

Analisis kebutuhan luas lahan untuk pengembangan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) *sanitary landfill* di Kabupaten Madiun

Landfill area requirement analysis for development of sanitary landfill site in Madiun Regency

Candra Purnawan^{1,2*}, Candraningratri Ekaputri Widodo³, Dewi Handayani^{2,3}, dan Muhammad Zulfi²

¹Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

²Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

³Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

*Email korespondensi: zuzuzulfi@gmail.com

Abstrak. Peningkatan jumlah penduduk di Kabupaten Madiun meningkatkan timbulan sampah dan berpotensi mempercepat tercapainya kapasitas maksimum Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kaliabu. Kondisi ini menjadi tantangan dalam mencapai target pengelolaan sampah Kabupaten Madiun sebagaimana ditetapkan dalam RPJMD, yaitu 70% penanganan sampah dan 30% pengurangan sampah. Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan luas lahan TPA untuk mendukung pencapaian target tersebut. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan perhitungan kebutuhan luas lahan TPA berdasarkan SNI 3242:2008 menggunakan sistem sanitary landfill. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan proyeksi jumlah penduduk, laju pertumbuhan penduduk, persentase penduduk perkotaan, dan timbulan sampah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kabupaten Madiun memerlukan lahan TPA seluas 24,19 ha untuk memenuhi kebutuhan pengelolaan sampah pada periode perencanaan. Hasil ini diharapkan menjadi dasar dalam perencanaan pengembangan TPA serta mendukung pengelolaan sampah yang berkelanjutan di Kabupaten Madiun.

Kata Kunci: *Pengelolaan Sampah; RPJMD; Sanitary Landfill; Tempat Pemrosesan Akhir*

Abstract. Population growth in Madiun Regency has led to increasing municipal solid waste generation, creating challenges for sustainable waste management. The limited remaining capacity of the Kaliabu Final Disposal Site (TPA) is expected to hinder the achievement of the waste management targets established in the Madiun Regency Medium-Term Development Plan (RPJMD), which aims for 70% waste handling and 30% waste reduction. This study aims to analyze the land area required for the development of a final disposal site to support the achievement of these targets. A quantitative approach was employed by estimating the required landfill area based on the Indonesian National Standard (SNI 3242:2008) for sanitary landfill systems. The analysis considered projected population growth, population growth rate, the proportion of the urban population, and annual waste generation. The results indicate that Madiun Regency requires 24.19 ha of land for sanitary landfill development to accommodate projected waste management needs during the planning period. These findings provide a basis for planning future landfill expansion and support the implementation of sustainable municipal solid waste management in Madiun Regency.

Keywords: Landfill Site; RPJMD; Sanitary Landfill; Waste Management

1. Pendahuluan

Lebih dari 50% Populasi penduduk di dunia telah menempati area perkotaan dan angka tersebut akan terus bertambah hingga lebih dari 5 miliar penduduk di tahun 2030 [1]. Pertumbuhan penduduk tersebut akan membawa isu lingkungan terkait sampah, polusi, dan perubahan iklim pada akhir-akhir ini [2,3]. Hal ini juga terjadi di Kabupaten Madiun yang mengalami pertumbuhan penduduk selama sepuluh tahun terakhir dengan jumlah 59.882 jiwa dan menimbulkan permasalahan peningkatan jumlah sampah. Di samping itu, isu persampahan menjadi perhatian lebih di berbagai negara [4]. Apabila peningkatan volume sampah di Kabupaten Madiun tidak diimbangi dengan kapasitas infrastruktur yang memadai akan berdampak pada pencemaran wilayah sekitarnya terkhusus melalui air lindi yang memiliki karakteristik mudah terdistribusi melalui aliran permukaan atau melalui deposisi gas [5]. Sebagian besar air lindi yang dihasilkan dari TPA mengandung senyawa anorganik berupa logam berat yang salah satu faktor utama adalah kuantitas sampah yang tidak bisa terkontrol sehingga timbul manajemen yang buruk dalam pengelolaannya [6,7]. Data terbaru menyatakan bahwasanya TPA Kaliabu di Kabupaten Madiun telah mencapai volume 80% dan tidak akan lama untuk mencapai kapasitas maksimumnya beberapa tahun ke depan [8]. Untuk itu, Kabupaten Madiun memerlukan penyediaan fasilitas pengelolaan sampah dengan lahan yang memadai dan penataan ruang yang relevan agar mencegah dampak negatif serta menjadi tempat pembuangan akhir yang berkelanjutan [9]. Lahan merupakan komponen essensial dalam sebuah penataan ruang. Proses perencanaan wilayah menjadi tujuan Pembangunan secara normatif atau upaya pemanfaatan sumber daya ruang agar sesuai dengan tujuan dalam menyejahterakan rakyat [10,11]. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja menjadi Undang-Undang, penyelenggaraan penataan ruang dilaksanakan berdasarkan asas keterpaduan, keserasian, keseimbangan,

