakota.bps.go.id/en/news/2024/11/21/171/indeks-pembangunan-manusia--ipm--kota-surakarta-tahun-2024.html (diakses 12 Agustus 2026)

[147] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[148] Solopos. (2026b, April). Ratusan pemulung terimbas penghentian open dumping di TPA Putri Cempo Solo. https://solopos.espos.id/ratusan-pemulung-terimbas-penghentian-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-solo-2210127 (diakses 12 Agustus 2026)

[149] Solopos. (2026b, April). Ratusan pemulung terimbas penghentian open dumping di TPA Putri Cempo Solo. https://solopos.espos.id/ratusan-pemulung-terimbas-penghentian-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-solo-2210127 (diakses 12 Agustus 2026)

[150] Ramadhanti, A., Nugroho, S., & Purwanto, P. (2021). Dampak keberadaan tempat pemrosesan akhir sampah terhadap kualitas lingkungan permukiman sekitar. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 13(3). https://e-journal.unair.ac.id/JKL/article/view/76172 (diakses 12 Agustus 2026)

[151] Ramadhanti, A., Nugroho, S., & Purwanto, P. (2021). Dampak keberadaan tempat pemrosesan akhir sampah terhadap kualitas lingkungan permukiman sekitar. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 13(3). https://e-journal.unair.ac.id/JKL/article/view/76172 (diakses 12 Agustus 2026)

Tabel 4. 3. Indikator Sosial-Ekonomi Kota Surakarta yang Relevan dengan Kajian

Indikator	Kondisi	Implikasi terhadap Pengelolaan Sampah
Indeks Pembangunan Manusia 2024	84,41 (kategori sangat tinggi), tumbuh 1,04 persen	Literasi dan kapasitas masyarakat memadai untuk program pemilahan berbasis rumah tangga
Struktur ekonomi dominan	Perdagangan, jasa, akomodasi, makan minum, dan pariwisata	Sumber sampah usaha dan pasar signifikan; potensi penerapan tanggung jawab produsen
Cakupan retribusi kebersihan	Menutup sekitar 20 persen biaya pengelolaan sampah, lebih tinggi dari rata-rata daerah lain	Ruang penyesuaian tarif masih terbuka jika disertai peningkatan mutu layanan
Pekerja sektor informal di TPA	± 287 pemulung; ± 200–300 ekor sapi digembalakan	Wajib disediakan skema transisi berkeadilan dalam setiap skenario
Permukiman sekitar TPA	Terdampak pada radius ≤ 500 m untuk aspek fisik, kenyamanan, dan lingkungan	Zona penyangga, pengendalian bau dan lindi menjadi komponen wajib DED

Sumber: Diolah penulis (2026) dari BPS Kota Surakarta (2024); BRIDA Kota Surakarta (2024); Solopos (2026b); Ramadhanti dkk. (2021).

4.4 Kondisi Infrastruktur dan Sarana Persampahan

Sistem persampahan Kota Surakarta saat ini masih bercorak kumpul-angkut-buang dengan TPA Putri Cempo sebagai satu-satunya muara. Sarana yang tersedia meliputi tempat penampungan sementara, armada pengangkut, TPS3R, bank sampah unit dan bank sampah induk, serta fasilitas PLTSa di TPA. Pemerintah Kota Surakarta terus mendorong penguatan bank sampah di tingkat rukun warga dan kelurahan sebagai langkah strategis pengurangan sampah dari sumber sekaligus meningkatkan partisipasi masyarakat[152]. TPS3R Mojo Makmur menjadi salah satu contoh fasilitas pengolahan berbasis kawasan yang diperkuat Pemerintah Kota[153]. Meskipun demikian, penelitian menemukan bahwa pengelolaan sampah berbasis masyarakat di Kota Surakarta masih rendah dan menjadi salah satu penyebab utama menumpuknya sampah di TPA[154]. Dinas Lingkungan Hidup juga telah mengembangkan aplikasi DILARISI sebagai kanal pembayaran retribusi sampah daring untuk meningkatkan kemudahan dan transparansi[155].

tercampur kembali pada tahap pengangkutan sehingga upaya pemilahan menjadi sia-sia. Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta menekankan pentingnya pemilahan sampah dari hulu agar mesin pengolahan dapat bekerja optimal dan timbulan sampah dapat ditekan[156]. Keterbatasan alat berat juga sempat menjadi

[152] Hariankota.com. (2026). Pemkot Surakarta perkuat pengelolaan sampah lewat TPS3R Mojo Makmur. https://hariankota.com/pemkot-surakarta-perkuat-pengelolaan-sampah-lewat-tps3r-mojo-makmur/ (diakses 12 Agustus 2026)

[153] Hariankota.com. (2026). Pemkot Surakarta perkuat pengelolaan sampah lewat TPS3R Mojo Makmur. https://hariankota.com/pemkot-surakarta-perkuat-pengelolaan-sampah-lewat-tps3r-mojo-makmur/ (diakses 12 Agustus 2026)

[154] Pratama, A., Setiawan, B., & Wardhani, R. (2024). Kajian pengelolaan sampah berbasis masyarakat melalui bank sampah dan TPS3R di kawasan perkotaan. Journal of Sustainable Society and Environmental Welfare. https://journal-iasssf.com/index.php/JSSEW/article/view/180 (diakses 12 Agustus 2026)

[155] Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta. (2026). Perkuat pengelolaan sampah, Wali Kota Surakarta sambangi Dinas Lingkungan Hidup. https://dlh.surakarta.go.id/ (diakses 12 Agustus 2026)

[156] Apakabar.co.id. (2026, Februari). Alat berat ditambah, Respati benahi jalur sampah di Putri Cempo. https://apakabar.co.id/news/alat-berat-ditambah-respati-benahi-jalur-sampah-di-putri-cempo/ (diakses 12 Agustus 2026)

persoalan serius ketika hanya satu ekskavator yang berfungsi di TPA sehingga menimbulkan antrean truk yang panjang, dan Pemerintah Kota kemudian menambah alat berat berupa dozer serta loader untuk menangani dan menata sampah[157]. Dinas Lingkungan Hidup juga menjadwalkan keluar masuk truk sampah agar penampungan tidak melampaui kapasitas harian[158]. Kondisi ini menunjukkan bahwa investasi pada rantai logistik terpilah sama pentingnya dengan investasi pada fasilitas pengolahan itu sendiri.

4.5 Profil Spesifik Objek Kajian: TPA dan PLTSa Putri Cempo

TPA Putri Cempo terletak di Kelurahan Mojosongo, Kecamatan Jebres, dan telah beroperasi sejak tahun 1987 dengan luas tapak sekitar 17 hektare serta kapasitas teknis yang dirancang hanya untuk usia layanan dua puluh tahun[159]. Fasilitas ini merupakan satu-satunya tempat pemrosesan akhir yang dimiliki Kota Surakarta sehingga terjadi kelebihan muatan sejak tahun 2007[160]. Sistem pengelolaan akhir yang semula direncanakan berupa sanitary landfill berubah menjadi open dumping yang tidak dapat dihindari, dan pada tahun 2023 ketinggian timbunan telah mencapai sekitar 28 meter[161]. Dari total 17 hektare lahan yang dimiliki Pemerintah Kota, sekitar 8 hektare telah dialokasikan sebagai lokasi kerja sama PLTSa[162]. Dengan demikian, ruang yang tersisa untuk pembangunan fasilitas pengolahan baru relatif terbatas dan menuntut perencanaan tata letak yang sangat cermat.

PLTSa Putri Cempo dikelola oleh PT Solo Citra Metro Plasma Power dan diresmikan pada Oktober 2023 dengan nilai investasi sekitar Rp300 miliar serta kapasitas listrik desain sebesar 8 megawatt, di mana 5 megawatt dijual kepada PT PLN (Persero) dan sisanya digunakan untuk kebutuhan sendiri[163]. Daya tersebut disalurkan melalui jaringan tegangan menengah 20 kilovolt yang menghubungkan PLTSa dengan gardu PLN di Palur, Karanganyar, dengan harga pembelian listrik sebesar 13,55 sen dolar Amerika Serikat per kilowatt jam[164]. Fasilitas ini menggunakan metode gasifikasi dan sempat direncanakan mengolah hingga 545 ton sampah per hari (Kompas.com,

---

[157] Apakabar.co.id. (2026, Februari). Alat berat ditambah, Respati benahi jalur sampah di Putri Cempo. https://apakabar.co.id/news/alat-berat-ditambah-respati-benahi-jalur-sampah-di-putri-cempo/ (diakses 12 Agustus 2026)

[158] Apakabar.co.id. (2026, Februari). Alat berat ditambah, Respati benahi jalur sampah di Putri Cempo. https://apakabar.co.id/news/alat-berat-ditambah-respati-benahi-jalur-sampah-di-putri-cempo/ (diakses 12 Agustus 2026)

[159] Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

[160] Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

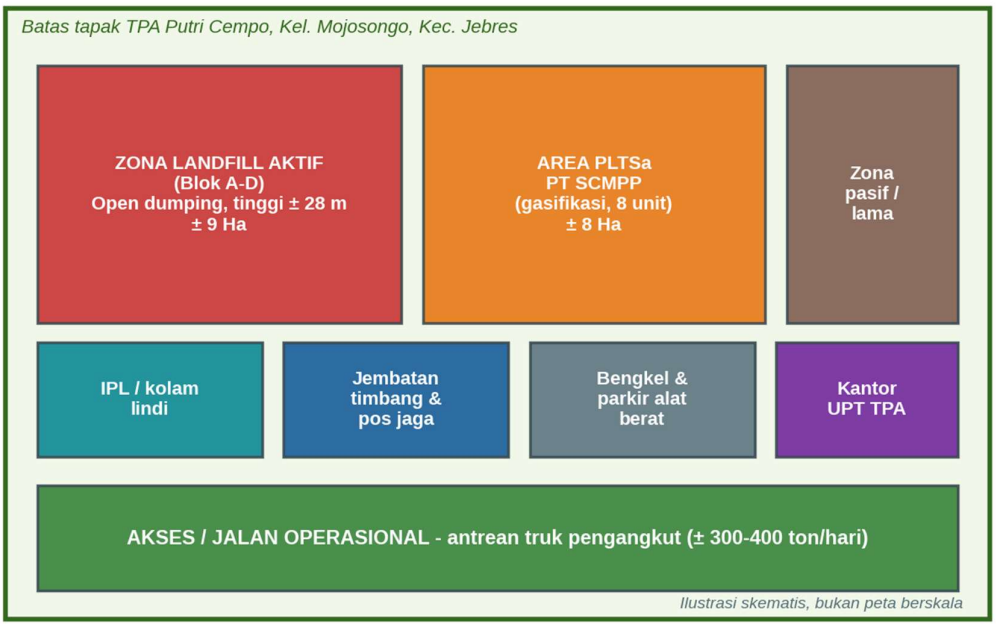
[161] Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

[162] Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

[163] CNN Indonesia. (2023, Oktober). PLTSa Putri Cempo Solo resmi beroperasi, olah sampah jadi listrik. CNN Indonesia. (diakses 12 Agustus 2026)

[164] CNN Indonesia. (2023, Oktober). PLTSa Putri Cempo Solo resmi beroperasi, olah sampah jadi listrik. CNN Indonesia. (diakses 12 Agustus 2026)

Kondisi kepatuhan hukum TPA Putri Cempo saat ini berada pada status yang sangat kritis. Pemerintah Kota Surakarta menerima sanksi administratif berupa paksaan pemerintah dari Kementerian Lingkungan Hidup terhitung 30 Maret 2026 dan diminta menyusun rencana aksi penghentian sistem pembuangan terbuka[165]. Kepala Dinas Lingkungan Hidup menegaskan bahwa yang diakhiri adalah praktik open dumping dan bukan penutupan TPA[166]. Sejumlah persiapan telah dilakukan, meliputi pengendalian stabilitas tumpukan sampah, pengaturan air lindi, pengendalian gas metana, hingga pemantauan kualitas udara[167]. Wali Kota Surakarta juga menyatakan sedang menyusun Peraturan Wali Kota untuk mengurangi sampah yang masuk ke TPA Putri Cempo dengan prinsip bahwa hanya barang yang tidak dapat tereduksi yang boleh masuk[168]. Arah kebijakan ini secara substansi sejalan dengan rekomendasi yang akan diuraikan pada Bab V.



Gambar 4. 2. Skema Tapak Eksisting TPA/PLTSa Putri Cempo

Sumber: Konstruksi penulis (2026) berdasarkan Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta (2023); Kompasiana (2024); Solopos (2026a). Ilustrasi bersifat skematis dan tidak berskala.

Tabel 4. 4. Profil dan Kondisi Eksisting TPA/PLTSa Putri Cempo

Aspek	Kondisi Eksisting	Sumber
Tahun mulai operasi	1987, dengan usia layanan desain 20 tahun	Pusat Kajian Litbangda Kota Surakarta (2023)

[165] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)
[166] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)
[167] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)
[168] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)

Aspek	Kondisi Eksisting	Sumber
Luas tapak	± 17 hektare; ± 8 hektare dialokasikan untuk PLTSa	Pusat Kajian Litbangda (2023); Kompasiana (2024)
Status kapasitas	Melampaui kapasitas (overload) sejak tahun 2007	Pusat Kajian Litbangda Kota Surakarta (2023)
Sistem pengelolaan	Open dumping (semula direncanakan sanitary landfill)	Pusat Kajian Litbangda Kota Surakarta (2023)
Ketinggian timbunan	± 28 meter pada tahun 2023	Pusat Kajian Litbangda Kota Surakarta (2023)
Sampah masuk harian	± 300 ton/hari, meningkat hingga 400 ton pada akhir pekan	DPRD Kota Surakarta (2025a)
Timbulan kota (SIPSN 2023)	152.974 ton/tahun atau ± 419 ton/hari	PT Centra Rekayasa Enviro (2026)
Pengelola PLTSa	PT Solo Citra Metro Plasma Power (SCMPP)	CNN Indonesia (2023)
Teknologi PLTSa	Gasifikasi; peresmian Oktober 2023	CNN Indonesia (2023); Kompas.com (2026b)
Nilai investasi PLTSa	± Rp300 miliar (tahap I ± USD 23 juta); total rencana USD 50 juta	CNN Indonesia (2023); WALHI (2024)
Kapasitas listrik desain	8 MW (5 MW dijual ke PLN, 3 MW untuk operasional)	CNN Indonesia (2023); Kompas.com (2026b)
Harga jual listrik	13,55 sen USD per kWh berdasarkan PJBL	CNN Indonesia (2023)
Kapasitas olah desain	389–545 ton/hari	PT Centra Rekayasa Enviro (2026)
Kapasitas olah aktual	50–80 ton/hari; listrik 1,5–1,6 MW	PT Centra Rekayasa Enviro (2026)
Target Pemkot 2026	200 ton/hari	Solopos (2026a)
Status hukum	Sanksi administratif paksaan pemerintah KLH per 30 Maret 2026	Solopos (2026a)
Tenggat nasional	31 Juli 2026 untuk penghentian open dumping	Kompas.id (2026)
Pekerja informal	± 287 pemulung; ± 200–300 ekor sapi digembalakan	Solopos (2026b)

Sumber: Diolah penulis (2026) dari sumber yang tercantum pada kolom terakhir; seluruh sumber diakses pada 12 Agustus 2026.

Perkembangan paling mutakhir memperlihatkan bahwa kondisi kritis tersebut telah berubah menjadi kedaruratan bencana. Kebakaran besar yang bermula di Blok B pada 2 September 2026 merambat ke Blok C dan Blok D sehingga sekitar enam hektare timbunan hangus terbakar, dan api belum dapat dipadamkan setelah lebih dari empat puluh jam operasi[169]. Kementerian Lingkungan Hidup menjelaskan bahwa akumulasi gas metana pada timbunan terbuka merupakan penyebab utama sulitnya pemadaman, sehingga penghentian open dumping menjadi syarat mutlak pencegahan kejadian serupa[170]. Kondisi topografi timbunan yang tidak stabil dan keberadaan menara Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi di tengah lokasi

[169] Kompas.com. (2026c, 4 September). Kebakaran TPA Putri Cempo belum terkendali, Pemkot Solo tetapkan status tanggap darurat bencana 14 hari. https://regional.kompas.com/read/2026/09/04/104119178/kebakaran-tpa-putri-cempo-belum-terkendali-pemkot-solo-tetapkan-status (diakses 10 September 2026)

[170] ANTARA News. (2026b, 4 September). KLH: Open dumping salah satu penyebab kebakaran TPA Putri Cempo. Kantor Berita ANTARA. https://www.antaranews.com/berita/5726256/klh-open-dumping-salah-satu-penyebab-kebakaran-tpa-putri-cempo (diakses 10 September 2026)

menyulitkan manuver kendaraan pemadam sekaligus menambah risiko terhadap infrastruktur strategis[171]. Rangkaian kejadian tersebut dirangkum pada Tabel 4.5 dan divisualisasikan pada Gambar 4.3 agar pembaca dapat menangkap pola eskalasi risikonya secara utuh. Pola tersebut menegaskan bahwa setiap penundaan pengurangan volume sampah yang masuk ke TPA berbanding lurus dengan peningkatan risiko bencana bagi permukiman di sekitarnya.

Tabel 4. 5. Kronologi Kedaruratan dan Tenggat Kepatuhan TPA Putri Cempo Tahun 2026

Waktu	Kejadian	Implikasi Kepatuhan dan Risiko	Sumber
30 Maret 2026	Sanksi administratif berupa paksaan pemerintah dari Kementerian Lingkungan Hidup untuk menghentikan praktik open dumping.	Kewajiban menyusun rencana aksi penghentian open dumping dengan tenggat yang mengikat.	Solopos (2026a)
1 Mei 2026	Aksi Paguyuban Pemulung TPA Putri Cempo menuntut kepastian akses memulung setelah penataan menuju sanitary landfill.	Kebutuhan skema transisi berkeadilan bagi 287 pemulung dan pemilik sekitar 200–300 ekor sapi.	Ayo Solo (2026)
6 dan 10 Juni 2026	Dua kali kebakaran pada area timbunan sampah terbuka TPA Putri Cempo.	Indikasi awal bahwa timbunan terbuka telah menjadi sumber risiko kebakaran berulang.	Ekuatorial (2026)
2 September 2026	Kebakaran besar bermula di Blok B sekitar pukul 18.00 WIB dan merambat ke Blok C serta Blok D; luas terbakar sekitar 6 hektare.	Terganggunya operasional TPA, ancaman terhadap menara SUTET, dan pencemaran udara lintas wilayah.	CNBC Indonesia (2026); Kompas.com (2026c, 2026d)
3 September 2026	Penetapan status Tanggap Darurat Bencana selama 14 hari oleh Wali Kota Surakarta; pengungsian warga ke Pendopo Kelurahan Mojosongo.	Pengalihan sumber daya anggaran dan personel ke penanganan darurat, bukan ke perbaikan sistem.	Kompas.com (2026c); ANTARA Foto (2026)
8 September 2026	Sebanyak 105 jiwa warga Desa Plesungan, Kabupaten Karanganyar, masih berada di pengungsian akibat paparan asap.	Dampak lintas daerah yang menuntut koordinasi kewilayahan Solo Raya.	CNN Indonesia (2026)
30 September 2026	Tenggat akhir penghentian praktik open dumping di TPA Putri Cempo sesuai sanksi Kementerian Lingkungan Hidup.	Risiko peningkatan penanganan ke ranah pidana apabila tidak dipenuhi.	Solopos (2026d)

Sumber: Diolah penulis (2026) dari sumber pemberitaan yang tercantum pada kolom terakhir, seluruhnya diakses pada 10 September 2026.

[171] Kompas.com. (2026d, 3 September). Kebakaran TPA Putri Cempo Solo, ada SUTET di tengah lokasi. https://regional.kompas.com/read/2026/09/03/065628078/kebakaran-tpa-putri-cempo-solo-ada-sutet-di-tengah-lokasi (diakses 10 September 2026)



Gambar 4. 3.Eskalasi Kedaruratan TPA Putri Cempo Kota Surakarta Tahun 2023–2026

Sumber: Diolah penulis (2026) dari Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta (2023); Solopos (2026a, 2026d); Ayo Solo (2026); Ekuatorial (2026); CNBC Indonesia (2026); Kompas.com (2026c, 2026d); CNN Indonesia (2026).