keberlanjutan, dan berorientasi pada terwujudnya ruang yang aman, nyaman, produktif, serta berkelanjutan sehingga fungsi ruang dan kelestarian lingkungan tetap terjaga [12]. Kebutuhan lahan untuk TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) menjadikan Kabupaten Madiun memiliki strategi ruang dalam mengisolasi sampah agar aman dan tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Madiun Tahun 2023, wilayahnya memiliki timbulan sampah sebesar 109.147,99 ton/tahun dengan volume pengurangan sampah mencapai 33.981,64 ton/tahun (31,13%). Jumlah sampah yang berhasil dikelola di Kabupaten Madiun sebesar 54.505,02 ton/tahun (50,02%) dan sisanya sebesar 49,98% sampah belum terkelola [13]. Dengan demikian, Kabupaten Madiun memerlukan perencanaan pengelolaan TPA, salah satunya melalui perencanaan lokasi TPA baru.

RPJMD Kabupaten Madiun Tahun 2018-2023 memberikan arahan kebijakan peningkatan pelayanan pengelolaan persampahan dengan persentase sampah yang tertangani dari kondisi kinerja awal 45% di Tahun 2018 berubah menjadi 50% di akhir periode RPJMD Tahun 2023 dan target tersebut telah tercapai [14]. Bupati Kabupaten Madiun menargetkan pengelolaan sampah sebesar 100% pada tahun 2025. Pengelolaan ini memiliki perincian dengan persentase penanganan sampah sebesar 70% dan persentase pengurangan sampah sebesar 30%. Berdasarkan target pengelolaan tersebut, Kabupaten Madiun diperkirakan memiliki potensi timbulan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga sebesar 101.096 ton/tahun [15].

Perencanaan TPA menjadi salah satu metode pengendalian sampah. Penentuan lokasi TPA harus memperhatikan kondisi geologi, hidrologi, sosial, dan lingkungan [4,16]. Oleh sebab itu, diperlukan penanganan sampah yang belum dikelola Kabupaten Madiun dengan membuat TPA baru agar polusi dapat dikendalikan [17]. Studi lain menyebutkan, selain dapat mengendalikan polusi TPA yang dibangun dengan efektif dan efisien dapat mencegah kesehatan masyarakat sekitar [18]. Pembangunan TPA di Kabupaten Madiun dapat melalui *sanitary landfill* atau sistem TPA dengan sarana penimbunan sampah secara sehat dan sistematis [19]. Sistem TPA *sanitary landfill* juga lebih layak dibanding dengan sistem open dumping karena sistem ini menjadi potensi dampak negatif yang lebih besar seperti menjadi sumber penyakit, bau tidak sedap, dan lain-lain [3,16].

Pengembangan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) *sanitary landfill* adalah salah satu Upaya dalam penanganan sampah yang melebihi kapasitas TPA dan meminimalisir dampak negatif. Perencanaan TPA Baru yang diteliti Hasdi [20] membutuhkan penghitungan kapasitas sel/blok penimbun *landfill* dengan memperhatikan timbulan sampah existing dan proyeksi timbulan sampah, agar dapat menangani pengelolaan sampah dalam jangka waktu dalam periode tertentu. Penelitian tersebut terbatas dengan rentang waktu yang dibuat secara *general*. Di samping itu, kebutuhan pengembangan TPA baru tidak mempertimbangkan RPJMD Kota/Kabupaten, sehingga menyebabkan kurang optimalnya tata kelola, anggaran, dan strategi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian ini untuk menganalisis kebutuhan luas lahan TPA *sanitary landfill* baru dengan merinci setiap tahunnya dan mempertimbangkan target RPJMD Kabupaten Madiun.

2. Metode

Penelitian dilakukan di Kabupaten Madiun yang memiliki luas wilayah sebesar 1.010,86 km². Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan penghitungan persyaratan kebutuhan luas lahan untuk pengembangan TPA mengacu pada SNI 3242-2008 menggunakan *sanitary landfill*. Kebutuhan luas lahan ini tentunya harus mengikuti persyaratan atau kebijakan yang berlaku dalam pengelolaan lingkungan hidup. Persyaratan TPA berdasarkan SNI 3242-2008 berupa:

- a) Sudah tercakup dalam perencanaan tata ruang kota dan daerah;
- b) jenis tanah kedap air;
- c) daerah yang tidak produktif untuk pertanian;
- d) dapat dipakai minimal untuk 5-10 tahun;
- e) tidak membahayakan /mencemari sumber air;
- f) jarak dari daerah pusat pelayanan ± 10 km, dan
- g) daerah bebas banjir.

Klasifikasi besaran timbulan sampah didasarkan pada SNI 19-3983-1995 dengan kriteria pada Tabel 1.

Tabel 1. Besaran klasifikasi timbulan berdasarkan kota.

No.	Klasifikasi Kota	Satuan	
		Volume (L/orang/hari)	Berat (KG/orang/hari)
1	Kota Sedang	2,75 – 3,25	0,70 – 0,80
2	Kota Kecil	2,5 – 2,75	0,625 – 0,70

Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 1995

Sumber data yang digunakan menggunakan data sekunder yang mencakup data sumber persampahan, serta statistik penduduk terlayani, kepadatan, pertumbuhan penduduk, data kondisi eksisting sistem dan pengelolaan sampah di Kabupaten Madiun. Berat Jenis sampah sebelum dipadatkan menggunakan koefisien 250kg/m³ berdasarkan BPPT [21].

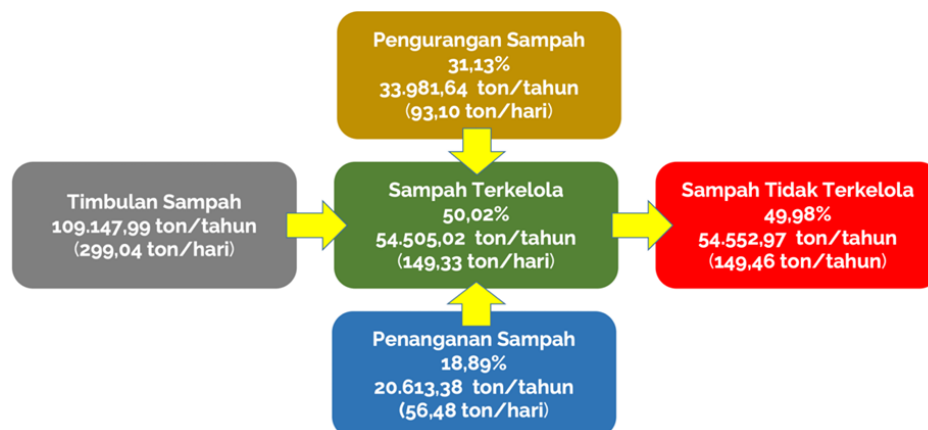
Kesesuaian kebutuhan luas lahan TPA ini diselaraskan dengan target RPJMD Kabupaten Madiun 2024-2044 terkait penanganan dan pengurangan sampah [14,22]. Selain itu, persyaratan dalam *sanitary landfill* adalah sampah yang dipadatkan dan dilapisi dengan tanah penutup harian setiap harinya. Kebutuhan tanah yang dipakai pada penelitian ini sebesar 15% dari ketebalan lapisan sampah untuk mencegah/meminimalisir dampak negatif seperti vektor penyakit, debu, dan sampah ringan yang dapat mencemari lingkungan sekitar [23].

3. Hasil penelitian dan pembahasan

3.1. Kinerja pengelolaan sampah di Kabupaten Madiun tahun 2023

Kinerja pengelolaan sampah dapat menjadi cerminan kebijakan dalam pengelolaan sampah tingkat kabupaten/kota [24]. Berdasarkan studi literatur yang bersumber dari Data Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (DIKPLHD) jumlah timbulan sampah di Kabupaten Madiun terhitung dua semester telah mencapai 109.147,99ton/tahun atau setara 299,04 ton/hari/. Jumlah sampah yang berhasil dikelola dari timbulan tersebut sebesar 54.505,02 ton/tahun (50,02%) [13]. Sementara itu, Pemerintah Kabupaten Madiun telah melakukan upaya pengelolaan sampah melalui pengurangan sampah dan penanganan sampah. Kinerja ini selaras dengan prinsip pembangunan berkelanjutan (SDGs) dan RPJMD yang menekankan pada persentase sampah rumah tangga terlayani dalam konteks tujuan ke-11 SDGs [25].