4.6 Karakteristik Sampah Kota Surakarta

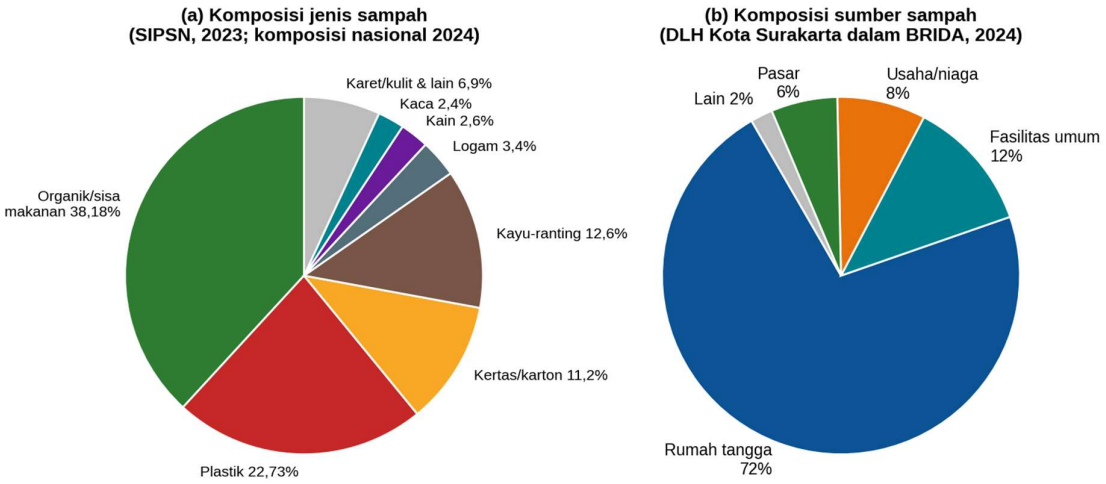
Karakteristik sampah merupakan penentu utama pilihan teknologi pengolahan yang tepat. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional tahun 2023, dari total 152.974 ton timbulan sampah Kota Surakarta, sebesar 38,18 persen merupakan sampah organik dan 22,73 persen merupakan sampah plastik[172]. Data yang lebih mutakhir dari Dinas Lingkungan Hidup menyebutkan bahwa sekitar 55 hingga 60 persen timbulan merupakan sampah organik yang berpotensi diolah menjadi kompos[173], sedangkan hasil kajian BRIDA menyebutkan dominasi sampah organik mencapai 70 persen[174]. Perbedaan angka ini disebabkan oleh perbedaan metode dan waktu pengukuran, sehingga kajian ini menggunakan angka 55 persen sebagai asumsi konservatif untuk perancangan kapasitas. Pada tataran nasional, komposisi sampah didominasi sisa makanan sebesar 39,36 persen dan plastik sebesar 19,64 persen pada tahun 2024, disusul kayu dan ranting 12,62 persen serta kertas dan karton 11,16 persen[175]. Dominasi fraksi organik basah ini menegaskan bahwa teknologi biologis harus menjadi tulang punggung sistem, bukan pelengkap.

Dari sisi sumber, rumah tangga menjadi penyumbang terbesar sebanyak 72 persen, diikuti sumber umum 12 persen, sumber usaha 8 persen, dan pasar 6

[172] Lokawarta. (2024). Solo darurat sampah. https://lokawarta.com/solo-darurat-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)
[173] Hariankota.com. (2026). Pemkot Surakarta perkuat pengelolaan sampah lewat TPS3R Mojo Makmur. https://hariankota.com/pemkot-surakarta-perkuat-pengelolaan-sampah-lewat-tps3r-mojo-makmur/ (diakses 12 Agustus 2026)
[174] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)
[175] GoodStats. (2025). 39 persen sampah Indonesia adalah sisa makanan. https://data.goodstats.id/statistic/39-sampah-indonesia-adalah-sisa-makanan-r1vK4 (diakses 12 Agustus 2026)

persen[176]. Angka kontribusi rumah tangga di Kota Surakarta ini jauh lebih tinggi dibandingkan rata-rata nasional yang sebesar 47 persen[177]. Pasar sebagai pusat kegiatan ekonomi memproduksi sekitar 30 ton per hari atau 7,28 persen dari total timbulan, yang sebagian besar berupa sampah organik dari sisa sayuran dan buah serta sampah plastik[178]. Organisasi masyarakat sipil Gita Pertiwi telah melakukan riset penggunaan plastik sekali pakai di lima pasar tradisional Kota Surakarta, yaitu Pasar Jebres, Pasar Nongko, Pasar Purwosari, Pasar Singosaren, dan Pasar Gading, serta menginisiasi program pasar minim sampah[179]. Struktur sumber sampah yang sangat terkonsentrasi pada rumah tangga dan pasar ini justru menguntungkan karena intervensi dapat difokuskan pada dua titik yang jelas dan terukur.

Gambar 4.2 Karakteristik Sampah Kota Surakarta



Gambar 4. 4. Karakteristik Sampah Kota Surakarta

Sumber: Diolah penulis (2026) dari Lokawarta (2024) yang mengutip SIPSN 2023; GoodStats (2025) untuk komposisi nasional 2024; dan BRIDA Kota Surakarta (2024) untuk komposisi sumber.

[176] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[177] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[178] Lokawarta. (2024). Solo darurat sampah. https://lokawarta.com/solo-darurat-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)

[179] Lokawarta. (2024). Solo darurat sampah. https://lokawarta.com/solo-darurat-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis dan pembahasan yang disusun dalam lima sub-bab sesuai dengan lima tujuan kajian yang telah dirumuskan pada Bab I. Setiap sub-bab dilengkapi tabel, grafik, dan diagram agar seluruh angka yang dihasilkan dapat ditelusuri dan diperiksa ulang oleh pembaca.

5.1 Karakteristik dan Neraca Massa Sampah serta Besaran Kesenjangan

5.1.1 Basis Perhitungan dan Asumsi yang Digunakan

Analisis neraca massa memerlukan penetapan basis perhitungan yang jelas agar seluruh angka turunan dapat diverifikasi. Kajian ini menggunakan basis timbulan 350 ton per hari yang merupakan nilai tengah dari rentang 300 hingga 400 ton per hari sebagaimana dinyatakan Wali Kota Surakarta dan data timbangan Dinas Lingkungan Hidup[180]. Angka ini bersifat konservatif apabila dibandingkan dengan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional tahun 2023 yang mencatat 152.974 ton per tahun atau sekitar 419 ton per hari[181]. Komposisi sampah organik ditetapkan sebesar 55 persen yang merupakan batas bawah rentang 55 hingga 60 persen menurut Dinas Lingkungan Hidup, dan lebih konservatif dibandingkan angka 70 persen menurut kajian BRIDA[182]. Pemilihan asumsi konservatif ini dimaksudkan agar kapasitas fasilitas yang dirancang tidak berlebihan sehingga tidak membebani anggaran daerah secara tidak perlu. Seluruh asumsi dinyatakan secara terbuka agar dapat dikoreksi ketika data primer hasil sampling lapangan tersedia.

Komposisi sampah dikelompokkan menjadi empat fraksi fungsional yang masing-masing memiliki jalur pemrosesan berbeda. Fraksi organik sebesar 55 persen atau 192,5 ton per hari mencakup sisa makanan, sayuran, buah, dan sampah taman yang diarahkan ke jalur biokonversi dan komposting[183]. Fraksi anorganik bernilai daur ulang sebesar 20 persen atau 70 ton per hari mencakup plastik keras, kertas, karton, logam, dan kaca yang diarahkan ke jalur pemulihan material. Fraksi anorganik berkalori tinggi sebesar 17 persen atau 59,5 ton per hari mencakup plastik lembaran, tekstil, karet, dan kayu yang diarahkan ke jalur bahan bakar jumputan padat sesuai SNI 8966:2021[184]. Fraksi residu dan bahan berbahaya beracun rumah tangga sebesar

---

[180] Pemerintah Kota Surakarta. (2026). Wali Kota Respati Ardi soroti lonjakan sampah, apel pascalebaran digelar di TPA Putri Cempo. https://surakarta.go.id/detail-berita/wali-kota-respati-ardi-soroti-lonjakan-sampah-apel-pascalebaran-digelar-di-tpa-putri-cempo-3946 (diakses 12 Agustus 2026) Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025a). Kinerja PLTSa masih jauh dari harapan, DPRD Kota Surakarta desak percepatan pengolahan sampah. https://dprd.surakarta.go.id/kinerja-pltsa-masih-jauh-dari-harapan-dprd-kota-surakarta-desak-percepatan-pengolahan-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)

[181] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[182] Hariankota.com. (2026). Pemkot Surakarta perkuat pengelolaan sampah lewat TPS3R Mojo Makmur. https://hariankota.com/pemkot-surakarta-perkuat-pengelolaan-sampah-lewat-tps3r-mojo-makmur/ (diakses 12 Agustus 2026) Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[183] Kusumaningsih, D. (2024). Analisis kelayakan usaha budidaya maggot Black Soldier Fly sebagai solusi pengelolaan sampah organik. Jurnal Serambi Engineering, 6(4). https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3518

[184] Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2021). Analisis nilai kalor bahan bakar jumputan padat berbasis sampah dan kesesuaiannya terhadap standar nasional. Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah. https://jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id/index.php/jip/ (diakses 12 Agustus 2026)

8 persen atau 28 ton per hari diarahkan ke pemulihan energi dan penimbunan aman. Pengelompokan fungsional ini merupakan penyederhanaan dari

5.1.2 Neraca Massa Kondisi Eksisting Tahun 2026

Berdasarkan basis perhitungan tersebut, neraca massa kondisi eksisting menunjukkan gambaran yang mengkhawatirkan. Dari 350 ton sampah yang dihasilkan setiap hari, hanya sekitar 80 ton yang diolah di PLTSa dan sekitar 25 ton yang tereduksi melalui bank sampah, TPS3R, serta kegiatan pemulung, sehingga sekitar 245 ton per hari atau 70 persen dari total timbulan menumpuk tanpa pengolahan[185]. Angka 245 ton per hari tersebut setara dengan sekitar 89.425 ton per tahun yang menambah ketinggian timbunan yang telah mencapai 28 meter[186]. Apabila dikonversi dengan asumsi kepadatan sampah terpadatkan sekitar 0,7 ton per meter kubik, penambahan volume tahunan mencapai sekitar 127.750 meter kubik. Kondisi ini secara langsung bertentangan dengan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dan telah berujung pada sanksi administratif Kementerian Lingkungan Hidup[187]. Dengan demikian, besaran kesenjangan yang harus ditutup bukan sekadar angka teknis, melainkan ukuran risiko hukum yang dihadapi Pemerintah Kota Surakarta.

Tabel 5. 1. Neraca Massa Sampah Kota Surakarta Kondisi Eksisting Tahun 2026

No.	Komponen Aliran	Ton/hari	Persen	Keterangan dan Sumber
1	Total timbulan sampah kota (basis desain)	350,0	100,0	Nilai tengah rentang 300–400 ton/hari (Pemerintah Kota Surakarta, 2026; DPRD Kota Surakarta, 2025a)
2	Fraksi organik (sisa makanan, sayur, taman)	192,5	55,0	Batas bawah rentang 55–60 persen (Hariankota.com, 2026)
3	Fraksi anorganik bernilai daur ulang	70,0	20,0	Plastik keras, kertas, logam, kaca (SIPSN dalam Lokawarta, 2024)
4	Fraksi anorganik berkalori tinggi	59,5	17,0	Plastik lembaran, tekstil, karet, kayu (GoodStats, 2025)
5	Fraksi residu dan B3 rumah tangga	28,0	8,0	Popok, kaca pecah, baterai, residu halus
6	Terolah di PLTSa Putri Cempo	80,0	22,9	Kapasitas aktual 50–80 ton/hari (PT Centra Rekayasa Enviro, 2026)
7	Tereduksi di hulu (bank sampah, TPS3R, pemulung)	25,0	7,1	Estimasi penulis dari Pratama dkk. (2024) dan Hariankota.com (2026)
8	MENUMPUK DI LANDFILL (open dumping)	245,0	70,0	Selisih baris 1 dikurangi baris 6 dan 7 (perhitungan penulis)

[185] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026) Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025a). Kinerja PLTSa masih jauh dari harapan, DPRD Kota Surakarta desak percepatan pengolahan sampah. https://dprd.surakarta.go.id/kinerja-pltsa-masih-jauh-dari-harapan-dprd-kota-surakarta-desak-percepatan-pengolahan-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)

[186] Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

[187] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)

No.	Komponen Aliran	Ton/hari	Persen	Keterangan dan Sumber
9	Akumulasi tahunan timbunan	± 89.425 ton	—	Baris 8 dikalikan 365 hari (perhitungan penulis)

Sumber: Perhitungan penulis (2026) berdasarkan sumber yang tercantum pada kolom keterangan.

5.1.3 Proyeksi Timbulan Sampah Tahun 2026–2030

Proyeksi timbulan diperlukan agar kapasitas fasilitas yang dibangun tetap memadai selama umur ekonomisnya. Proyeksi disusun dengan asumsi pertumbuhan timbulan sebesar 1,5 persen per tahun yang merupakan gabungan pertumbuhan penduduk yang relatif rendah dan peningkatan timbulan per kapita dari 0,65 menjadi 0,75 kilogram per jiwa per hari sebagaimana diperkirakan Dinas Lingkungan Hidup[188]. Asumsi ini bersifat moderat karena data menunjukkan bahwa timbulan Kota Surakarta pernah meningkat sekitar 40 persen antara tahun 2021 dan 2023, namun peningkatan tajam tersebut diperkirakan tidak berulang secara terus-menerus[189]. Dengan asumsi tersebut, timbulan diproyeksikan meningkat dari 350 ton per hari pada tahun 2026 menjadi sekitar 371,5 ton per hari pada tahun 2030. Kapasitas fasilitas dirancang dengan margin sekitar sepuluh persen di atas proyeksi agar tetap memadai apabila pertumbuhan melampaui perkiraan. Perlu dicatat pula bahwa efektivitas program pengurangan di hulu dapat menekan laju pertumbuhan timbulan sehingga proyeksi ini bersifat batas atas.

Tabel 5. 2. Proyeksi Timbulan Sampah Kota Surakarta Tahun 2026–2030

Tahun	Timbulan (ton/hari)	Timbulan (ton/tahun)	Target sampah terkelola (ton/hari)	Target residu tertimbun (ton/hari)	Tingkat pengelolaan (persen)
2026	350,0	127.750	105	245	30,0
2027	355,3	129.685	155	195	44,3
2028	360,6	131.619	210	140	60,0
2029	366,0	133.590	260	90	74,3
2030	371,5	135.598	304	46	86,9

Sumber: Perhitungan penulis (2026) dengan asumsi pertumbuhan timbulan 1,5 persen per tahun; tingkat pengelolaan dihitung terhadap basis 350 ton/hari agar sebanding antartahun.

5.1.4 Analisis Kesenjangan terhadap Standar dan Kota Pembanding

penanganan 70 persen, Kota Surakarta baru mencapai pengurangan sekitar 7,1 persen dan penanganan sekitar 22,9 persen, sehingga terdapat kesenjangan sekitar 22,9 poin persen pada sisi pengurangan dan 47,1 poin persen pada sisi penanganan. Terhadap target nasional pengelolaan sampah seratus persen pada tahun 2029 sesuai Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional, kesenjangan mencapai

[188] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[189] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

70 poin persen[190]. Terhadap kinerja PLTSa itu sendiri, capaian 80 ton per hari hanya sekitar 15 hingga 21 persen dari desain 389 hingga 545 ton per hari[191]. Ketiga kesenjangan tersebut menunjukkan bahwa langkah tambal sulam tidak akan memadai dan diperlukan intervensi struktural pada seluruh mata rantai. Analisis pada sub-bab berikut menerjemahkan kesenjangan ini menjadi kebutuhan kapasitas dan kebutuhan alat yang konkret.

5.2 Skema Pemrosesan Jenis Sampah, Perhitungan Teknis, dan Rekayasa Rinci Indikatif

5.2.1 Skema Jenis Sampah yang Diproses

Prinsip dasar skema yang diusulkan adalah setiap jenis sampah memiliki satu jalur pemrosesan utama yang jelas dan satu produk keluaran yang memiliki pasar. Prinsip ini mengikuti kaidah hirarki pengelolaan sampah yang menempatkan pemulihan material di atas pemulihan energi dan penimbunan sebagai pilihan terakhir[192]. Fraksi organik diarahkan ke tiga jalur, yaitu biokonversi menggunakan larva Black Soldier Fly, komposting windrow, dan biodigester untuk limbah pasar yang sangat basah, dengan produk berupa maggot, kasgot, kompos, dan biogas[193]. Fraksi anorganik bernilai diarahkan ke Material Recovery Facility dengan produk berupa bahan baku daur ulang yang dijual ke industri pendaur ulang. Fraksi berkalori tinggi diarahkan ke lini bahan bakar jumputan padat dengan produk berupa RDF berkalori di atas 3.000 kilokalori per kilogram untuk industri semen[194]. Fraksi residu diarahkan ke PLTSa dan sel sanitary landfill, sedangkan bahan berbahaya beracun rumah tangga diserahkan kepada pihak ketiga berizin sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2020.

---

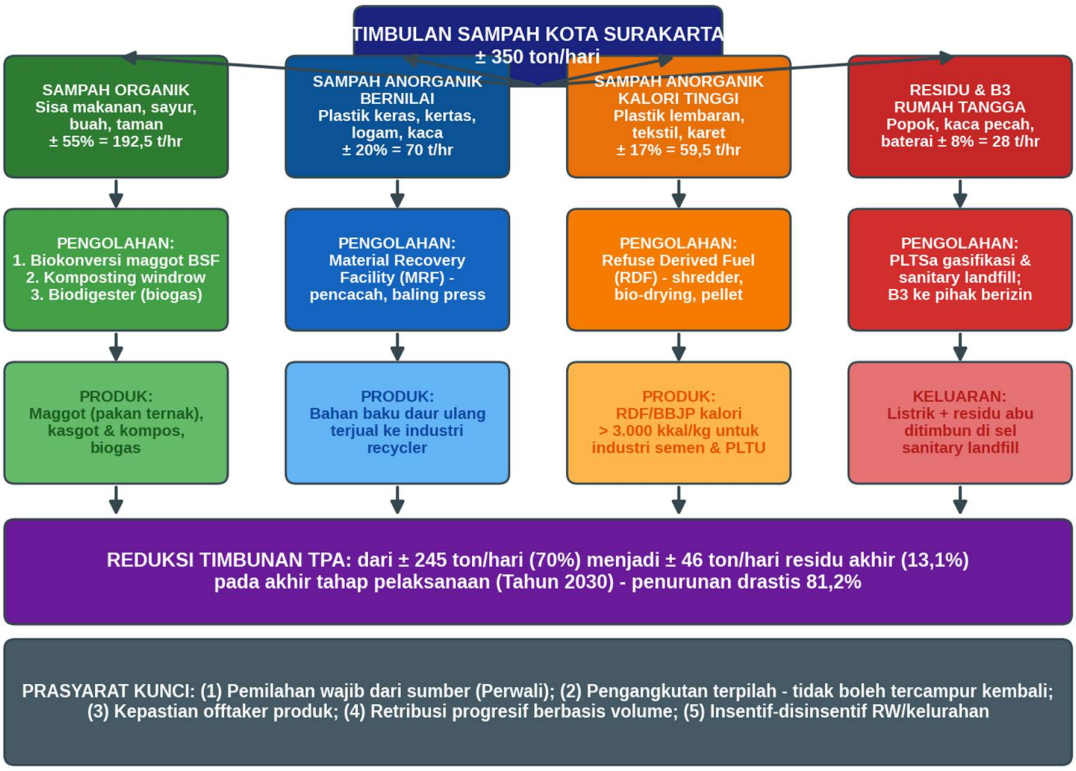
[190] Kompas.id. (2026). 314 sanksi administratif diterbitkan terkait pengelolaan TPA. https://www.kompas.id/artikel/314-sanksi-administratif-diterbitkan-terkait-pengelolaan-tpa (diakses 12 Agustus 2026)

[191] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[192] Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues. McGraw-Hill. Lombardi, L., & Castaldi, M. J. (2024). Energy recovery from residual municipal solid waste: State of the art and perspectives within the challenge to climate change. Energies, 17(2), 395. https://doi.org/10.3390/en17020395

[193] Kusumaningsih, D. (2024). Analisis kelayakan usaha budidaya maggot Black Soldier Fly sebagai solusi pengelolaan sampah organik. Jurnal Serambi Engineering, 6(4). https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3518 Fauzi, R. A., M, R. A., Suhada, S., & Hernahadini, N. (2022). Analisis opportunity cost biokonversi sampah organik menggunakan maggot Black Soldier Fly. Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian, 20(1). https://doi.org/10.32528/agritrop.v20i1.7324

[194] Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2021). Analisis nilai kalor bahan bakar jumputan padat berbasis sampah dan kesesuaiannya terhadap standar nasional. Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah. https://jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id/index.php/jip/ (diakses 12 Agustus 2026) Times Indonesia. (2025). Pengolahan sampah landfill mining di TPA Paras: Sanusi sebut sampah RDF jadi sumber PAD. https://www.times.co.id/pengolahan-sampah-landfill-mining-di-tpa-paras-sanusi-sampah-rdf-jadi-sumber-pad (diakses 12 Agustus 2026)



Sumber: Analisis penulis (2026) berdasarkan data DLH Kota Surakarta, SIPSN, dan benchmark RDF Rorotan

Gambar 5. 1. Skema Pemilahan dan Alur Pemrosesan Jenis Sampah Kota Surakarta

Sumber: Konstruksi penulis (2026) berdasarkan komposisi sampah dari SIPSN dalam Lokawarta (2024), Hariankota.com (2026), dan BRIDA Kota Surakarta (2024).

Tabel 5. 3. Skema Jenis Sampah, Jalur Pemrosesan, dan Produk yang Dihasilkan

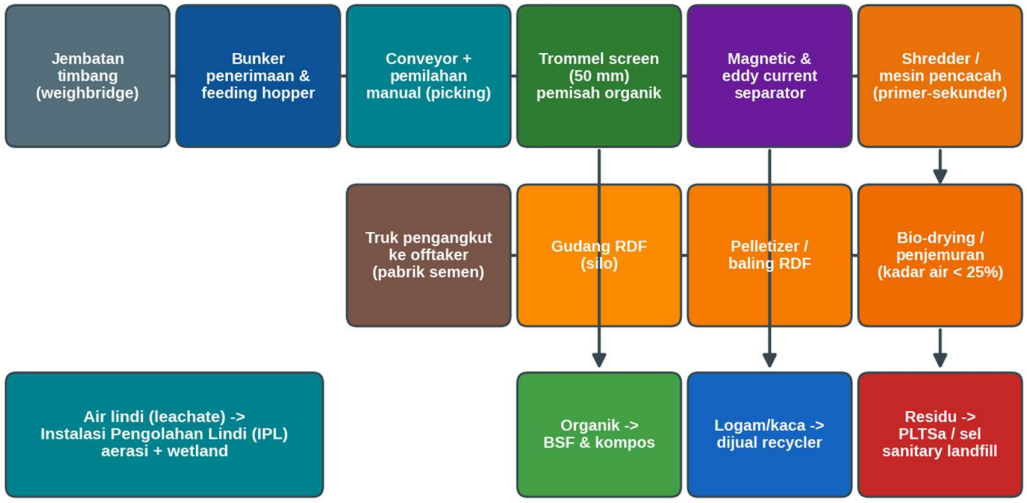
Jenis Sampah	Contoh Material	Volume (ton/hari)	Jalur Pemrosesan	Produk / Keluaran	Calon Pembeli / Pengguna
Organik basah	Sisa makanan, sisa sayur dan buah pasar	115,0	Biokonversi larva Black Soldier Fly	Maggot segar, maggot kering, kasgot	Peternak unggas dan ikan, toko pakan, Dinas Ketahanan Pangan
Organik berserat	Daun, ranting, sampah taman dan makam	52,5	Komposting windrow beratap	Kompos, media tanam	Dinas Lingkungan Hidup (RTH kota), petani urban, toko tanaman
Organik pasar sangat basah	Limbah sayur Pasar Legi, Gede, Nusukan	25,0	Biodigester anaerob	Biogas, digestat cair	Operasional pasar, dapur bersama, pupuk cair
Anorganik bernilai	PET, HDPE, kertas, karton, logam, kaca	70,0	Material Recovery Facility dan bank sampah	Bal plastik, kertas, logam terpilah	Industri daur ulang, off-taker plastik, pengepul terdaftar
Anorganik berkalori tinggi	Plastik lembaran, tekstil, karet, kayu	59,5	Lini RDF: cacah, bio-drying, pelet	Bahan bakar jumputan padat > 3.000 kkal/kg	Industri semen dan PLTU co-firing
Residu tidak terolah	Popok, pembalut, residu halus, debu	24,0	PLTSa gasifikasi dan sel sanitary landfill	Energi listrik, penimbunan aman	PT PLN (Persero) melalui PJBL; sel landfill
B3 rumah tangga	Baterai, lampu, kemasan	4,0	Bank sampah B3 dan pengangkutan pihak berizin	Limbah B3 terkelola sesuai ketentuan	Pengelola limbah B3 berizin

Jenis Sampah	Contoh Material	Volume (ton/hari)	Jalur Pemrosesan	Produk / Keluaran	Calon Pembeli / Pengguna
	pestisida, elektronik				

Sumber: Perhitungan dan konstruksi penulis (2026); volume merupakan alokasi dari komposisi pada Tabel 5.1; harga acuan RDF mengacu Times Indonesia (2025).

5.2.2 Diagram Alir Proses Unit Pengolahan Terpadu

Rangkaian proses pada unit pengolahan terpadu disusun mengikuti urutan yang lazim pada fasilitas sejenis di Indonesia, dimulai dari penimbangan hingga pengeluaran produk. Sampah yang masuk ditimbang pada jembatan timbang digital untuk memastikan pencatatan yang akurat, sebuah kebutuhan mendesak karena pencatatan retribusi dan timbulan di Kota Surakarta selama ini masih menggunakan lembar kerja manual yang rawan kesalahan[195]. Sampah kemudian ditumpahkan di bunker penerimaan dan dialirkan melalui conveyor ke stasiun pemilahan manual tempat operator memisahkan material bernilai tinggi. Aliran selanjutnya melewati trommel screen berukuran mata ayak 50 milimeter yang memisahkan fraksi halus organik dari fraksi kasar, kemudian melewati magnetic separator dan eddy current separator untuk memisahkan logam besi dan nonbesi. Fraksi kasar dicacah dengan shredder primer dan sekunder, dikeringkan melalui bio-drying hingga kadar air turun di bawah 25 persen, lalu dipadatkan menjadi pelet RDF[196]. Seluruh air lindi yang terbentuk dialirkan ke instalasi pengolahan lindi dengan kombinasi aerasi dan lahan basah buatan sebelum dibuang atau digunakan kembali.



Gambar 5. 2. Diagram Alir Proses Unit Pengolahan Terpadu (TPST) Putri Cempo

Sumber: Konstruksi penulis (2026) berdasarkan rangkaian proses RDF Plant Rorotan (PT Wijaya Karya, 2025) dan persyaratan SNI 8966:2021 (Wahyudi dkk., 2021).

5.2.3 Perhitungan Kebutuhan Kapasitas dan Unit Peralatan

[195] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[196] Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2021). Analisis nilai kalor bahan bakar jumputan padat berbasis sampah dan kesesuaiannya terhadap standar nasional. Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah. https://jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id/index.php/jip/ (diakses 12 Agustus 2026)

Perhitungan kebutuhan unit peralatan dilakukan dengan membagi beban harian setiap lini dengan kapasitas nominal peralatan dan jam kerja efektif. Kapasitas TPST ditetapkan sebesar 150 ton per hari yang merupakan selisih antara sampah yang masuk kompleks Putri Cempo setelah reduksi hulu dan kapasitas PLTSa setelah optimasi. Jam kerja efektif ditetapkan delapan jam per hari dengan dua regu kerja pada masa puncak, dan faktor beban peralatan ditetapkan sebesar 75 persen untuk mengakomodasi waktu henti pemeliharaan. Dengan beban 150 ton per hari dibagi delapan jam, diperoleh laju alir rancangan sebesar 18,75 ton per jam yang menjadi dasar penentuan jumlah unit setiap peralatan. Pendekatan ini merupakan metode baku dalam perancangan fasilitas pengolahan dan telah digunakan pada perencanaan pengembangan pengolahan organik skala TPS3R[197]. Seluruh perhitungan disajikan secara transparan pada Tabel 5.4 agar dapat diperiksa ulang oleh perencana teknis.

Tabel 5. 4. Perhitungan Kebutuhan Unit Peralatan Utama TPST Putri Cempo

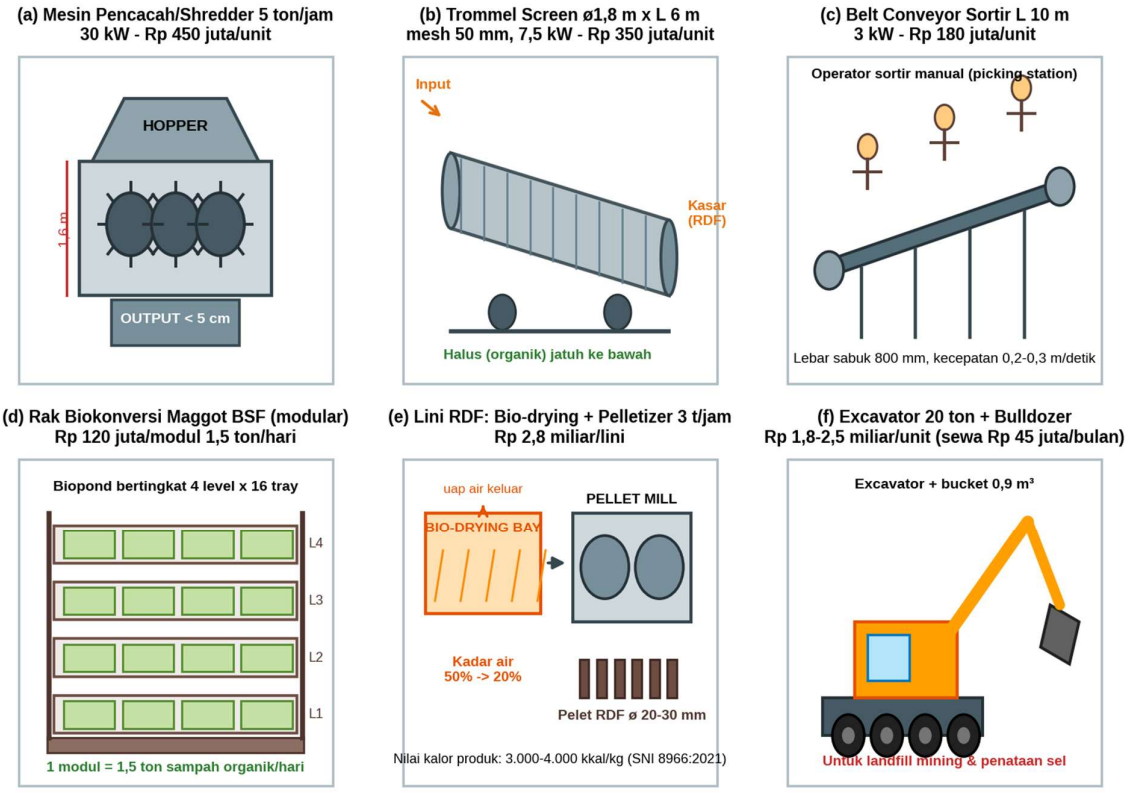
Peralatan	Beban (ton/hari)	Laju rancangan (ton/jam)	Kapasitas per unit	Perhitungan	Jumlah unit
Jembatan timbang digital 40 ton	150,0	—	—	1 jalur masuk + 1 jalur keluar	2
Belt conveyor sortir L 10 m	150,0	18,75	5,0 ton/jam	18,75 ÷ 5,0 = 3,75	4
Trommel screen ø 1,8 m x L 6 m	150,0	18,75	12,0 ton/jam	18,75 ÷ 12,0 = 1,56	2
Magnetic + eddy current separator	150,0	18,75	10,0 ton/jam	18,75 ÷ 10,0 = 1,88	2
Shredder primer	90,0	11,25	5,0 ton/jam	11,25 ÷ 5,0 = 2,25 (faktor beban 75 persen)	3
Shredder sekunder	45,0	5,63	3,0 ton/jam	5,63 ÷ 3,0 = 1,88	2
Lini bio-drying + pelletizer RDF	36,0 (produk)	4,50	3,0 ton/jam	4,50 ÷ 3,0 = 1,50	2
Baling press hidrolik 30 ton	24,0	3,00	2,0 ton/jam	3,00 ÷ 2,0 = 1,50	2
Mesin pencacah organik	60,0	7,50	3,0 ton/jam	7,50 ÷ 3,0 = 2,50	3
Modul rak biokonversi BSF	60,0	—	1,5 ton/hari per modul	60,0 ÷ 1,5 = 40	40
Wheel loader	150,0	—	—	1 operasi + 1 cadangan	2
Excavator 20 ton	—	—	—	Landfill mining dan penataan sel	2
Dump truck internal	—	—	—	Perpindahan antar-unit dan pengiriman	3
Genset 500 kVA	—	—	—	Cadangan daya lini kritis	1

Sumber: Perhitungan penulis (2026) dengan asumsi jam kerja efektif 8 jam per hari dan faktor beban peralatan 75 persen.

[197] Jurnal Purifikasi. (2023). Perencanaan pengembangan pengolahan sampah organik skala TPS3R. Jurnal Purifikasi. https://purifikasi.id/index.php/purifikasi/ (diakses 12 Agustus 2026)

5.2.4 Spesifikasi Teknis, Gambar Peralatan, dan Estimasi Biaya

Gambaran visual peralatan diperlukan agar para pemangku kepentingan, termasuk anggota Dewan Perwakilan Rakyat Daerah dan pimpinan perangkat daerah, memperoleh pemahaman yang sama mengenai wujud fisik investasi yang diusulkan. Gambar 5.3 menyajikan sketsa teknis indikatif enam peralatan utama beserta kapasitas dan estimasi biayanya. Estimasi biaya disusun berdasarkan rentang harga pasar peralatan pengolahan sampah di Indonesia dan divalidasi silang dengan rasio biaya pembangunan RDF Plant Rorotan yang mencapai sekitar Rp512 juta per ton per hari kapasitas terpasang[198]. Perlu ditekankan bahwa fasilitas skala kecil umumnya memiliki biaya satuan lebih tinggi dibandingkan fasilitas skala besar akibat hilangnya skala ekonomi, sehingga estimasi ini



Gambar 5. 3. Sketsa Teknis Peralatan Utama yang Dibutuhkan (indikatif, tidak berskala)

Sumber: Konstruksi penulis (2026); estimasi biaya divalidasi silang dengan rasio biaya RDF Plant Rorotan (Badan Pemeriksa Keuangan Perwakilan Jakarta, 2024).

Tabel 5. 5. Spesifikasi Teknis dan Estimasi Biaya Peralatan (CAPEX Mekanikal)

No.	Peralatan dan Spesifikasi Pokok	Jumlah	Harga Satuan (Rp juta)	Total (Rp miliar)
1	Jembatan timbang digital kapasitas 40 ton, platform 12 x 3,5 m, load cell 4 titik	2	750	1,50
2	Belt conveyor sortir, lebar sabuk 800 mm, panjang 10 m, motor 3 kW	4	180	0,72

[198] Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia Perwakilan Provinsi DKI Jakarta. (2024). Pemprov DKI dirikan RDF Plant di Rorotan senilai Rp1,28 triliun. https://jakarta.bpk.go.id/pemprov-dki-dirikan-rdf-plant-di-rorotan-senilai-rp128-triliun/ (diakses 12 Agustus 2026)

No.	Peralatan dan Spesifikasi Pokok	Jumlah	Harga Satuan (Rp juta)	Total (Rp miliar)
3	Trommel screen ø 1,8 m x L 6 m, mesh 50 mm, motor 7,5 kW	2	350	0,70
4	Magnetic separator + eddy current separator, lebar 800 mm	2	650	1,30
5	Shredder primer 5 ton/jam, dua poros, motor 30 kW, output < 50 mm	3	450	1,35
6	Shredder sekunder 3 ton/jam, motor 22 kW, output < 25 mm	2	380	0,76
7	Lini bio-drying + pelletizer RDF kapasitas 3 ton/jam per lini	2	2.800	5,60
8	Baling press hidrolik gaya tekan 30 ton untuk material daur ulang	2	320	0,64
9	Mesin pencacah organik 3 ton/jam, motor 15 kW	3	160	0,48
10	Modul rak biokonversi BSF 4 tingkat, kapasitas 1,5 ton/hari per modul	40	120	4,80
11	Wheel loader bucket 1,5 m³	2	1.600	3,20
12	Excavator 20 ton, bucket 0,9 m³	2	2.200	4,40
13	Dump truck 8 m³ untuk perpindahan internal	3	650	1,95
14	Genset cadangan 500 kVA lengkap panel	1	850	0,85
15	Sistem kendali proses, perangkat TI, timbangan produk, CCTV	1 paket	1.500	1,50
16	Sistem proteksi kebakaran, alat pelindung diri, dan sarana K3	1 paket	550	0,55
	TOTAL CAPEX MEKANIKAL			**30,30**

Sumber: Estimasi penulis (2026) berdasarkan rentang harga pasar peralatan pengolahan sampah dan validasi silang rasio biaya RDF Plant Rorotan (Badan Pemeriksa Keuangan Perwakilan Jakarta, 2024). Angka bersifat indikatif dengan rentang ketelitian minus 20 hingga plus 30 persen.

5.2.5 Rekayasa Rinci Indikatif Tata Letak TPST

Rekayasa rinci indikatif disusun untuk tapak seluas sekitar dua hektare yang berada dalam kompleks TPA Putri Cempo, memanfaatkan sebagian lahan yang belum terpakai dan lahan hasil penataan blok timbunan. Penggunaan lahan milik Pemerintah Kota ini menghilangkan komponen biaya pembebasan tanah yang biasanya menjadi hambatan terbesar dalam pembangunan fasilitas pengolahan, sebagaimana dialami banyak daerah lain[199]. Tata letak dirancang dengan prinsip aliran satu arah dari jalur masuk hingga jalur keluar untuk mencegah persilangan lalu lintas kendaraan pengangkut dan kendaraan pengangkut produk. Zona penyangga berupa ruang terbuka hijau dengan pohon peneduh ditempatkan pada sisi yang berbatasan dengan permukiman untuk menekan sebaran bau dan debu, mengingat kajian terdahulu menemukan dampak signifikan pada radius kurang dari lima ratus meter[200]. Instalasi pengolahan lindi ditempatkan pada titik terendah tapak agar aliran gravitasi dapat dimanfaatkan sehingga

[199] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

[200] Ramadhanti, A., Nugroho, S., & Purwanto, P. (2021). Dampak keberadaan tempat pemrosesan akhir sampah terhadap kualitas lingkungan permukiman sekitar. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 13(3). https://e-journal.unair.ac.id/JKL/article/view/76172 (diakses 12 Agustus 2026)



Gambar 5. 4. DED Indikatif Tata Letak TPST Terpadu Putri Cempo (Luas Tapak ± 2,0 Ha)

Sumber: Konstruksi penulis (2026). Gambar bersifat indikatif pada tingkat pra-rancangan dan belum menggantikan dokumen Detail Engineering Design bersertifikat.

Tabel 5. 6. Komponen DED dan Estimasi Biaya Pekerjaan Sipil TPST Putri Cempo

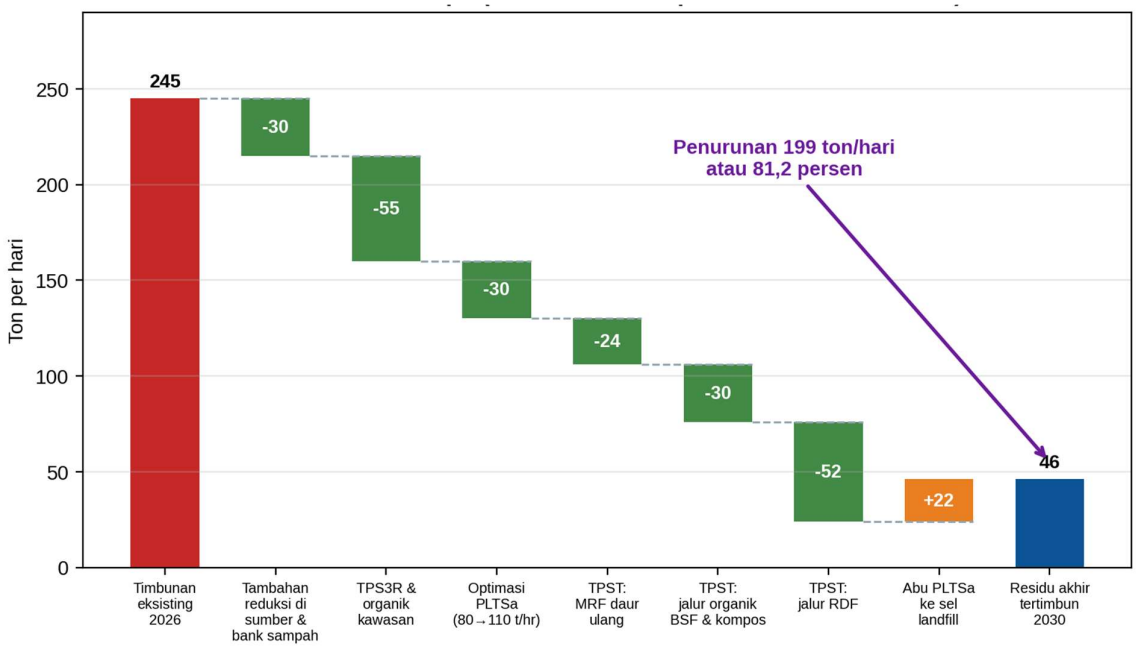
Kode	Komponen Bangunan/Pekerjaan	Luas / Volume	Harga Satuan	Total (Rp miliar)
A	Pematangan lahan, cut and fill, perkerasan dasar 2,0 Ha	20.000 m²	Rp 425 ribu/m²	8,50
B	Hanggar penerimaan dan bunker tipping floor 30 x 20 m	700 m²	Rp 4,5 juta/m²	3,15
C	Hanggar lini pemilahan 30 x 18 m	540 m²	Rp 4,5 juta/m²	2,43
D	Hanggar shredder dan bio-drying 25 x 15 m	375 m²	Rp 5,0 juta/m²	1,88
E	Area biokonversi maggot BSF beratap	600 m²	Rp 2,5 juta/m²	1,50
F	Area komposting windrow beratap	500 m²	Rp 2,5 juta/m²	1,25
G	Gudang RDF dan area muat	400 m²	Rp 3,5 juta/m²	1,40
H	Gudang material daur ulang dan baling press	350 m²	Rp 3,5 juta/m²	1,23
I	IPAL/IPL lindi: bak ekualisasi, aerasi, sedimentasi, wetland	300 m²	Paket lengkap	4,50
J	Kantor, laboratorium uji kalori, ruang kendali	200 m²	Rp 6,0 juta/m²	1,20
K	Bengkel, rumah genset, gudang suku cadang	200 m²	Rp 4,0 juta/m²	0,80
M	Jalan operasional beton K-300 lebar 8 m sepanjang 500 m	4.000 m²	Rp 1,1 juta/m²	4,40

Kode	Komponen Bangunan/Pekerjaan	Luas / Volume	Harga Satuan	Total (Rp miliar)
L	Utilitas: listrik, air bersih, drainase, pagar, zona penyangga RTH	1 paket	Paket	4,30
	SUBTOTAL PEKERJAAN SIPIL			**36,54**
	CAPEX mekanikal (Tabel 5.5)			30,30
	Perencanaan, DED bersertifikat, AMDAL/UKL-UPL, supervisi (6 persen)			4,01
	Biaya tak terduga (kontingensi 15 persen)			10,63
	TOTAL INVESTASI TPST TERPADU			**81,48**

Sumber: Estimasi penulis (2026); harga satuan bangunan mengacu rentang harga satuan bangunan gedung negara dan divalidasi silang dengan rasio biaya RDF Plant Rorotan (Badan Pemeriksa Keuangan Perwakilan Jakarta, 2024).

5.2.6 Skenario Penanganan dan Dampak Reduksinya

Empat skenario disusun secara bertingkat agar Pemerintah Kota Surakarta dapat memilih tingkat ambisi yang sesuai dengan kemampuan fiskal dan tenggat kepatuhan. Skenario S-0 merupakan kondisi tanpa intervensi struktural yang hanya menambah alat berat dan penutupan tanah harian, sehingga timbunan tetap bertambah sekitar 245 ton per hari. Skenario S-1 berfokus pada penguatan hulu melalui pemilahan wajib, penambahan TPS3R, biokonversi maggot skala kawasan, dan penguatan bank sampah, yang mampu menurunkan timbunan menjadi sekitar 160 ton per hari. Skenario S-2 menambahkan pembangunan TPST terpadu dengan Material Recovery Facility dan lini RDF sehingga timbunan turun menjadi sekitar 85 ton per hari. Skenario S-3 melengkapi seluruh intervensi dengan optimasi PLTSa dari 80 menjadi 110 ton per hari, landfill mining bertahap, dan pembangunan sel sanitary landfill untuk residu, sehingga residu yang tertimbun hanya sekitar 46 ton per hari atau 13,1 persen dari timbulan. Penurunan sebesar 199 ton per hari atau 81,2 persen inilah yang memenuhi kriteria berkurang secara drastis sebagaimana menjadi judul kajian ini.



Gambar 5. 5. Kontribusi Setiap Intervensi terhadap Penurunan Timbunan Sampah di TPA Putri Cempo

Sumber: Perhitungan penulis (2026) berdasarkan neraca massa pada Tabel 5.1 dan kapasitas fasilitas pada Tabel 5.4.

Perlu dicatat bahwa keberhasilan seluruh skenario sangat bergantung pada satu prasyarat tunggal, yaitu disiplin pemilahan sampah dari sumber. Apabila sampah tetap tiba di TPST dalam kondisi tercampur dan berkadar air tinggi, maka nilai kalor fraksi RDF akan berada jauh di bawah persyaratan SNI 8966:2021 dan lini pengolahan akan mengalami nasib yang sama dengan PLTSa[201]. Literatur internasional secara konsisten menegaskan bahwa pemulihan energi hanya optimal bila didahului pemilahan dan daur ulang di hulu[202]. Wali Kota Surakarta telah menyatakan sedang menyusun Peraturan Wali Kota untuk membatasi sampah yang masuk ke TPA sehingga hanya barang yang tidak dapat tereduksi yang boleh masuk[203]. Instrumen serupa telah diterapkan Kota Makassar melalui Instruksi Wali Kota Nomor 1 Tahun 2026 yang menetapkan bahwa TPA hanya menerima residu[204]. Percepatan penerbitan instrumen hukum ini karena itu menjadi langkah pertama yang paling menentukan.

[201] Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2021). Analisis nilai kalor bahan bakar jumputan padat berbasis sampah dan kesesuaiannya terhadap standar nasional. Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah. https://jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id/index.php/jip/ (diakses 12 Agustus 2026) PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[202] Lombardi, L., & Castaldi, M. J. (2024). Energy recovery from residual municipal solid waste: State of the art and perspectives within the challenge to climate change. Energies, 17(2), 395. https://doi.org/10.3390/en17020395

[203] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)

[204] Publikasi Online. (2026, Juli 28). Edaran Wali Kota Nomor 1: Setop open dumping, TPA Tamangapa hanya terima residu. https://publikasionline.id/2026/07/28/ (diakses 12 Agustus 2026)

5.3 Analisis Ekonomi dan Kelayakan Setiap Skenario

5.3.1 Estimasi Kebutuhan Investasi (CAPEX)

Kebutuhan investasi disusun secara bertingkat mengikuti struktur skenario sehingga setiap tambahan ambisi memiliki tambahan biaya yang jelas. Skenario S-0 hanya memerlukan sekitar Rp8,5 miliar untuk penambahan alat berat dan penyediaan tanah penutup, mengingat Pemerintah Kota telah mendatangkan tambahan ekskavator, dozer, dan loader pada awal tahun 2026[205]. Skenario S-1 memerlukan sekitar Rp46,5 miliar yang mencakup revitalisasi dan penambahan tiga puluh unit TPS3R, tiga puluh modul biokonversi maggot skala kawasan, dua ratus paket bank sampah unit, serta armada pengangkut terpilah berupa dua puluh truk dan seratus kendaraan roda tiga. Skenario S-2 menambahkan investasi TPST terpadu sebesar Rp81,5 miliar sebagaimana dirinci pada Tabel 5.6, sehingga total menjadi sekitar Rp128 miliar. Skenario S-3 menambahkan sekitar Rp48,5 miliar untuk optimasi PLTSa, landfill mining, sel sanitary landfill, dan sistem pemantauan lingkungan, sehingga total investasi mencapai sekitar Rp176,5 miliar. Sebagai pembanding, nilai investasi PLTSa Putri Cempo sendiri mencapai sekitar Rp300 miliar untuk kapasitas yang hingga kini belum tercapai[206].

Tabel 5. 7. Rekapitulasi CAPEX Menurut Skenario (Rp miliar)

Komponen Investasi	S-0	S-1	S-2	S-3
Alat berat tambahan dan tanah penutup harian	8,50	8,50	8,50	8,50
Revitalisasi dan penambahan 30 unit TPS3R	—	27,00	27,00	27,00
30 modul biokonversi maggot BSF skala kawasan	—	3,60	3,60	3,60
200 paket bank sampah unit tingkat RW	—	3,00	3,00	3,00
20 unit truk pengangkut terpilah	—	8,40	8,40	8,40
100 unit kendaraan roda tiga pengumpul terpilah	—	4,50	4,50	4,50
TPST terpadu (sipil, mekanikal, DED, kontingensi)	—	—	81,50	81,50
Dukungan optimasi feedstock PLTSa	—	—	—	18,00
Landfill mining tahap I	—	—	—	17,00
Sel sanitary landfill residu 1,5 Ha	—	—	—	10,00
Sistem pemantauan lingkungan dan MRV karbon	—	—	—	3,50
TOTAL CAPEX	**8,50**	**46,50**	**128,00**	**176,50**

Sumber: Estimasi penulis (2026); komponen TPST mengacu Tabel 5.6.

5.3.2 Estimasi Biaya Operasional dan Pemeliharaan (OPEX)

Biaya operasional dihitung untuk segmen pengolahan dan pemrosesan akhir, di luar biaya pengumpulan dari sumber ke tempat penampungan sementara yang telah

[205] Apakabar.co.id. (2026, Februari). Alat berat ditambah, Respati benahi jalur sampah di Putri Cempo. https://apakabar.co.id/news/alat-berat-ditambah-respati-benahi-jalur-sampah-di-putri-cempo/ (diakses 12 Agustus 2026)

[206] CNN Indonesia. (2023, Oktober). PLTSa Putri Cempo Solo resmi beroperasi, olah sampah jadi listrik. CNN Indonesia. (diakses 12 Agustus 2026)

berjalan. Komponen terbesar adalah biaya personel karena fasilitas pemilahan bersifat padat karya, yang justru merupakan keunggulan karena membuka lapangan kerja bagi 287 pemulung yang selama ini bekerja secara informal[207]. Komponen berikutnya adalah energi listrik untuk menggerakkan conveyor, shredder, dan pelletizer, bahan bakar alat berat, suku cadang, serta biaya pengolahan lindi. Skenario S-0 memerlukan sekitar Rp22 miliar per tahun, S-1 sekitar Rp31,5 miliar, S-2 sekitar Rp48 miliar, dan S-3 sekitar Rp57,5 miliar per tahun. Sebagai konteks, kajian BRIDA memperkirakan kebutuhan biaya penanganan sampah Kota Surakarta secara ideal mencapai sekitar Rp48,61 miliar per tahun untuk seluruh mata rantai[208]. Angka OPEX pada kajian ini karena itu perlu dibaca sebagai kebutuhan pada segmen pengolahan yang selama ini justru paling kurang dibiayai.

Tabel 5. 8. Estimasi Biaya Operasional dan Pemeliharaan Tahunan (Rp miliar per tahun)

Komponen OPEX	S-0	S-1	S-2	S-3
Personel operasional TPA dan alat berat	9,00	9,00	9,50	11,50
Bahan bakar dan pemeliharaan alat berat	7,50	7,50	8,00	10,50
Operator TPS3R, BSF kawasan, dan insentif bank sampah	—	8,50	8,50	8,50
Kampanye, edukasi, dan pendampingan masyarakat	0,50	2,00	2,00	2,00
Personel TPST (120 orang termasuk eks-pemulung)	—	—	9,00	9,00
Energi listrik dan bahan bakar lini TPST	—	—	4,50	4,50
Suku cadang dan pemeliharaan mesin TPST	—	—	3,00	3,00
Pengolahan lindi, pengendalian bau, dan pemantauan lingkungan	3,00	3,00	3,50	4,50
Operasional landfill mining dan sel sanitary landfill	—	—	—	3,50
Administrasi, asuransi, dan biaya umum	2,00	1,50	—	0,50
TOTAL OPEX PER TAHUN	**22,00**	**31,50**	**48,00**	**57,50**

Sumber: Estimasi penulis (2026); angka pembanding kebutuhan biaya ideal pengelolaan sampah kota mengacu BRIDA Kota Surakarta (2024).

5.3.3 Proyeksi Pendapatan dan Penghindaran Biaya

Pendapatan dihitung dengan menerapkan faktor realisasi pasar sebesar 70 persen terhadap potensi maksimum untuk mengantisipasi keterbatasan penyerapan pasar, fluktuasi harga, dan waktu henti fasilitas. Penerapan faktor ini penting karena literatur menunjukkan bahwa keberlanjutan usaha berbasis produk sampah sangat ditentukan oleh kepastian pemasaran dan konsistensi mutu produk[209]. Harga acuan

[207] Solopos. (2026b, April). Ratusan pemulung terimbas penghentian open dumping di TPA Putri Cempo Solo. https://solopos.espos.id/ratusan-pemulung-terimbas-penghentian-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-solo-2210127 (diakses 12 Agustus 2026)

[208] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[209] Kusumaningsih, D. (2024). Analisis kelayakan usaha budidaya maggot Black Soldier Fly sebagai solusi pengelolaan sampah organik. Jurnal Serambi Engineering, 6(4). https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3518

RDF ditetapkan sebesar Rp400.000 per ton berdasarkan kerja sama pembelian antara Pemerintah Kabupaten Malang dan PT Semen Indonesia[210]. Harga maggot segar ditetapkan konservatif sebesar Rp5.000 per kilogram dan kasgot Rp700 per kilogram mengingat produk ini memiliki pasar yang telah terbentuk pada sektor peternakan dan pertanian[211]. Dengan asumsi tersebut, pendapatan langsung skenario S-3 diperkirakan sekitar Rp18 miliar per tahun, sedangkan penghindaran biaya diperkirakan sekitar Rp24 miliar per tahun. Total manfaat ekonomi tahunan skenario S-3 karena itu mencapai sekitar Rp42 miliar.

Tabel 5. 9. Proyeksi Pendapatan dan Penghindaran Biaya Tahunan Skenario S-3

Sumber Manfaat	Volume	Harga / Nilai Acuan	Potensi Maksimum (Rp miliar)	Konservatif 70 persen (Rp miliar)
Maggot segar hasil biokonversi BSF	4,5 ton/hari x 300 hari	Rp 5.000/kg	6,75	4,73
Kasgot sebagai pupuk organik	9,0 ton/hari x 300 hari	Rp 700/kg	1,89	1,32
Kompos hasil windrow	7,5 ton/hari x 300 hari	Rp 600/kg	1,35	0,95
Material daur ulang MRF dan bank sampah	25 ton/hari x 300 hari	Rp 1.300/kg rata-rata tertimbang	9,75	6,83
Bahan bakar jumputan padat (RDF)	36 ton/hari x 300 hari	Rp 400.000/ton	4,32	3,02
Material hasil landfill mining (tanah urug, RDF sekunder)	Bertahap	Nilai indikatif	1,50	1,05
SUBTOTAL PENDAPATAN LANGSUNG			**25,56**	**17,90**
Penghindaran biaya sewa dan operasi alat berat darurat	—	—	6,00	6,00
Penghematan bahan bakar dan ritase pengangkutan	—	—	4,50	4,50
Penghindaran biaya penyediaan TPA baru (disetahunkan)	—	—	9,00	9,00
Penghindaran biaya pemulihan lingkungan dan risiko sanksi	—	—	4,50	4,50
SUBTOTAL PENGHINDARAN BIAYA			**24,00**	**24,00**
TOTAL MANFAAT EKONOMI TAHUNAN			**49,56**	**41,90**

Sumber: Perhitungan penulis (2026); harga RDF mengacu Times Indonesia (2025); rendemen maggot mengacu Universitas Andalas (2023) dan Kusumaningsih (2024).

[210] Times Indonesia. (2025). Pengolahan sampah landfill mining di TPA Paras: Sanusi sebut sampah RDF jadi sumber PAD. https://www.times.co.id/pengolahan-sampah-landfill-mining-di-tpa-paras-sanusi-sampah-rdf-jadi-sumber-pad (diakses 12 Agustus 2026)

[211] Fauzi, R. A., M, R. A., Suhada, S., & Hernahadini, N. (2022). Analisis opportunity cost biokonversi sampah organik menggunakan maggot Black Soldier Fly. Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian, 20(1). https://doi.org/10.32528/agritrop.v20i1.7324

5.3.4 Indikator Kelayakan dan Biaya Penanganan per Ton

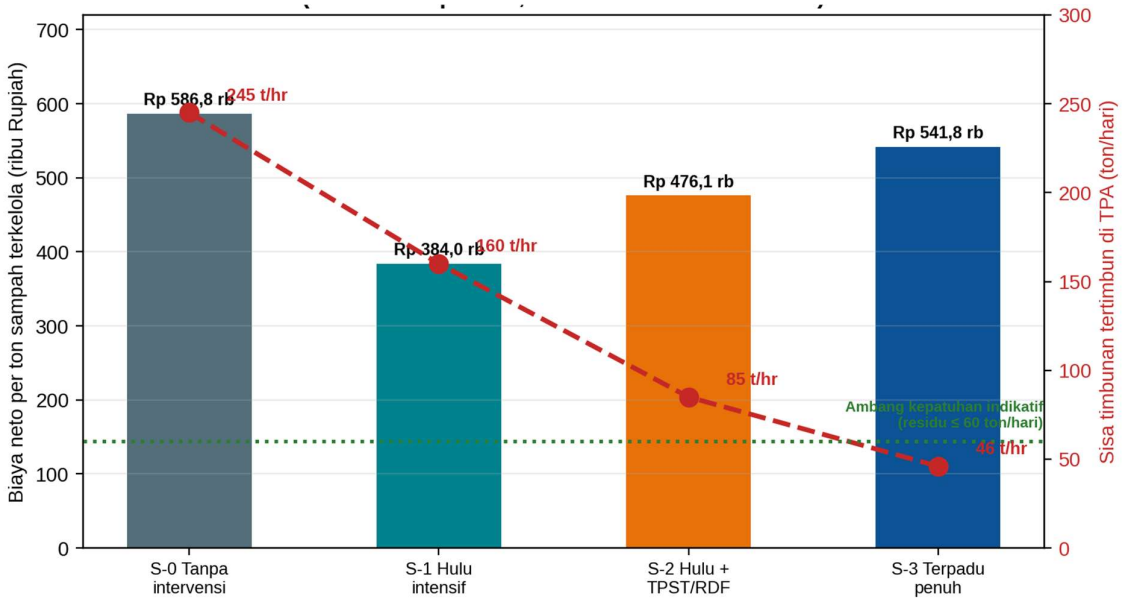
Penilaian kelayakan proyek pelayanan publik tidak dapat sepenuhnya menggunakan kerangka laba rugi komersial karena manfaat utamanya berupa pemenuhan kewajiban hukum dan perlindungan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, kajian ini menggunakan dua kerangka penilaian secara bersamaan. Kerangka pertama adalah biaya penanganan neto per ton sampah terkelola atau Levelized Cost of Treatment yang dihitung dengan menyetahunkan investasi menggunakan faktor pemulihan modal sebesar 0,11683 pada tingkat diskonto delapan persen dan umur ekonomis lima belas tahun. Kerangka kedua adalah analisis kelayakan finansial konvensional yang diterapkan khusus pada inti komersial fasilitas, yaitu unit biokonversi, komposting, pemulihan material, dan lini RDF yang benar-benar menghasilkan pendapatan. Pendekatan ganda ini lebih jujur dibandingkan memaksakan indikator laba pada keseluruhan program yang sebagian besar merupakan pelayanan publik murni[212]. Hasil kedua kerangka disajikan pada Tabel 5.10 dan Gambar 5.6.

Tabel 5. 10. Indikator Kelayakan Finansial Antar-Skenario

Indikator	S-0	S-1	S-2	S-3
CAPEX (Rp miliar)	8,50	46,50	128,00	176,50
CAPEX disetahunkan pada CRF 0,11683 (Rp miliar/tahun)	0,99	5,43	14,95	20,62
OPEX (Rp miliar/tahun)	22,00	31,50	48,00	57,50
Pendapatan langsung (Rp miliar/tahun)	0,50	10,30	16,90	17,90
Biaya neto tahunan (Rp miliar/tahun)	22,49	26,63	46,05	60,22
Sampah terkelola (ton/hari)	105	190	265	304
Sampah terkelola (ton/tahun)	38.325	69.350	96.725	110.960
Biaya neto per ton terkelola (Rp/ton)	**586.800**	**384.000**	**476.100**	**542.700**
Residu tertimbun di TPA (ton/hari)	245	160	85	46
Persentase reduksi timbunan terhadap kondisi 2026	**0 persen**	**34,7 persen**	**65,3 persen**	**81,2 persen**
Status kepatuhan terhadap sanksi KLH	**Tidak patuh**	**Belum patuh**	**Mendekati patuh**	**Patuh**

Sumber: Perhitungan penulis (2026); faktor pemulihan modal dihitung pada tingkat diskonto 8 persen dan umur ekonomis 15 tahun.

[212] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717



Gambar 5. 6. Biaya Penanganan Neto per Ton dan Sisa Timbunan Menurut Skenario

Sumber: Perhitungan penulis (2026) berdasarkan Tabel 5.7, Tabel 5.8, Tabel 5.9, dan Tabel 5.10.

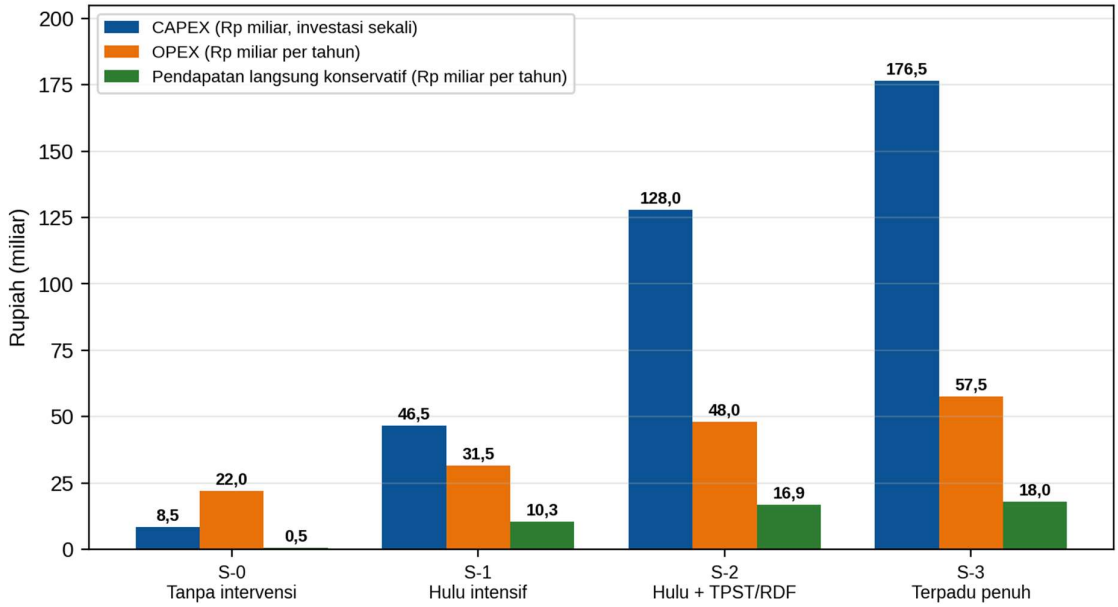
Hasil perhitungan memperlihatkan temuan yang menarik dan penting untuk dipahami para pengambil keputusan. Skenario S-1 justru memiliki biaya penanganan per ton terendah sebesar sekitar Rp384.000 per ton, jauh lebih murah dibandingkan skenario tanpa intervensi yang mencapai sekitar Rp586.800 per ton. Hal ini terjadi karena intervensi hulu bersifat padat karya dengan investasi peralatan yang rendah namun mampu mengalihkan volume sampah yang besar, sesuai dengan temuan literatur bahwa pengurangan di sumber merupakan intervensi paling hemat biaya[213]. Namun demikian, skenario S-1 hanya menyisakan residu 160 ton per hari sehingga belum memenuhi kewajiban penghentian open dumping yang diperintahkan Kementerian Lingkungan Hidup[214]. Skenario S-3 yang

Apabila penghindaran biaya turut diperhitungkan, gambaran ekonominya menjadi jauh lebih menguntungkan. Selisih biaya neto tahunan antara skenario S-3 dan skenario tanpa intervensi adalah sekitar Rp37,73 miliar per tahun, sementara tambahan sampah yang terkelola mencapai 199 ton per hari atau 72.635 ton per tahun. Setelah dikurangi penghindaran biaya sebesar Rp24 miliar per tahun, tambahan beban anggaran neto menjadi sekitar Rp13,73 miliar per tahun atau setara sekitar Rp189.000 per ton tambahan sampah yang terkelola. Angka ini jauh lebih rendah dibandingkan besaran biaya layanan pengolahan sampah atau tipping fee yang lazim dibebankan pada skema pengolah sampah menjadi energi listrik di Indonesia. Pada inti komersial fasilitas, yaitu unit biokonversi, komposting, pemulihan material, dan lini

[213] Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717 Lombardi, L., & Castaldi, M. J. (2024). Energy recovery from residual municipal solid waste: State of the art and perspectives within the challenge to climate change. Energies, 17(2), 395. https://doi.org/10.3390/en17020395

[214] Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)

RDF dengan investasi sekitar Rp30 miliar, diperoleh nilai bersih sekarang positif sekitar Rp15,4 miliar, tingkat pengembalian internal sekitar 15,7 persen, rasio manfaat biaya sekitar 1,12, dan periode pengembalian sederhana sekitar 5,7 tahun. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian fasilitas layak dijalankan dengan skema badan usaha, sedangkan sisanya tetap menjadi tanggung jawab pelayanan publik.



Gambar 5. 7. Perbandingan CAPEX, OPEX, dan Pendapatan Langsung Antar-Skenario

Sumber: Perhitungan penulis (2026) berdasarkan Tabel 5.7, Tabel 5.8, dan Tabel 5.9.

5.3.5 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan terhadap tiga variabel yang paling menentukan hasil, yaitu tingkat keberhasilan pemilahan di sumber, harga jual RDF, dan tingkat utilisasi kapasitas fasilitas. Ketiga variabel ini dipilih karena literatur menunjukkan bahwa kelayakan proyek pengolahan sampah sangat sensitif terhadap mutu bahan baku dan kepastian pasar produk[215]. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel paling kritis adalah tingkat keberhasilan pemilahan di sumber, karena penurunan tingkat pemilahan dari 70 persen menjadi 40 persen akan menaikkan biaya penanganan per ton hingga sekitar 24 persen sekaligus menurunkan mutu RDF di bawah persyaratan standar. Sebaliknya, penurunan harga RDF sebesar dua puluh persen hanya menaikkan biaya penanganan per ton sekitar 1,1 persen karena kontribusi pendapatan RDF relatif kecil terhadap total biaya. Temuan ini menegaskan kembali bahwa investasi terbesar yang harus dilakukan Pemerintah Kota Surakarta bukan pada mesin, melainkan pada perubahan perilaku masyarakat dan penegakan aturan pemilahan.

[215] Romianingsih, N. (2023). Analisis kelayakan finansial fasilitas pengolahan sampah terpadu di daerah perkotaan. Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/ (diakses 12 Agustus 2026) Lombardi, L., & Castaldi, M. J. (2024). Energy recovery from residual municipal solid waste: State of the art and perspectives within the challenge to climate change. Energies, 17(2), 395. https://doi.org/10.3390/en17020395

Tabel 5. 11. Analisis Sensitivitas Skenario S-3

Variabel yang Diuji	Kondisi Dasar	Skenario Pesimis	Dampak terhadap Biaya per Ton	Tingkat Kekritisan
Tingkat keberhasilan pemilahan di sumber	70 persen	40 persen	Naik sekitar 24 persen menjadi ± Rp 673 ribu/ton	Sangat kritis
Tingkat utilisasi kapasitas TPST	80 persen	55 persen	Naik sekitar 16 persen menjadi ± Rp 630 ribu/ton	Kritis
Realisasi optimasi PLTSa	110 ton/hari	80 ton/hari	Residu naik dari 46 menjadi 76 ton/hari	Kritis
Harga jual RDF	Rp 400.000/ton	Rp 320.000/ton	Naik sekitar 1,1 persen	Rendah
Harga jual maggot segar	Rp 5.000/kg	Rp 3.500/kg	Naik sekitar 2,4 persen	Rendah
Kenaikan biaya konstruksi	Nilai dasar	Naik 30 persen	Naik sekitar 10 persen	Sedang

Sumber: Perhitungan penulis (2026) berdasarkan model finansial pada Tabel 5.10.

5.4 Skenario dan Opsi Skema Pembiayaan

5.4.1 Persoalan Struktural Pembiayaan Persampahan Kota Surakarta

Sebelum membahas opsi pembiayaan, penting dipahami bahwa Kota Surakarta menghadapi defisit pembiayaan persampahan yang bersifat struktural. Kajian BRIDA menemukan bahwa kebutuhan biaya penanganan sampah secara ideal mencapai sekitar Rp48.608.681.556 per tahun, sementara realisasi retribusi kebersihan hanya sekitar Rp11.276.339.306, sehingga terdapat kekurangan sekitar Rp37.332.342.250 per tahun yang selama ini ditanggung anggaran daerah[216]. Meskipun demikian, kajian yang sama mencatat bahwa retribusi kebersihan Kota Surakarta sesungguhnya telah menutup sekitar 20 persen biaya pengelolaan sampah, dan persentase ini justru lebih tinggi dibandingkan kabupaten dan kota lain di Indonesia[217]. Persoalan utamanya terletak pada realisasi pemungutan yang baru sekitar 78 persen dengan tingkat piutang hingga 10 persen, serta pencatatan transaksi yang masih menggunakan lembar kerja manual sehingga rawan kesalahan dan tanpa kontrol[218]. Basis data wajib retribusi juga belum sinkron dengan basis data kependudukan sehingga penetapan tarif belum dapat dilakukan secara otomatis per kepala keluarga sesuai Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 14 Tahun 2023[219]. Pembenahan sisi penerimaan ini merupakan sumber pendanaan yang paling murah karena tidak memerlukan investasi baru.

5.4.2 Enam Opsi Skema Pembiayaan

Berdasarkan kerangka hukum yang berlaku dan praktik daerah lain, terdapat enam opsi pembiayaan yang dapat ditempuh Pemerintah Kota Surakarta, baik secara tunggal maupun kombinasi. Opsi pertama adalah pembiayaan melalui Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah secara bertahap selama tiga hingga empat tahun anggaran, yang memberikan kendali penuh namun membebani ruang fiskal. Opsi kedua adalah kerja sama pemerintah dengan badan usaha melalui skema Pengolah Sampah menjadi Energi Listrik sesuai Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025 yang menegaskan peran Danantara dalam dukungan investasi dan pemilihan badan usaha pengembang[220]. Opsi ketiga adalah pemanfaatan Dana Alokasi Khusus bidang sanitasi dan bantuan keuangan dari kementerian teknis serta pemerintah provinsi. Opsi keempat adalah tanggung jawab sosial dan lingkungan badan usaha yang telah terbukti membantu penyediaan sarana prasarana persampahan di daerah lain. Opsi

---

[216] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

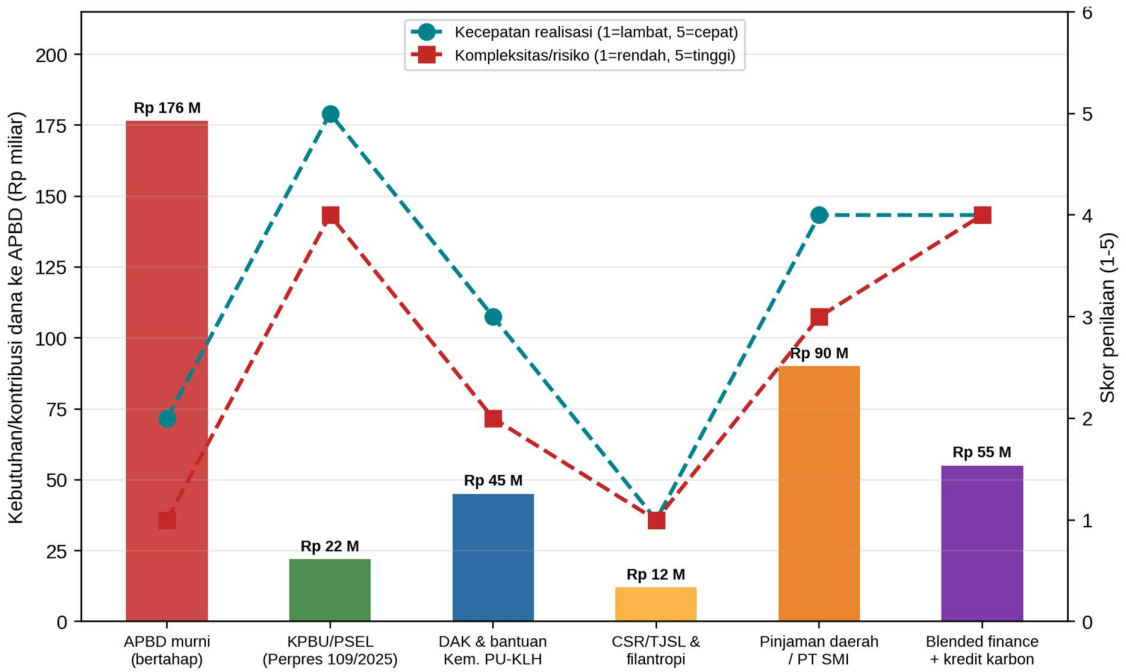
[217] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[218] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[219] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[220] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2025). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2025 tentang Penanganan Sampah Perkotaan melalui Pengolahan Sampah menjadi Energi Terbarukan Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan. https://kemenlh.go.id/news/detail/presiden-tetapkan-perpres-1092025-langkah-nyata-atasi-sampah-perkotaan (diakses 12 Agustus 2026)

kelima adalah pinjaman daerah melalui lembaga pembiayaan infrastruktur milik negara, sedangkan opsi keenam



Gambar 5. 8. Perbandingan Opsi Skema Pembiayaan

Sumber: Analisis penulis (2026) berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025 (Kementerian Lingkungan Hidup, 2025), Jatimnet (2025), dan Badan Pemeriksa Keuangan Perwakilan Jakarta (2024).

Tabel 5. 12. Perbandingan Opsi Skema Pembiayaan Penanganan Sampah TPA Putri Cempo

Opsi	Mekanisme	Kelebihan	Kekurangan / Risiko	Prasyarat Utama	Kesesuaian
1. APBD murni bertahap	Alokasi belanja modal 3–4 tahun anggaran, Rp 40–60 miliar per tahun	Kendali penuh Pemkot; proses paling sederhana; aset langsung milik daerah	Membebani ruang fiskal; bersaing dengan prioritas lain; realisasi lambat	Komitmen politik DPRD; masuk KUA-PPAS dan RKPD	Tinggi untuk komponen hulu (S-1)
2. KPBU / PSEL Perpres 109/2025	Badan usaha membiayai, membangun, dan mengoperasikan; Pemkot menyediakan lahan dan jaminan pasokan	Beban APBD minimal di muka; alih risiko teknis ke badan usaha; dukungan Danantara	Proses panjang; membutuhkan biaya layanan pengolahan sampah; pelajaran pahit dari PLTSa	Studi kelayakan lengkap; verifikasi rekam jejak badan usaha; kepastian pasokan sampah	Tinggi untuk komponen hilir berskala besar
3. DAK dan bantuan keuangan	Usulan DAK bidang sanitasi/persampahan dan bantuan Kementerian PU serta Pemprov Jateng	Tidak menambah beban APBD; selaras prioritas nasional penghentian open dumping	Kuota terbatas; siklus pengusulan tahunan; persyaratan teknis ketat	Dokumen readiness criteria lengkap termasuk DED dan lahan siap	Tinggi untuk TPST dan sel sanitary landfill
4. CSR / TJSL badan usaha	Kemitraan dengan BUMN, perbankan, dan industri di Solo Raya	Cepat direalisasikan; fleksibel; membangun keterlibatan swasta	Nilai relatif kecil; tidak dapat diandalkan untuk komponen besar	Katalog kebutuhan yang jelas; perjanjian kerja sama; pelaporan transparan	Tinggi untuk bank sampah, TPS3R, dan edukasi
5. Pinjaman daerah	Pinjaman melalui lembaga pembiayaan infrastruktur milik negara	Dana besar tersedia cepat;	Menambah kewajiban daerah; perlu	Rasio kemampuan bayar	Sedang; sebagai pelengkap

Opsi	Mekanisme	Kelebihan	Kekurangan / Risiko	Prasyarat Utama	Kesesuaian
		jangka waktu panjang	persetujuan DPRD dan analisis kemampuan bayar	memenuhi ketentuan; proyeksi arus kas kredibel	
6. Pembiayaan majemuk + karbon	Kombinasi APBD, DAK, CSR, dan monetisasi kredit karbon dari pengurangan emisi metana	Menyebar risiko; membuka pendapatan baru; selaras agenda iklim daerah	Kompleks secara administratif; memerlukan sistem MRV yang kredibel	Sistem pengukuran, pelaporan, dan verifikasi emisi; pendamping teknis	Sangat direkomendasikan sebagai strategi utama

Sumber: Analisis penulis (2026) berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025, Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2022, dan praktik daerah pembanding.

5.4.3 Rekomendasi Bauran Pembiayaan

Berdasarkan perbandingan tersebut, bauran pembiayaan yang paling realistis bagi Kota Surakarta adalah kombinasi empat sumber dengan pembagian peran yang jelas menurut jenis komponen. Komponen hulu senilai sekitar Rp46,5 miliar sebaiknya dibiayai melalui APBD bertahap dan tanggung jawab sosial badan usaha karena nilainya terjangkau, dampaknya cepat terasa, dan sifatnya padat karya. Komponen TPST terpadu senilai sekitar Rp81,5 miliar sebaiknya diusulkan melalui Dana Alokasi Khusus dan bantuan keuangan kementerian teknis, mengingat penghentian open dumping merupakan prioritas nasional sehingga usulan daerah memiliki peluang besar untuk diterima[221]. Komponen landfill mining dan sel sanitary landfill senilai sekitar Rp27 miliar dapat dibiayai APBD dengan mengacu pengalaman Kabupaten Gresik yang mengalokasikan sekitar Rp6 miliar untuk fasilitas serupa[222]. Adapun optimasi PLTSa senilai sekitar Rp18 miliar sebaiknya dinegosiasikan sebagai kewajiban badan usaha pengelola dalam kerangka adendum perjanjian kerja sama, mengingat kinerja yang belum memenuhi target desain[223]. Bauran ini menekan

Selain bauran investasi tersebut, penguatan sisi penerimaan harus dijalankan secara paralel karena merupakan sumber dana paling murah. Digitalisasi pemungutan melalui aplikasi DILARISI yang telah dikembangkan Dinas Lingkungan Hidup perlu segera dioperasikan secara penuh hingga tingkat rukun tetangga[224]. Kajian BRIDA merekomendasikan agar pengumpul retribusi di tingkat rukun tetangga memperoleh insentif proporsional terhadap total retribusi yang dikumpulkan sehingga terbentuk motivasi yang berkelanjutan[225]. Integrasi basis data wajib retribusi dengan nomor induk kependudukan, nomor kartu keluarga, Data Terpadu Kesejahteraan Sosial, serta nomor induk berusaha akan memungkinkan penerbitan surat ketetapan retribusi

[221] Kompas.id. (2026). 314 sanksi administratif diterbitkan terkait pengelolaan TPA. https://www.kompas.id/artikel/314-sanksi-administratif-diterbitkan-terkait-pengelolaan-tpa (diakses 12 Agustus 2026) Media Indonesia. (2026). Pemda yang tak tutup open dumping hingga 2026 akan dikenakan sanksi. https://mediaindonesia.com/humaniora/864170/ (diakses 12 Agustus 2026)

[222] Jatimnet. (2025). Pemkab Gresik resmikan landfill mining di TPA Ngipik, olah sampah lama jadi energi alternatif. https://jatimnet.com/ (diakses 12 Agustus 2026)

[223] Kompas.com. (2026b, April 3). PLTSa Putri Cempo tak optimal, Wali Kota Solo tegur pengelola dan pantau langsung. https://regional.kompas.com/read/2026/04/03/061807878/ (diakses 12 Agustus 2026)

[224] Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta. (2026). Perkuat pengelolaan sampah, Wali Kota Surakarta sambangi Dinas Lingkungan Hidup. https://dlh.surakarta.go.id/ (diakses 12 Agustus 2026)

[225] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

daerah secara otomatis dan berkeadilan[226]. Apabila realisasi pemungutan dapat ditingkatkan dari 78 persen menjadi 95 persen dan piutang ditekan, terdapat potensi tambahan penerimaan yang signifikan tanpa menaikkan tarif. Penerapan retribusi progresif berbasis volume juga dapat menjadi instrumen disinsentif yang mendorong pemilahan sekaligus meningkatkan penerimaan.

5.5 Strategi Implementasi, Peran Pemangku Kepentingan, dan Peta Jalan

5.5.1 Analisis SWOT

Analisis SWOT disusun untuk memetakan modal yang dimiliki dan hambatan yang dihadapi Kota Surakarta dalam melaksanakan skenario terpilih. Pada sisi kekuatan, Pemerintah Kota memiliki lahan TPA seluas 17 hektare sebagai aset siap pakai, infrastruktur PLTSa beserta jaringan tegangan menengah 20 kilovolt yang telah terpasang, serta perangkat hukum berupa Peraturan Daerah Nomor 4 Tahun 2022 dan Peraturan Daerah Nomor 4 Tahun 2025[227]. Pada sisi kelemahan, kapasitas pengolahan PLTSa baru mencapai 50 hingga 80 ton per hari dari desain 545 ton per hari, pemilahan dari sumber belum bersifat wajib, dan terdapat defisit pembiayaan sekitar Rp37,3 miliar per tahun[228]. Pada sisi peluang, Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025 membuka skema pendanaan baru, pasar RDF industri semen telah terbukti menyerap produk pada harga sekitar Rp400.000 per ton, dan Kota Surakarta memiliki banyak perguruan tinggi yang telah digandeng Wali Kota[229]. Pada sisi ancaman, terdapat sanksi administratif yang dapat

[226] Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[227] CNN Indonesia. (2023, Oktober). PLTSa Putri Cempo Solo resmi beroperasi, olah sampah jadi listrik. CNN Indonesia. (diakses 12 Agustus 2026) Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia. (2025). Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 4 Tahun 2025 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum BPK. https://peraturan.bpk.go.id/Details/322664/perda-kota-surakarta-no-4-tahun-2025 (diakses 12 Agustus 2026)

[228] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026) Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

[229] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2025). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2025 tentang Penanganan Sampah Perkotaan melalui Pengolahan Sampah menjadi Energi Terbarukan Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan. https://kemenlh.go.id/news/detail/presiden-tetapkan-perpres-1092025-langkah-nyata-atasi-sampah-perkotaan (diakses 12 Agustus 2026) Times Indonesia. (2025). Pengolahan sampah landfill mining di TPA Paras: Sanusi sebut sampah RDF jadi sumber PAD. https://www.times.co.id/pengolahan-sampah-landfill-mining-di-tpa-paras-sanusi-sampah-rdf-jadi-sumber-pad (diakses 12 Agustus 2026) Solopos. (2026c). TPA Putri Cempo kritis, Pemkot Solo gandeng kampus kurangi sampah. https://solopos.espos.id/tpa-putri-cempo-kritis-pemkot-solo-gandeng-kampus-kurangi-sampah-2221067 (diakses 12 Agustus 2026)



Gambar 5. 9. Matriks SWOT Penanganan Timbunan Sampah TPA Putri Cempo

Sumber: Analisis penulis (2026) berdasarkan data pada Bab IV dan Bab V.

Tabel 5. 13. Matriks Strategi SWOT

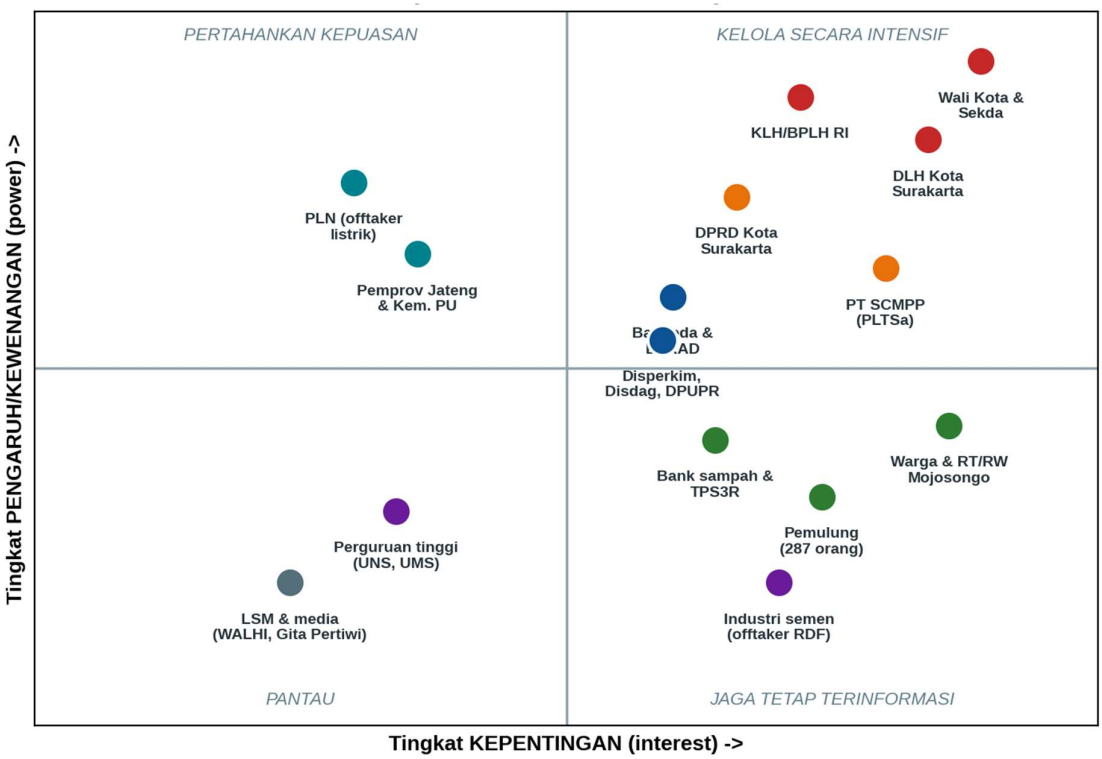
Kuadran	Rumusan Strategi	OPD Pengampu Utama
Strategi SO (Kekuatan–Peluang)	Memanfaatkan lahan dan infrastruktur eksisting untuk mengusulkan pendanaan DAK dan skema Perpres 109/2025; mengunci perjanjian pembelian RDF jangka panjang dengan industri semen; menggandeng perguruan tinggi sebagai pendamping teknis tanpa biaya konsultan	Bappeda; Dinas Lingkungan Hidup; Bagian Kerja Sama Setda
Strategi ST (Kekuatan–Ancaman)	Menggunakan Perda Nomor 4 Tahun 2022 dan Perda Nomor 4 Tahun 2025 sebagai dasar penerbitan Perwali pembatasan sampah masuk TPA; menyusun rencana aksi kepatuhan yang terukur untuk merespons sanksi KLH; membangun sistem pemantauan gas metana dan pencegahan kebakaran	Bagian Hukum Setda; Dinas Lingkungan Hidup; BPBD
Strategi WO (Kelemahan–Peluang)	Menutup defisit pembiayaan melalui digitalisasi retribusi, integrasi basis data wajib retribusi, dan pembiayaan majemuk; memanfaatkan pasar RDF untuk menciptakan pendapatan asli daerah baru	Dinas Lingkungan Hidup; Bapenda; BPKAD; Diskominfo SP
Strategi WT (Kelemahan–Ancaman)	Mewajibkan pemilahan dari sumber dengan sanksi bertahap; melakukan adendum perjanjian kerja sama PLTSa dengan indikator kinerja terukur; menjalankan transisi berkeadilan bagi 287 pemulung menjadi tenaga operator TPST bersertifikat	Dinas Lingkungan Hidup; Bagian Hukum Setda; Dinas Sosial; Disnakerperin

Sumber: Analisis penulis (2026).

5.5.2 Analisis Pemangku Kepentingan Pentahelix

Pemetaan pemangku kepentingan menempatkan setiap aktor pada kuadran berdasarkan tingkat kepentingan dan tingkat pengaruhnya terhadap keberhasilan program. Aktor pada kuadran kepentingan tinggi dan pengaruh tinggi meliputi Wali Kota beserta Sekretaris Daerah, Dinas Lingkungan Hidup, Kementerian Lingkungan Hidup sebagai pemberi sanksi, dan Dewan Perwakilan Rakyat Daerah sebagai

pemegang kewenangan anggaran, sehingga keempatnya harus dikelola secara intensif melalui komunikasi berkala. Warga dan pengurus rukun tetangga serta rukun warga di Mojosongo memiliki kepentingan sangat tinggi dengan pengaruh menengah sehingga perlu dijaga tetap terinformasi dan dilibatkan dalam pengawasan. Kelompok pemulung sebanyak 287 orang menempati posisi khusus karena kepentingannya sangat tinggi dan potensi resistensinya nyata sebagaimana terlihat pada aksi 1 Mei 2026[230]. Perguruan tinggi seperti Universitas Sebelas Maret dan Universitas Muhammadiyah Surakarta memiliki pengaruh menengah namun sangat bernilai sebagai penyedia keahlian tanpa biaya, sejalan dengan langkah Wali Kota menggandeng seluruh perguruan tinggi[231]. Industri semen sebagai calon pembeli RDF berada pada kuadran kepentingan tinggi namun pengaruh rendah sehingga perlu dijaga tetap terinformasi melalui perjanjian yang jelas.



Gambar 5. 10. Pemetaan Pemangku Kepentingan Pentahelix

Sumber: Analisis penulis (2026) berdasarkan kerangka pentahelix dan temuan pada Bab IV.

Tabel 5. 14. Peran, Kepentingan, dan Bentuk Kolaborasi Pemangku Kepentingan Pentahelix

Unsur Pentahelix	Aktor	Peran yang Diharapkan	Bentuk Kolaborasi Konkret
Pemerintah	Wali Kota, Sekda, DLH, Bappeda, BPKAD, Bapenda, DPUPR, Disperkim, Dinsos, Disnakerperin, Dinas Perdagangan, Diskominfo	Regulator, penyedia anggaran, pelaksana teknis, dan pengawas	Penerbitan Perwali; alokasi anggaran; pembentukan tim percepatan lintas OPD; audit kinerja tahunan

[230] Ayo Solo. (2026, Mei). TPA Putri Cempo tak lagi open dumping: Mengenal sanitary landfill, sistem baru yang bikin pemulung Solo ketar-ketir. https://solo.ayoindonesia.com/solo-raya/17017073444/ (diakses 12 Agustus 2026)
[231] Solopos. (2026c). TPA Putri Cempo kritis, Pemkot Solo gandeng kampus kurangi sampah. https://solopos.espos.id/tpa-putri-cempo-kritis-pemkot-solo-gandeng-kampus-kurangi-sampah-2221067 (diakses 12 Agustus 2026)

Unsur Pentahelix	Aktor	Peran yang Diharapkan	Bentuk Kolaborasi Konkret
	SP, Inspektorat, Kecamatan, Kelurahan		
Dunia usaha	PT SCMPP, industri semen, perbankan, BUMN, hotel dan restoran, pusat perbelanjaan	Investor, pengelola, pembeli produk, dan penghasil sampah yang bertanggung jawab	Adendum perjanjian kerja sama PLTSa; perjanjian pembelian RDF; TJSL sarana persampahan; kewajiban pengolahan mandiri
Akademisi	Universitas Sebelas Maret, Universitas Muhammadiyah Surakarta, dan perguruan tinggi swasta lain	Penyedia keahlian teknis, pendamping, dan pelaksana kajian lanjutan	Kerja sama pendampingan; kuliah kerja nyata tematik persampahan; uji laboratorium kalori RDF
Masyarakat	Warga, RT/RW, PKK, bank sampah, TPS3R, paguyuban pemulung, pedagang pasar	Pelaku pemilahan, pengelola fasilitas komunal, dan pengawas sosial	Gerakan pilah sampah 54 kelurahan; sertifikasi pemulung menjadi operator; program pasar minim sampah
Media dan LSM	Media nasional dan lokal, WALHI, Gita Pertiwi, komunitas lingkungan	Penyebar informasi, pendidik publik, dan pengawal akuntabilitas	Kampanye bersama; publikasi capaian bulanan; pemantauan independen kualitas lingkungan

Sumber: Analisis penulis (2026) berdasarkan Solopos (2026b, 2026c); Lokawarta (2024); WALHI (2024).

5.5.3 Analisis Dampak Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan

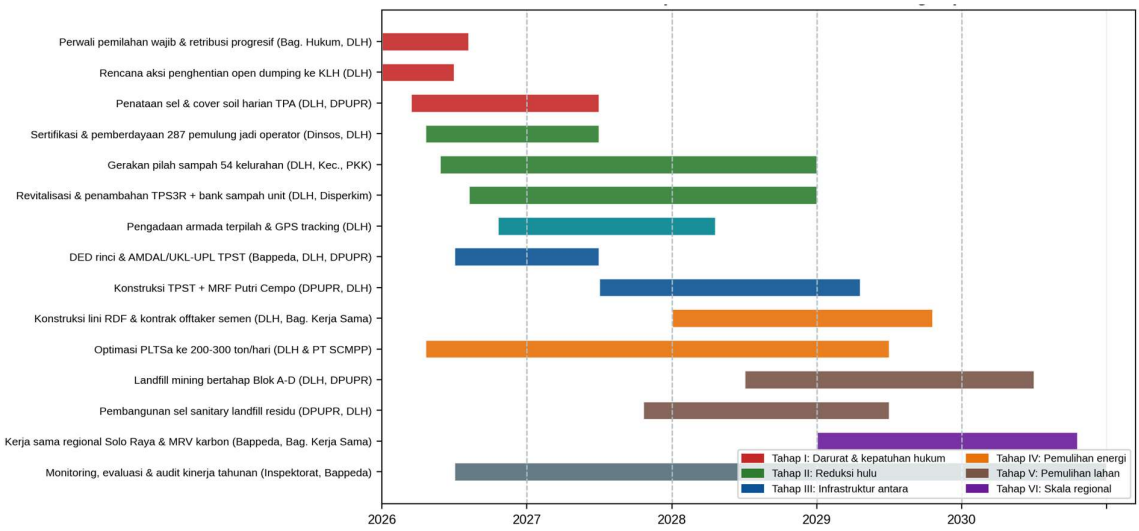
Dampak sosial yang paling menonjol adalah terbukanya lapangan kerja formal bagi pekerja sektor informal. Skenario S-3 membutuhkan sekitar 120 tenaga kerja pada TPST ditambah sekitar 150 tenaga kerja pada TPS3R dan unit biokonversi kawasan, sehingga seluruh 287 pemulung yang selama ini bekerja tanpa perlindungan dapat diserap menjadi tenaga operator bersertifikat dengan jaminan sosial ketenagakerjaan[232]. Langkah ini sekaligus meredakan resistensi sosial yang telah muncul dalam bentuk aksi protes pada 1 Mei 2026[233]. Dampak ekonomi berupa terciptanya rantai nilai baru dari produk maggot, kompos, material daur ulang, dan RDF dengan nilai potensial sekitar Rp25,56 miliar per tahun sebagaimana dihitung pada Tabel 5.9. Dampak lingkungan mencakup penurunan emisi gas metana dari timbunan, berkurangnya risiko pencemaran lindi terhadap air tanah permukiman sekitar, dan pulihnya lahan TPA melalui landfill mining[234]. Ketiga dampak tersebut secara langsung mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan nomor sebelas mengenai kota berkelanjutan, nomor dua belas mengenai konsumsi dan produksi bertanggung jawab, serta nomor tiga belas mengenai penanganan perubahan iklim.

5.5.4 Peta Jalan Pelaksanaan 2026–2030 dan Organisasi Perangkat Daerah Pengampu

Peta jalan disusun dalam enam tahap yang berjalan sebagian secara paralel agar target penurunan timbunan dapat dicapai tepat waktu. Tahap pertama bersifat darurat dan berorientasi kepatuhan hukum, mencakup penerbitan Peraturan Wali Kota,

[232] Solopos. (2026b, April). Ratusan pemulung terimbas penghentian open dumping di TPA Putri Cempo Solo. https://solopos.espos.id/ratusan-pemulung-terimbas-penghentian-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-solo-2210127 (diakses 12 Agustus 2026)
[233] Ayo Solo. (2026, Mei). TPA Putri Cempo tak lagi open dumping: Mengenal sanitary landfill, sistem baru yang bikin pemulung Solo ketar-ketir. https://solo.ayoindonesia.com/solo-raya/17017073444/ (diakses 12 Agustus 2026)
[234] Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

penyusunan rencana aksi penghentian open dumping, dan penataan sel dengan penutupan tanah harian, seluruhnya harus tuntas pada tahun 2026 sesuai tenggat yang diminta Kementerian Lingkungan Hidup[235]. Tahap kedua berfokus pada reduksi hulu melalui gerakan pemilahan di 54 kelurahan, revitalisasi TPS3R, dan penguatan bank sampah yang berlangsung hingga



Gambar 5. 11. Peta Jalan (Roadmap) Penanganan Timbunan Sampah TPA Putri Cempo 2026–2030

Sumber: Konstruksi penulis (2026) berdasarkan tenggat kepatuhan pada Kompas.id (2026) dan Kompas.com (2026a) serta struktur perangkat daerah Kota Surakarta.

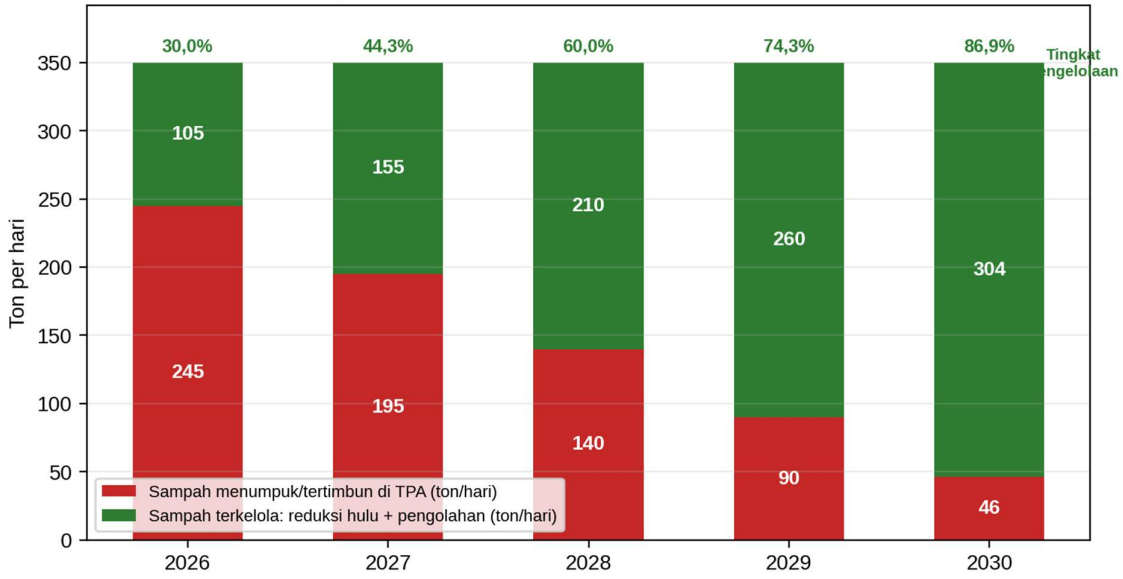
Tabel 5. 15. Peta Jalan Pelaksanaan dan Organisasi Perangkat Daerah Pengampu

Tahap	Kegiatan Pokok	Periode	Leading Sector	OPD Pendukung	Indikator Keberhasilan
I. Darurat dan kepatuhan hukum	Penerbitan Perwali pemilahan wajib dan pembatasan sampah masuk TPA; penyusunan rencana aksi penghentian open dumping; penataan sel dan penutupan tanah harian	2026	Dinas Lingkungan Hidup	Bagian Hukum Setda; DPUPR; Satpol PP; BPBD	Perwali terbit; rencana aksi diterima KLH; open dumping dihentikan
II. Reduksi hulu	Gerakan pilah sampah di 54 kelurahan; revitalisasi 30 TPS3R; 200 bank sampah unit; 30 modul BSF kawasan; pengadaan armada terpilah	2026–2028	Dinas Lingkungan Hidup	Kecamatan dan Kelurahan; Disperkim; PKK; Dinas Pendidikan; Dinas Perdagangan	Reduksi hulu naik dari 25 menjadi 110 ton/hari; 60 persen KK memilah
III. Infrastruktur antara	Penyusunan DED bersertifikat dan dokumen lingkungan; konstruksi TPST dan MRF kapasitas 150 ton/hari	2026–2029	Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang	Dinas Lingkungan Hidup; Bappeda; BPKAD; DPMPTSP	TPST beroperasi; 24 ton/hari material daur ulang terpulihkan
IV. Pemulihan energi	Konstruksi lini RDF; perjanjian pembelian RDF; adendum kerja sama dan optimasi PLTSa menjadi 110 ton/hari	2026–2030	Dinas Lingkungan Hidup	Bagian Kerja Sama Setda; Bagian Hukum Setda; BPKAD	Produksi RDF 36 ton/hari; PLTSa mencapai 110 ton/hari

[235] Kompas.com. (2026a, April 27). Perlahan tutup praktik open dumping TPA Putri Cempo, Pemkot Solo pikirkan nasib pemulung. https://regional.kompas.com/read/2026/04/27/054437178/ (diakses 12 Agustus 2026)

Tahap	Kegiatan Pokok	Periode	Leading Sector	OPD Pendukung	Indikator Keberhasilan
V. Pemulihan lahan	Landfill mining bertahap Blok A sampai D; pembangunan sel sanitary landfill residu 1,5 Ha; instalasi pengolahan lindi	2028–2030	Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang	Dinas Lingkungan Hidup; BPKAD	Lahan pulih minimal 3 Ha; residu tertimbun turun menjadi 46 ton/hari
VI. Skala regional dan iklim	Kerja sama pengelolaan sampah Solo Raya; sistem MRV emisi; monetisasi kredit karbon	2029–2030	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah	Bagian Kerja Sama Setda; Dinas Lingkungan Hidup; BRIDA	Perjanjian kerja sama regional; sistem MRV terverifikasi
Lintas tahap	Transisi berkeadilan 287 pemulung; pelatihan dan sertifikasi operator; jaminan sosial ketenagakerjaan	2026–2030	Dinas Sosial	Disnakerperin; Dinas Lingkungan Hidup; BPJS Ketenagakerjaan	287 pemulung terserap sebagai tenaga kerja formal
Lintas tahap	Digitalisasi retribusi DILARISI; integrasi basis data wajib retribusi; retribusi progresif	2026–2028	Badan Pendapatan Daerah	Dinas Lingkungan Hidup; Diskominfo SP; Dispendukcapil	Realisasi pemungutan naik dari 78 menjadi 95 persen
Lintas tahap	Pemantauan, evaluasi, dan audit kinerja tahunan	2026–2030	Inspektorat Daerah	Bappeda; Dinas Lingkungan Hidup; BRIDA	Laporan evaluasi tahunan diterbitkan dan dipublikasikan

Sumber: Konstruksi penulis (2026).



Gambar 5. 12. Target Tahunan Penurunan Timbunan Sampah di TPA Putri Cempo

Sumber: Perhitungan penulis (2026) berdasarkan Tabel 5.2 dan peta jalan pada Tabel 5.15.

5.5.5 Manajemen Risiko Pelaksanaan

Pelaksanaan skenario terpadu menghadapi sejumlah risiko yang perlu dikelola secara sadar sejak awal. Risiko terbesar adalah kegagalan disiplin pemilahan di sumber yang akan menyebabkan seluruh lini pengolahan bekerja di bawah kapasitas, sebagaimana telah terbukti pada PLTSa yang kapasitas aktualnya hanya sekitar 15 hingga 21 persen dari desain[236]. Mitigasi risiko ini dilakukan melalui kewajiban regulatif dalam Peraturan Wali Kota, insentif dan disinsentif retribusi, serta pendampingan

[236] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

intensif di tingkat rukun warga. Risiko kedua adalah keterlambatan pendanaan yang dimitigasi melalui strategi pembiayaan majemuk sehingga kegagalan satu sumber tidak menghentikan seluruh program. Risiko ketiga adalah resistensi sosial dari pemulung dan warga sekitar yang dimitigasi melalui program transisi berkeadilan dan komunikasi publik yang transparan sejak tahap perencanaan[237]. Risiko keempat adalah kegagalan mitra badan usaha memenuhi komitmen yang dimitigasi melalui indikator kinerja terukur, verifikasi rekam jejak sebelum kontrak, dan klausul sanksi dalam perjanjian, sebuah pelajaran penting dari pengalaman PLTSa Putri Cempo[238].

Kebakaran September 2026 menambahkan satu kategori risiko yang sebelumnya belum diperhitungkan secara memadai, yaitu risiko kebakaran timbunan yang bersifat berulang. Risiko ini bersumber dari akumulasi gas metana pada timbunan terbuka dan diperberat oleh cuaca panas ekstrem, sehingga mitigasinya menuntut penutupan timbunan dengan geomembran atau tanah, pemasangan sistem penyaluran gas metana, serta pengelolaan air lindi sebagaimana diminta Kementerian Lingkungan Hidup[239]. Konsekuensi anggarannya juga nyata karena penetapan status tanggap darurat mengalihkan sumber daya personel dan keuangan dari agenda perbaikan sistem ke penanganan darurat[240]. Mitigasi kelembagaan yang diperlukan adalah penyusunan prosedur tetap pencegahan dan penanggulangan kebakaran TPA yang melibatkan Badan Penanggulangan Bencana Daerah, Dinas Pemadam Kebakaran, dan Dinas Lingkungan Hidup, lengkap dengan ketersediaan sumber air baku di dalam tapak. Risiko lintas daerah juga harus dikelola karena sebaran asap terbukti menjangkau wilayah Kabupaten Karanganyar sehingga menuntut nota kesepahaman penanganan bersama[241]. Dengan demikian, percepatan pengurangan volume sampah yang masuk ke TPA sekaligus berfungsi sebagai instrumen pengurangan risiko bencana.

---

[237] Solopos. (2026b, April). Ratusan pemulung terimbas penghentian open dumping di TPA Putri Cempo Solo. https://solopos.espos.id/ratusan-pemulung-terimbas-penghentian-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-solo-2210127 (diakses 12 Agustus 2026) Ayo Solo. (2026, Mei). TPA Putri Cempo tak lagi open dumping: Mengenal sanitary landfill, sistem baru yang bikin pemulung Solo ketar-ketir. https://solo.ayoindonesia.com/solo-raya/17017073444/ (diakses 12 Agustus 2026)

[238] PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

[239] ANTARA News. (2026b, 4 September). KLH: Open dumping salah satu penyebab kebakaran TPA Putri Cempo. Kantor Berita ANTARA. https://www.antaranews.com/berita/5726256/klh-open-dumping-salah-satu-penyebab-kebakaran-tpa-putri-cempo (diakses 10 September 2026)

[240] Kompas.com. (2026c, 4 September). Kebakaran TPA Putri Cempo belum terkendali, Pemkot Solo tetapkan status tanggap darurat bencana 14 hari. https://regional.kompas.com/read/2026/09/04/104119178/kebakaran-tpa-putri-cempo-belum-terkendali-pemkot-solo-tetapkan-status (diakses 10 September 2026)

[241] CNN Indonesia. (2026, 8 September). Blok B TPA Putri Cempo masih terbakar, 105 warga mengungsi. https://www.cnnindonesia.com/nasional/20260908145054-20-1401526/blok-b-tpa-putri-cempo-masih-terbakar-105-warga-mengungsi (diakses 10 September 2026)

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh analisis yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, kajian ini menghasilkan lima kesimpulan yang disusun sesuai dengan lima tujuan kajian.

6.1.1 Karakteristik, Neraca Massa, dan Besaran Kesenjangan

Dari basis timbulan 350 ton per hari, komposisi sampah Kota Surakarta didominasi fraksi organik sebesar 55 persen atau 192,5 ton per hari, diikuti fraksi anorganik bernilai daur ulang sebesar 20 persen atau 70 ton per hari, fraksi anorganik berkalori tinggi sebesar 17 persen atau 59,5 ton per hari, serta fraksi residu dan bahan berbahaya beracun rumah tangga sebesar 8 persen atau 28 ton per hari. Neraca massa kondisi eksisting menunjukkan hanya sekitar 80 ton per hari yang terolah di PLTSa dan sekitar 25 ton per hari yang tereduksi di hulu, sehingga sekitar 245 ton per hari atau 70 persen dari total timbulan menumpuk tanpa pengolahan dan menambah timbunan setinggi 28 meter. Akumulasi tahunan mencapai sekitar 89.425 ton yang setara dengan sekitar 127.750 meter kubik volume terpadatkan. Kesenjangan terhadap target Kebijakan dan Strategi Nasional mencapai sekitar 22,9 poin persen pada sisi pengurangan dan 47,1 poin persen pada sisi penanganan, sedangkan kesenjangan terhadap target pengelolaan seratus persen mencapai 70 poin persen. Dengan demikian, akar persoalan bukan terletak pada ketiadaan infrastruktur, melainkan pada kesenjangan antara kapasitas terpasang dan kapasitas yang benar-benar bekerja, serta pada lemahnya pemilahan di sumber yang membuat sampah tiba dalam kondisi tercampur dan berkadar air tinggi.

6.1.2 Skema Pemrosesan, Kebutuhan Teknis, dan Rekayasa Rinci

Skema pemrosesan yang paling sesuai adalah pendekatan multijalur di mana setiap fraksi sampah diarahkan ke satu jalur pengolahan dengan produk keluaran yang memiliki pasar. Fraksi organik basah diarahkan ke biokonversi larva Black Soldier Fly, fraksi organik berserat ke komposting windrow, fraksi organik pasar yang sangat basah ke biodigester, fraksi anorganik bernilai ke Material Recovery Facility, fraksi berkalori tinggi ke lini bahan bakar jumputan padat, dan fraksi residu ke pemulihan energi serta sel penimbunan aman. Untuk melayani kapasitas 150 ton per hari dengan jam kerja efektif delapan jam, dibutuhkan antara lain dua jembatan timbang, empat conveyor sortir, dua trommel screen, dua set pemisah magnetik dan arus pusar, tiga shredder primer, dua shredder sekunder, dua lini pengeringan hayati dan pelet, dua baling press, tiga pencacah organik, empat puluh modul rak biokonversi, serta alat berat pendukung. Kebutuhan lahan sekitar dua hektare tersedia di dalam kompleks TPA sehingga tidak diperlukan biaya pembebasan tanah, dengan tata letak beraliran satu arah, zona penyangga hijau pada sisi permukiman, dan instalasi pengolahan lindi pada titik terendah tapak. Investasi pekerjaan sipil diperkirakan sekitar Rp36,54 miliar dan investasi mekanikal sekitar Rp30,30 miliar, sehingga bersama biaya perencanaan dan kontingensi total mencapai sekitar Rp81,48 miliar. Seluruh gambar dan angka ini

bersifat indikatif pada tingkat pra-rancangan dan masih memerlukan penyusunan dokumen rekayasa rinci bersertifikat sebelum pengadaan.

6.1.3 Skenario Penanganan dan Kelayakan Ekonominya

Empat skenario yang diuji menghasilkan tingkat reduksi dan biaya yang berbeda secara bermakna. Skenario tanpa intervensi struktural menyisakan timbunan 245 ton per hari dengan biaya penanganan sekitar Rp586.800 per ton, skenario penguatan hulu menyisakan 160 ton per hari dengan biaya sekitar Rp384.000 per ton, skenario penambahan unit pengolahan terpadu menyisakan 85 ton per hari dengan biaya sekitar Rp476.100 per ton, dan skenario terpadu penuh menyisakan 46 ton per hari dengan biaya sekitar Rp542.700 per ton. Temuan terpenting adalah bahwa skenario termurah per ton bukanlah skenario yang memenuhi kewajiban hukum, sehingga keputusan yang tepat adalah memilih skenario termurah yang memenuhi kendala kepatuhan, yaitu skenario terpadu penuh dengan investasi sekitar Rp176,5 miliar. Skenario tersebut menurunkan timbunan sebesar 199 ton per hari atau 81,2 persen sehingga memenuhi kriteria berkurang secara drastis. Setelah memperhitungkan penghindaran biaya sekitar Rp24 miliar per tahun, tambahan beban anggaran neto hanya sekitar Rp13,73 miliar per tahun atau sekitar Rp189.000 per ton tambahan sampah terkelola, yang berada jauh di bawah besaran biaya layanan pengolahan yang lazim pada skema pengolah sampah menjadi energi listrik. Pada inti komersial fasilitas dengan investasi sekitar Rp30 miliar diperoleh nilai bersih sekarang positif sekitar Rp15,4 miliar, tingkat pengembalian internal sekitar 15,7 persen, rasio manfaat biaya sekitar 1,12, dan periode pengembalian sekitar 5,7 tahun. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa variabel paling menentukan adalah tingkat keberhasilan pemilahan di sumber, bukan harga jual produk.

6.1.4 Skema Pembiayaan yang Paling Layak

Kota Surakarta menghadapi defisit pembiayaan persampahan yang bersifat struktural, dengan kebutuhan ideal sekitar Rp48,61 miliar per tahun berhadapan dengan realisasi retribusi sekitar Rp11,28 miliar per tahun sehingga terdapat kekurangan sekitar Rp37,33 miliar per tahun. Meskipun demikian, tingkat pemulihan biaya melalui retribusi di Kota Surakarta sesungguhnya lebih baik dibandingkan banyak daerah lain, dan persoalan utamanya terletak pada realisasi pemungutan yang baru sekitar 78 persen, piutang hingga sepuluh persen, serta pencatatan yang masih manual dan belum terhubung dengan basis data kependudukan. Dari enam opsi yang dibandingkan, tidak ada satu pun opsi tunggal yang mampu menutup seluruh kebutuhan investasi sebesar Rp176,5 miliar, sehingga bauran pembiayaan menjadi pilihan yang paling realistis. Bauran yang direkomendasikan adalah anggaran daerah bertahap dan tanggung jawab sosial badan usaha untuk komponen hulu, dana alokasi khusus serta bantuan keuangan kementerian teknis untuk unit pengolahan terpadu, anggaran daerah untuk pemulihan lahan dan sel penimbunan, serta negosiasi adendum perjanjian kerja sama untuk optimasi PLTSa. Bauran ini menekan kebutuhan anggaran daerah murni menjadi sekitar Rp70 miliar yang dapat dibagi dalam tiga tahun anggaran, sekaligus dilengkapi penguatan sisi penerimaan melalui digitalisasi retribusi yang merupakan sumber dana paling murah karena tidak memerlukan investasi baru.

6.1.5 Strategi Implementasi dan Peta Jalan

Strategi implementasi yang paling menentukan bukanlah pembangunan fisik, melainkan penerbitan instrumen hukum yang mewajibkan pemilahan dari sumber dan membatasi jenis sampah yang boleh masuk ke tempat pemrosesan akhir. Tanpa instrumen tersebut, seluruh lini pengolahan akan mengalami nasib yang sama dengan PLTSa yang kapasitas aktualnya hanya sekitar seperlima dari desain. Peta jalan disusun dalam enam tahap yang berjalan sebagian secara paralel, meliputi tahap darurat dan kepatuhan hukum pada tahun 2026, tahap reduksi hulu hingga 2028, tahap pembangunan infrastruktur antara hingga 2029, tahap pemulihan energi hingga 2030, tahap pemulihan lahan melalui penambangan timbunan, serta tahap kerja sama regional dan monetisasi kredit karbon. Target tahunan penurunan residu ditetapkan dari 245 ton per hari pada 2026 menjadi berturut-turut 195, 140, 90, dan akhirnya 46 ton per hari pada 2030, dengan tingkat pengelolaan meningkat dari 30 persen menjadi sekitar 86,9 persen. Setiap tahap memiliki perangkat daerah pengampu yang jelas dengan Dinas Lingkungan Hidup sebagai pengampu utama, didukung Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang untuk konstruksi, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah untuk kerja sama regional, Badan Pendapatan Daerah untuk penguatan retribusi, Dinas Sosial untuk transisi berkeadilan bagi pemulung, dan Inspektorat Daerah untuk pengawasan. Keberhasilan seluruh peta jalan bergantung pada empat prasyarat, yaitu kepastian regulasi, kepastian pendanaan, kepastian pasar produk, dan penerimaan sosial masyarakat terdampak.

6.2 Rekomendasi

6.2.1 Rekomendasi Penelitian

Kajian ini disusun sepenuhnya dari data sekunder yang tersedia secara digital tanpa dukungan anggaran, sehingga terdapat sejumlah keterbatasan yang perlu ditutup melalui penelitian lanjutan. Rekomendasi penelitian berikut disusun menurut urutan kepentingannya bagi pengambilan keputusan.

1. Pengukuran timbulan dan sampling komposisi sampah sesuai SNI 19-3964-1994 pada lima kecamatan selama delapan hari berturut-turut, untuk menggantikan asumsi komposisi 55 persen organik dengan angka terukur. Penelitian ini dapat dilaksanakan melalui kerja sama dengan program studi teknik lingkungan perguruan tinggi setempat sebagai kegiatan tugas akhir mahasiswa sehingga biayanya dapat ditekan seminimal mungkin.
2. Uji laboratorium nilai kalor, kadar air, kadar abu, dan kadar klorin terhadap fraksi berkalori tinggi serta terhadap sampah lama hasil penambangan timbunan, untuk memastikan kesesuaian produk dengan persyaratan SNI 8966:2021 dan spesifikasi pembeli industri semen. Uji ini menjadi prasyarat mutlak sebelum penandatanganan perjanjian pembelian jangka panjang.
3. Penyelidikan tanah, pemetaan topografi rinci, dan uji kestabilan lereng timbunan setinggi 28 meter, untuk memastikan keamanan tapak sebelum konstruksi dan untuk merancang urutan penambangan timbunan yang aman.
4. Kajian hidrogeologi dan pemantauan kualitas air tanah pada sumur warga di sekitar tempat pemrosesan akhir, untuk mengukur sebaran pencemaran lindi secara faktual dan menetapkan titik pantau permanen.
5. Kajian teknis mendalam mengenai penyebab tidak tercapainya kapasitas desain PLTSa, mencakup audit teknologi gasifikasi, mutu bahan baku, dan keandalan peralatan, sebagai dasar penyusunan adendum perjanjian kerja sama yang berbasis bukti.
6. Studi kelayakan lengkap dan penyusunan dokumen rekayasa rinci bersertifikat untuk unit pengolahan terpadu, termasuk penyusunan Harga Perkiraan Sendiri berdasarkan survei harga pasar terkini, guna menggantikan estimasi indikatif dalam kajian ini.
7. Kajian kesediaan membayar masyarakat terhadap retribusi persampahan berbasis volume dan kajian struktur tarif progresif, untuk memastikan kebijakan retribusi baru dapat diterima secara sosial sekaligus memadai secara fiskal.
8. Kajian sosial ekonomi terhadap pemulung dan peternak sapi di lokasi tempat pemrosesan akhir, mencakup pendataan lengkap, pemetaan keterampilan, dan perancangan skema transisi pekerjaan yang berkeadilan.
9. Kajian penyerapan pasar produk olahan, meliputi maggot, kasgot, kompos, material daur ulang, dan bahan bakar jumputan padat, untuk memvalidasi asumsi faktor realisasi pasar sebesar 70 persen yang digunakan dalam kajian ini.

10. Perhitungan baseline emisi gas rumah kaca dan perancangan sistem pengukuran, pelaporan, serta verifikasi, sebagai prasyarat monetisasi kredit karbon dari pengurangan emisi metana.

6.2.2 Rekomendasi Kebijakan

Rekomendasi kebijakan berikut disusun menurut jangka waktu pelaksanaan dan mencantumkan perangkat daerah pelaksana beserta langkah operasional yang dapat langsung ditindaklanjuti.

a. Jangka Sangat Pendek

1. Menerbitkan Peraturan Wali Kota tentang kewajiban pemilahan sampah dari sumber dan pembatasan jenis sampah yang boleh masuk ke tempat pemrosesan akhir. Pelaksana: Bagian Hukum Sekretariat Daerah bersama Dinas Lingkungan Hidup. Langkah operasional: menyusun naskah akademik ringkas dalam waktu satu bulan, melakukan harmonisasi dengan Peraturan Daerah Nomor 4 Tahun 2022 dan Peraturan Daerah Nomor 4 Tahun 2025, menggelar konsultasi publik dengan pengurus rukun warga dan pelaku usaha, menetapkan masa transisi enam bulan sebelum sanksi diberlakukan, serta mengatur secara tegas kewajiban pemilahan bagi penghasil sampah skala besar seperti pasar, hotel, restoran, dan pusat perbelanjaan.
2. Menyusun dan menyampaikan rencana aksi penghentian pembuangan terbuka kepada Kementerian Lingkungan Hidup sebagai tindak lanjut sanksi administratif. Pelaksana: Dinas Lingkungan Hidup selaku pengampu utama. Langkah operasional: menyusun dokumen rencana aksi yang memuat target kuantitatif bulanan, menetapkan penanggung jawab setiap butir tindakan, melampirkan bukti kemajuan berupa dokumentasi penataan sel dan penutupan tanah harian, serta melaporkan kemajuan secara berkala kepada kementerian untuk mencegah peningkatan sanksi menjadi ranah pidana.
3. Membentuk Tim Percepatan Penanganan Sampah lintas perangkat daerah melalui Keputusan Wali Kota. Pelaksana: Sekretariat Daerah dengan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah sebagai koordinator teknis. Langkah operasional: menetapkan susunan tim yang mencakup seluruh perangkat daerah terkait, menyusun jadwal rapat koordinasi dua mingguan, membangun papan pemantauan kinerja yang menampilkan tonase harian masuk dan keluar, serta menetapkan mekanisme eskalasi apabila target bulanan tidak tercapai.
4. Melakukan penataan operasional tempat pemrosesan akhir secara segera. Pelaksana: Dinas Lingkungan Hidup bersama Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang. Langkah operasional: memastikan ketersediaan alat berat cadangan agar antrean truk tidak berulang, menerapkan penutupan tanah harian pada sel aktif, membangun saluran pengumpul lindi sementara, memasang sistem deteksi dan pemadaman kebakaran, serta mengatur ulang alur lalu lintas kendaraan pengangkut di dalam kompleks.
5. Memulai negosiasi adendum perjanjian kerja sama dengan badan usaha pengelola PLTSa. Pelaksana: Bagian Kerja Sama Sekretariat Daerah bersama Bagian Hukum Sekretariat Daerah dan Dinas Lingkungan Hidup. Langkah

operasional: menyusun indikator kinerja terukur berupa tonase minimum harian yang wajib diolah, menetapkan tahapan peningkatan kapasitas dengan tenggat yang jelas, mencantumkan klausul sanksi atas ketidaktercapaian, serta menyepakati mekanisme pelaporan dan verifikasi independen atas tonase yang benar-benar diolah.

b. Jangka Pendek (Tahun 2026–2027)

1. Menjalankan gerakan pemilahan sampah di seluruh 54 kelurahan secara bertahap. Pelaksana: Dinas Lingkungan Hidup bersama Kecamatan dan Kelurahan. Langkah operasional: memulai dari sepuluh kelurahan percontohan, menyediakan wadah pemilah dua warna pada tingkat rukun tetangga, melatih kader lingkungan pada setiap rukun warga, memberikan pengakuan berupa penghargaan kepada kelurahan berkinerja terbaik, serta memastikan armada pengangkut benar-benar terpilah agar kepercayaan masyarakat tidak rusak oleh praktik pencampuran kembali saat pengangkutan.
2. Melakukan digitalisasi dan penguatan pemungutan retribusi persampahan. Pelaksana: Badan Pendapatan Daerah bersama Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Komunikasi, Informatika, Statistik dan Persandian. Langkah operasional: mengoperasikan penuh aplikasi pemungutan daring hingga tingkat rukun tetangga, mengintegrasikan basis data wajib retribusi dengan nomor induk kependudukan dan nomor kartu keluarga serta nomor induk berusaha, menerbitkan surat ketetapan retribusi secara otomatis, memberikan insentif proporsional bagi pengumpul di tingkat rukun tetangga, serta menetapkan target peningkatan realisasi pemungutan dari 78 persen menjadi 95 persen.
3. Merevitalisasi dan menambah unit pengolahan sampah skala kawasan. Pelaksana: Dinas Lingkungan Hidup bersama Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman. Langkah operasional: melakukan audit kondisi seluruh TPS3R eksisting, merehabilitasi unit yang tidak berfungsi, membangun tiga puluh unit baru pada kawasan padat penduduk, menambahkan modul biokonversi maggot pada unit yang menerima sampah organik dominan, serta menetapkan pengelola berbadan hukum agar keberlanjutan operasional terjamin.
4. Mengusulkan pendanaan Dana Alokasi Khusus dan bantuan keuangan untuk pembangunan unit pengolahan terpadu. Pelaksana: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah bersama Dinas Lingkungan Hidup dan Badan Pengelola Keuangan dan Aset Daerah. Langkah operasional: melengkapi kriteria kesiapan berupa dokumen rekayasa rinci, dokumen lingkungan, dan bukti kesiapan lahan, mengajukan usulan sesuai siklus perencanaan nasional, serta menempatkan usulan tersebut dalam dokumen perencanaan daerah agar memiliki dasar hukum penganggaran.
5. Menjalankan program transisi berkeadilan bagi pemulung. Pelaksana: Dinas Sosial bersama Dinas Tenaga Kerja dan Perindustrian serta Dinas Lingkungan Hidup. Langkah operasional: melakukan pendataan lengkap dan verifikasi terhadap seluruh pemulung aktif, menyelenggarakan pelatihan dan sertifikasi kompetensi sebagai operator pemilahan, menjamin penempatan kerja pada unit pengolahan terpadu setelah beroperasi, mendaftarkan seluruh pekerja

pada jaminan sosial ketenagakerjaan dan kesehatan, serta menyediakan skema penghasilan sementara selama masa peralihan.

c. Jangka Menengah (Tahun 2027–2029)

1. Membangun unit pengolahan terpadu berkapasitas 150 ton per hari. Pelaksana: Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang selaku pengampu konstruksi bersama Dinas Lingkungan Hidup selaku pengguna. Langkah operasional: menuntaskan dokumen rekayasa rinci dan persetujuan lingkungan terlebih dahulu, melaksanakan pengadaan secara terbuka dengan persyaratan kualifikasi teknis yang ketat, menerapkan pembangunan bertahap agar sebagian lini dapat beroperasi lebih awal, serta menyiapkan tenaga operator terlatih sebelum serah terima pekerjaan.
2. Mengunci kepastian pasar produk melalui perjanjian jangka panjang. Pelaksana: Bagian Kerja Sama Sekretariat Daerah bersama Dinas Lingkungan Hidup. Langkah operasional: menandatangani perjanjian pembelian bahan bakar jumputan padat dengan industri semen, menyepakati spesifikasi mutu dan mekanisme penyesuaian harga, membangun kemitraan penyerapan maggot dengan pelaku peternakan dan perikanan, serta memanfaatkan kompos untuk kebutuhan ruang terbuka hijau kota sehingga sebagian produk terserap secara internal.
3. Melaksanakan penambangan timbunan dan pembangunan sel penimbunan aman. Pelaksana: Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang bersama Dinas Lingkungan Hidup. Langkah operasional: memulai dari blok tertua yang kandungan organiknya telah terurai, memisahkan tanah urug untuk digunakan kembali sebagai penutup harian, mengolah fraksi berkalori menjadi bahan bakar sekunder, serta membangun sel dengan lapisan kedap dan sistem pengumpul lindi sesuai ketentuan teknis.
4. Menerapkan tanggung jawab penghasil sampah skala besar. Pelaksana: Dinas Lingkungan Hidup bersama Dinas Perdagangan dan Satuan Polisi Pamong Praja. Langkah operasional: mewajibkan pasar, hotel, restoran, dan pusat perbelanjaan mengolah sampah organiknya secara mandiri atau bermitra dengan pengelola berizin, menetapkan pelaporan berkala atas volume sampah yang dikelola, memberikan pengurangan retribusi bagi yang patuh, serta menerapkan penegakan bertahap bagi yang tidak memenuhi kewajiban.

d. Jangka Panjang (Tahun 2029–2030 dan seterusnya)

1. Mengembangkan kerja sama pengelolaan sampah lintas daerah di kawasan Solo Raya. Pelaksana: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah bersama Bagian Kerja Sama Sekretariat Daerah. Langkah operasional: menyusun kajian kelayakan pengelolaan regional, membangun kesepahaman dengan kabupaten sekitar, merumuskan skema pembagian biaya dan manfaat, serta mengusulkan dukungan fasilitasi dari pemerintah provinsi.
2. Memonetisasi pengurangan emisi melalui perdagangan karbon. Pelaksana: Dinas Lingkungan Hidup bersama Badan Riset dan Inovasi Daerah. Langkah operasional: membangun sistem pengukuran, pelaporan, dan verifikasi yang

kredibel, melakukan pendaftaran pada sistem registri nasional, menggandeng pendamping teknis bersertifikat, serta mengalokasikan pendapatan yang diperoleh untuk pembiayaan operasional fasilitas.

3. Melembagakan pengawasan dan evaluasi kinerja secara berkelanjutan. Pelaksana: Inspektorat Daerah bersama Badan Perencanaan Pembangunan Daerah. Langkah operasional: menetapkan indikator kinerja tahunan yang terukur, melakukan audit kinerja pengelolaan sampah setiap tahun, mempublikasikan capaian secara terbuka kepada masyarakat, serta menggunakan hasil evaluasi sebagai dasar penyesuaian kebijakan pada tahun berikutnya.

e. Rekomendasi kepada Pemangku Kepentingan di Luar Pemerintah Daerah

Saran berikut ditujukan kepada para pihak di luar pemerintah daerah yang keterlibatannya sangat menentukan keberhasilan penanganan tumpukan sampah di TPA Putri Cempo.

- Kepada Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta, agar memberikan dukungan penganggaran multitahun yang bersifat mengikat sehingga pembangunan fasilitas tidak terputus akibat perubahan prioritas tahunan, serta menjalankan fungsi pengawasan atas capaian tonase yang benar-benar diolah, bukan sekadar atas penyerapan anggaran.
- Kepada badan usaha pengelola PLTSa, agar memenuhi komitmen kapasitas pengolahan sesuai perjanjian kerja sama dan bersikap terbuka terhadap audit teknis independen, mengingat kesenjangan antara kapasitas desain dan kapasitas aktual merupakan penyebab utama menumpuknya sampah.
- Kepada perguruan tinggi di Kota Surakarta, agar mengarahkan kegiatan penelitian, pengabdian kepada masyarakat, dan kuliah kerja nyata tematik pada penelitian lanjutan yang direkomendasikan pada sub-bab 6.2.1, sehingga keterbatasan data dalam kajian ini dapat ditutup tanpa membebani anggaran daerah.
- Kepada masyarakat Kota Surakarta, agar memulai pemilahan sampah dari rumah masing-masing, karena seluruh perhitungan dalam kajian ini menunjukkan bahwa disiplin pemilahan di sumber merupakan variabel tunggal yang paling menentukan dan tidak dapat digantikan oleh teknologi seberapa pun mahalnya.
- Kepada dunia usaha di Kota Surakarta, agar mengalokasikan tanggung jawab sosial dan lingkungan pada penyediaan sarana persampahan komunal serta bersedia menjadi pembeli produk olahan sampah, sehingga terbentuk rantai nilai yang menopang keberlanjutan fasilitas.
- Kepada media dan organisasi masyarakat sipil, agar terus mengawal pelaksanaan peta jalan ini secara kritis dan konstruktif, karena keterbukaan informasi mengenai capaian bulanan merupakan bentuk pengawasan yang paling efektif dan paling murah.

DAFTAR PUSTAKA

Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(19), 12717. https://doi.org/10.3390/ijerph191912717

ANTARA Foto. (2026, 3 September). Warga terdampak kebakaran TPA Putri Cempo mengungsi. Kantor Berita ANTARA. https://www.antarafoto.com/id/view/2856231/warga-terdampak-kebakaran-tpa-putri-cempo-mengungsi (diakses 10 September 2026)

ANTARA News. (2025, 15 Oktober). Prabowo terbitkan Perpres Nomor 109/2025 tentang olah sampah jadi energi. Kantor Berita ANTARA. https://www.antaranews.com/berita/5175717/prabowo-terbitkan-perpres-nomor-109-2025-tentang-olah-sampah-jadi-energi (diakses 10 September 2026)

ANTARA News. (2026b, 4 September). KLH: Open dumping salah satu penyebab kebakaran TPA Putri Cempo. Kantor Berita ANTARA. https://www.antaranews.com/berita/5726256/klh-open-dumping-salah-satu-penyebab-kebakaran-tpa-putri-cempo (diakses 10 September 2026)

Apakabar.co.id. (2026, Februari). Alat berat ditambah, Respati benahi jalur sampah di Putri Cempo. https://apakabar.co.id/news/alat-berat-ditambah-respati-benahi-jalur-sampah-di-putri-cempo/ (diakses 12 Agustus 2026)

Ayo Solo. (2026, Mei). TPA Putri Cempo tak lagi open dumping: Mengenal sanitary landfill, sistem baru yang bikin pemulung Solo ketar-ketir. https://solo.ayoindonesia.com/solo-raya/17017073444/ (diakses 12 Agustus 2026)

Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia Perwakilan Provinsi DKI Jakarta. (2024). Pemprov DKI dirikan RDF Plant di Rorotan senilai Rp1,28 triliun. https://jakarta.bpk.go.id/pemprov-dki-dirikan-rdf-plant-di-rorotan-senilai-rp128-triliun/ (diakses 12 Agustus 2026)

Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia. (2025). Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 4 Tahun 2025 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum BPK. https://peraturan.bpk.go.id/Details/322664/perda-kota-surakarta-no-4-tahun-2025 (diakses 12 Agustus 2026)

Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. (2024). Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Kota Surakarta Tahun 2024. https://surakartakota.bps.go.id/en/news/2024/11/21/171/indeks-pembangunan-manusia--ipm--kota-surakarta-tahun-2024.html (diakses 12 Agustus 2026)

Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. (2025). Kota Surakarta dalam angka 2025. Badan Pusat Statistik Kota Surakarta.

https://surakartakota.bps.go.id/id/publication/2025/02/28/8974f0197a8b96272625a385/kota-surakarta-dalam-angka-2025.html (diakses 12 Agustus 2026)

Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta. (2024). Kajian optimalisasi retribusi pelayanan persampahan/kebersihan di Kota Surakarta. Sistem e-Riset BRIDA Kota Surakarta. https://brida.surakarta.go.id/e-riset/riset/detail/5cb014db-20d9-4985-8696-9626d198ebc6 (diakses 12 Agustus 2026)

CNBC Indonesia. (2026, 3 September). Potret TPA Putri Cempo Solo terbakar, api berkobar lalap 2,17 hektare. https://www.cnbcindonesia.com/news/20260903161722-7-764732/potret-tpa-putri-cempo-solo-terbakar-api-berkobar-lalap-217-hektare (diakses 10 September 2026)

CNN Indonesia. (2023, Oktober). PLTSa Putri Cempo Solo resmi beroperasi, olah sampah jadi listrik. CNN Indonesia. (diakses 12 Agustus 2026)

CNN Indonesia. (2026, 8 September). Blok B TPA Putri Cempo masih terbakar, 105 warga mengungsi. https://www.cnnindonesia.com/nasional/20260908145054-20-1401526/blok-b-tpa-putri-cempo-masih-terbakar-105-warga-mengungsi (diakses 10 September 2026)

Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025a). Kinerja PLTSa masih jauh dari harapan, DPRD Kota Surakarta desak percepatan pengolahan sampah. https://dprd.surakarta.go.id/kinerja-pltsa-masih-jauh-dari-harapan-dprd-kota-surakarta-desak-percepatan-pengolahan-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)

Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kota Surakarta. (2025b). Wali Kota Surakarta paparkan lima misi pembangunan dalam Ranwal RPJMD 2025–2029. https://dprd.surakarta.go.id/wali-kota-surakarta-paparkan-lima-misi-pembangunan-dalam-ranwal-rpjmd-2025-2029/ (diakses 12 Agustus 2026)

Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Surakarta. (2025). Buku profil kependudukan Kota Surakarta tahun 2024. https://dispendukcapil.surakarta.go.id/wp-content/uploads/2025/06/Final_Buku-Profil-Kependudukan-Tahun-2024.pdf (diakses 12 Agustus 2026)

Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta. (2026). Perkuat pengelolaan sampah, Wali Kota Surakarta sambangi Dinas Lingkungan Hidup. https://dlh.surakarta.go.id/ (diakses 12 Agustus 2026)

Ekuatorial. (2026, 7 September). TPA Putri Cempo terbakar lagi, kerusakan tata kelola sampah ditanggung warga. https://www.ekuatorial.com/2026/09/tpa-putri-cempo-terbakar-lagi-kerusakan-tata-kelola-sampah-ditanggung-warga/ (diakses 10 September 2026)

Espos.id. (2026, Mei). Lewat Juli 2026 masih terapkan open dumping, ancamannya pidana. https://eco.espos.id/lewat-juli-2026-masih-terapkan-open-dumping-ancamannya-pidana-2205313 (diakses 12 Agustus 2026)

Fauzi, R. A., M, R. A., Suhada, S., & Hernahadini, N. (2022). Analisis opportunity cost biokonversi sampah organik menggunakan maggot Black Soldier Fly. Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian, 20(1). https://doi.org/10.32528/agritrop.v20i1.7324

GoodStats. (2025). 39 persen sampah Indonesia adalah sisa makanan. https://data.goodstats.id/statistic/39-sampah-indonesia-adalah-sisa-makanan-r1vK4 (diakses 12 Agustus 2026)

Hariankota.com. (2026). Pemkot Surakarta perkuat pengelolaan sampah lewat TPS3R Mojo Makmur. https://hariankota.com/pemkot-surakarta-perkuat-pengelolaan-sampah-lewat-tps3r-mojo-makmur/ (diakses 12 Agustus 2026)

Jatimnet. (2025). Pemkab Gresik resmikan landfill mining di TPA Ngipik, olah sampah lama jadi energi alternatif. https://jatimnet.com/ (diakses 12 Agustus 2026)

Jurnal Ilmu Riset dan Reviu Pemerintahan. (2025). Tata kelola persampahan daerah dan tantangan implementasinya. https://jurnal.apmd.ac.id/index.php/JIRReG/ (diakses 12 Agustus 2026)

Jurnal Purifikasi. (2023). Perencanaan pengembangan pengolahan sampah organik skala TPS3R. Jurnal Purifikasi. https://purifikasi.id/index.php/purifikasi/ (diakses 12 Agustus 2026)

Jurnal Transformasi Administrasi. (2024). Efektivitas kebijakan pengelolaan sampah di daerah perkotaan. Lembaga Administrasi Negara. https://jta.lan.go.id/index.php/jta/ (diakses 12 Agustus 2026)

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2025). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2025 tentang Penanganan Sampah Perkotaan melalui Pengolahan Sampah menjadi Energi Terbarukan Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan. https://kemenlh.go.id/news/detail/presiden-tetapkan-perpres-1092025-langkah-nyata-atasi-sampah-perkotaan (diakses 12 Agustus 2026)

Kompas.com. (2025, 16 Oktober). Sampah jadi energi, Prabowo teken Perpres percepat proyek pembangkit listrik dari limbah. https://lestari.kompas.com/read/2025/10/16/074134386/sampah-jadi-energi-prabowo-teken-perpres-percepat-proyek-pembangkit-listrik (diakses 10 September 2026)

Kompas.com. (2026a, April 27). Perlahan tutup praktik open dumping TPA Putri Cempo, Pemkot Solo pikirkan nasib pemulung. https://regional.kompas.com/read/2026/04/27/054437178/ (diakses 12 Agustus 2026)

Kompas.com. (2026b, April 3). PLTSa Putri Cempo tak optimal, Wali Kota Solo tegur pengelola dan pantau langsung. https://regional.kompas.com/read/2026/04/03/061807878/ (diakses 12 Agustus 2026)

Kompas.com. (2026c, 4 September). Kebakaran TPA Putri Cempo belum terkendali, Pemkot Solo tetapkan status tanggap darurat bencana 14 hari.

https://regional.kompas.com/read/2026/09/04/104119178/kebakaran-tpa-putri-cempo-belum-terkendali-pemkot-solo-tetapkan-status (diakses 10 September 2026)

Kompas.com. (2026d, 3 September). Kebakaran TPA Putri Cempo Solo, ada SUTET di tengah lokasi. https://regional.kompas.com/read/2026/09/03/065628078/kebakaran-tpa-putri-cempo-solo-ada-sutet-di-tengah-lokasi (diakses 10 September 2026)

Kompas.id. (2025). Visi misi Wali Kota Solo terpilih untuk RPJMD 2025–2029. https://regional.kompas.com/read/2025/02/11/070500778/visi-misi-wali-kota-solo-terpilih-untuk-rpjmd-2025-2030 (diakses 12 Agustus 2026)

Kompas.id. (2026). 314 sanksi administratif diterbitkan terkait pengelolaan TPA. https://www.kompas.id/artikel/314-sanksi-administratif-diterbitkan-terkait-pengelolaan-tpa (diakses 12 Agustus 2026)

Kusumaningsih, D. (2024). Analisis kelayakan usaha budidaya maggot Black Soldier Fly sebagai solusi pengelolaan sampah organik. Jurnal Serambi Engineering, 6(4). https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3518

Lokawarta. (2024). Solo darurat sampah. https://lokawarta.com/solo-darurat-sampah/ (diakses 12 Agustus 2026)

Lombardi, L., & Castaldi, M. J. (2024). Energy recovery from residual municipal solid waste: State of the art and perspectives within the challenge to climate change. Energies, 17(2), 395. https://doi.org/10.3390/en17020395

Media Indonesia. (2026). Pemda yang tak tutup open dumping hingga 2026 akan dikenakan sanksi. https://mediaindonesia.com/humaniora/864170/ (diakses 12 Agustus 2026)

Novita Sari, D., Djumiarti, T., & Yuniningsih, T. (2024). Implementasi kebijakan pengelolaan sampah di Kota Surakarta. Journal of Public Policy and Management Review, 13(3). https://doi.org/10.14710/jppmr.v13i3.44784

P-TALI. (2025). Realita volume sampah harian di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Indonesia. https://ptali.org/realita-volume-sampah-harian-di-tempat-pembuangan-akhir-tpa-di-indonesia/ (diakses 12 Agustus 2026)

Pemerintah Kota Surakarta. (2025). Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 9 Tahun 2025 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Tahun 2025–2029. Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum Kota Surakarta. https://jdih.surakarta.go.id/ (diakses 10 September 2026)

Pemerintah Kota Surakarta. (2026). Wali Kota Respati Ardi soroti lonjakan sampah, apel pascalebaran digelar di TPA Putri Cempo. https://surakarta.go.id/detail-berita/wali-kota-respati-ardi-soroti-lonjakan-sampah-apel-pascalebaran-digelar-di-tpa-putri-cempo-3946 (diakses 12 Agustus 2026)

Pratama, A., Setiawan, B., & Wardhani, R. (2024). Kajian pengelolaan sampah berbasis masyarakat melalui bank sampah dan TPS3R di kawasan perkotaan.

Journal of Sustainable Society and Environmental Welfare. https://journal-iasssf.com/index.php/JSSEW/article/view/180 (diakses 12 Agustus 2026)

PT Centra Rekayasa Enviro. (2026). Anatomi kegagalan PLTSa Putri Cempo Solo: Kajian multidimensi. https://cr-enviro.com/2026/04/01/anatomi-kegagalan-pltsa-putri-cempo-solo-kajian-multidimensi/ (diakses 12 Agustus 2026)

PT Wijaya Karya (Persero) Tbk. (2025). RDF Rorotan karya WIKA: RDF waste processing pioneer in Indonesia, largest in the world. https://www.wika.co.id/id/media-dan-informasi/siaran-pers/ (diakses 12 Agustus 2026)

Publikasi Online. (2026, Juli 28). Edaran Wali Kota Nomor 1: Setop open dumping, TPA Tamangapa hanya terima residu. https://publikasionline.id/2026/07/28/ (diakses 12 Agustus 2026)

Pusat Kajian Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Surakarta. (2023). Kajian pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Bappeda Kota Surakarta. https://jurnal.surakarta.go.id/index.php/jbs/ (diakses 12 Agustus 2026)

Rakyat Bekasi. (2026). Menteri LH Hanif Faisol Nurofiq tegaskan 2026 batas akhir open dumping TPA. https://rakyatbekasi.com/menteri-lh-hanif-faisol-nurofiq-tegaskan-2026-batas-akhir-open-dumping-tpa/ (diakses 12 Agustus 2026)

Ramadhanti, A., Nugroho, S., & Purwanto, P. (2021). Dampak keberadaan tempat pemrosesan akhir sampah terhadap kualitas lingkungan permukiman sekitar. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 13(3). https://e-journal.unair.ac.id/JKL/article/view/76172 (diakses 12 Agustus 2026)

Romianingsih, N. (2023). Analisis kelayakan finansial fasilitas pengolahan sampah terpadu di daerah perkotaan. Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/ (diakses 12 Agustus 2026)

Solopos. (2026a, April). Solo dapat sanksi dari Kementerian LH, dipaksa hentikan praktik open dumping. https://solopos.espos.id/solo-dapat-sanksi-dari-kementerian-lh-dipaksa-hentikan-praktik-open-dumping-2210077 (diakses 12 Agustus 2026)

Solopos. (2026b, April). Ratusan pemulung terimbas penghentian open dumping di TPA Putri Cempo Solo. https://solopos.espos.id/ratusan-pemulung-terimbas-penghentian-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-solo-2210127 (diakses 12 Agustus 2026)

Solopos. (2026c). TPA Putri Cempo kritis, Pemkot Solo gandeng kampus kurangi sampah. https://solopos.espos.id/tpa-putri-cempo-kritis-pemkot-solo-gandeng-kampus-kurangi-sampah-2221067 (diakses 12 Agustus 2026)

Solopos. (2026d, 1 September). Pemkot Solo punya waktu 1 bulan untuk akhiri open dumping di TPA Putri Cempo. https://solopos.espos.id/pemkot-solo-punya-

waktu-1-bulan-untuk-akhiri-open-dumping-di-tpa-putri-cempo-2247425 (diakses 10 September 2026)

Suara Merdeka Solo. (2025). Asta Cita Surakarta: Konsep Respati–Astrid adopsi Asta Cita Prabowo–Gibran. https://solo.suaramerdeka.com/solo-raya/0514527125/ (diakses 12 Agustus 2026)

Sustainable Waste Indonesia. (2025). Penambangan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). https://sw-indo.com/penambangan-tempat-pemrosesan-akhir-tpa/ (diakses 12 Agustus 2026)

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues. McGraw-Hill.

Times Indonesia. (2025). Pengolahan sampah landfill mining di TPA Paras: Sanusi sebut sampah RDF jadi sumber PAD. https://www.times.co.id/pengolahan-sampah-landfill-mining-di-tpa-paras-sanusi-sampah-rdf-jadi-sumber-pad (diakses 12 Agustus 2026)

Unit Pengelola Sampah Terpadu Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta. (2025). Landfill dan pengolahan sampah terpadu. https://upstdlh.id/tpst/landfill (diakses 12 Agustus 2026)

Universitas Andalas. (2023). Biokonversi maggot Black Soldier Fly (BSF): Solusi dalam penyelesaian masalah sampah organik. Departemen Biologi FMIPA Universitas Andalas. https://biologi.fmipa.unand.ac.id/en/news/item/267-biokonversi-maggot-black-soldier-fly-bsf-solusi-dalam-penyelesaian-masalah-sampah-organik (diakses 12 Agustus 2026)

Wahana Lingkungan Hidup Indonesia. (2024). PLTSa Putri Cempo Surakarta: Proyek yang dipaksakan. https://www.walhi.or.id/pltsa-putri-cempo-surakarta-proyek-yang-dipaksakan (diakses 12 Agustus 2026)

Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2021). Analisis nilai kalor bahan bakar jumputan padat berbasis sampah dan kesesuaiannya terhadap standar nasional. Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah. https://jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id/index.php/jip/ (diakses 12 Agustus 2026)

Yudistira, R., Hakim, L., & Sari, P. (2024). Evaluasi kinerja pengelolaan sampah perkotaan berbasis indikator keberlanjutan. Kertha Desa, 12(4). https://ojs.unud.ac.id/index.php/kerthadesa/ (diakses 12 Agustus 2026)

Peraturan perundang-undangan

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 69).

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140).

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 244).

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2022 tentang Hubungan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2022 Nomor 4).

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Sampah Spesifik (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 141).

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 32).

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2025 tentang Penanganan Sampah Perkotaan melalui Pengolahan Sampah menjadi Energi Terbarukan Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan (mencabut Peraturan Presiden Nomor 35 Tahun 2018).

Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 4 Tahun 2022 tentang Pengelolaan Sampah.

Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 14 Tahun 2023 tentang Pajak Daerah dan Retribusi Daerah.

Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 4 Tahun 2025 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 9 Tahun 2025 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Tahun 2025–2029 (Lembaran Daerah Kota Surakarta Tahun 2025 Nomor 9).

Surat Edaran Menteri Lingkungan Hidup/Kepala Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2026 tentang Peningkatan Kesiapsiagaan dan Antisipasi Kebakaran di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah pada Kondisi Cuaca Panas Ekstrem.

Standar Nasional Indonesia 8966:2021 tentang Bahan Bakar Jumputan Padat dari Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Badan Standardisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia 19-3964-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan. Badan Standardisasi Nasional.