Pengurangan sampah yang dilakukan Kabupaten Madiun di TPS 3R, TPST, Bank Sampah, dan pengepul tercatat sebesar 33.981,64 ton/tahun atau setara 31,13%. Adapun kegiatan penanganan sampah di TPA Kaliabu memiliki volume sebesar 20.613,38 ton/tahun (18,89%). Dengan demikian, jumlah sampah yang tidak terkelola di Kabupaten Madiun pada tahun 2023 sebesar 54.552,97 ton/tahun (49,98%).nHasil kinerja pengelolaan sampah di Kabupaten Madiun selama 5 Tahun (2018-2023) telah mencapai target dalam RPJMD yang telah dirumuskan. Kinerja pengelolaan sampah selama 2 semester di Tahun 2023 telah mengelola sampah di Kabupaten Madiun sebesar 50,02% dengan massa 54.505,02 ton/tahun atau sebesar 140.33ton/hari. Gambar kinerja pengelolaan sampah di Kabupaten Madiun ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kinerja pengelolaan sampah Kabupaten Madiun [26].

Peraturan Bupati Madiun Nomor 60 A Tahun 2018 tentang kebijakan dan Strategi Kabupaten Madiun dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga menargetkan pengelolaan sampah 100% pada tahun 2025 dengan rincian persentase target penanganan sampah sebesar 70% dan persentase target pengurangan sampah sebesar 30%. Target pengurangan dan penanganan lebih lengkapnya dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Target pengurangan dan penanganan sampah yang dilakukan Pemerintah Kabupaten Madiun menjadi kunci kesadaran dalam kebijakan pengelolaan sampah efektif yang memperhatikan aspek sosial, ekonomi, lingkungan dan teknis [27].

Tabel 1. Target pengurangan sampah rumah tangga dan sejenis sampah rumah tangga tingkat Kabupaten Madiun.

Indikator		Tahun							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Potensi Timbulan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga dalam Jakstrada (ton/tahun)		99.484	99.712	99.942	100.172	100.402	100.633	100.864	101.096
Target Pengurangan Sampah Rumah Tangga dan Sejenis Sampah Rumah Tangga Dalam Jakstrada (%)		18	20	22	24	26	27	28	30
Target Pengurangan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga Tingkat Kabupaten (ton/tahun)		17.907	19.942	21.987	24.041	26.105	27.171	28.242	30.329

Tabel 3. Target penanganan sampah rumah tangga dan sejenis sampah rumah tangga tingkat Kabupaten Madiun.

Indikator		Tahun							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Potensi Timbulan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga dalam Jakstrada (ton/taun)		99.484	99.712	99.942	100.172	100.402	100.633	100.864	101.096
Target Pengurangan Sampah Rumah Tangga dan Sejenis Sampah Rumah Tangga Dalam Jakstrada (%)		73	80	75	74	73	72	71	70
Target Pengurangan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga Tingkat Kabupaten (ton/tahun)		72.623	79.770	74.956	74.127	73.293	72.293	71.614	70.767

3.2. Asumsi standar perkotaan dalam proyeksi jumlah penduduk dan timbulan sampah

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Madiun memiliki jumlah penduduk sebesar 747.589 jiwa pada tahun 2023. Laju pertumbuhan penduduk dengan rentang tahun 2020 – 2023 di Kabupaten Madiun sebesar 0,51% atau diasumsikan sebesar 0,6%. Laju pertumbuhan ini masuk kategori lambat karena memiliki presentasi laju pertumbuhan di bawah 1% [28]. Meskipun memiliki laju pertumbuhan yang lambat, Kabupaten Madiun memiliki peningkatan jumlah penduduk berkisar 4-5 ribu penduduk setiap tahunnya dan berpengaruh dengan peningkatan kebutuhan atau permintaan makanan [29,30]. Proyeksi jumlah penduduk dan proyeksi timbulan sampah di Kabupaten Madiun hingga 20 tahun mendatang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Asumsi proyeksi timbulan sampah Kabupaten Madiun.

Tahun	Proyeksi Penduduk (jiwa)	Proyeksi Timbulan Sampah (asumsi standar perkotaan)	
		m ³ /hari	ton/hari
2024	752.075	1.880,19	526,45
2025	756.587	1.891,47	529,61
2026	761.127	1.902,82	532,79
2027	765.693	1.914,23	535,99
2028	770.287	1.925,72	539,20
2029	774.909	1.937,27	542,44
2030	779.559	1.948,90	545,69
2031	784.236	1.960,59	548,97
2032	788.941	1.972,35	552,26
2033	793.675	1.984,19	555,57
2034	798.437	1.996,09	558,91
2035	803.228	2.008,07	562,26
2036	808.047	2.020,12	565,63
2037	812.895	2.032,24	569,03
2038	817.773	2.044,43	572,44
2039	822.679	2.056,70	575,88
2040	827.615	2.069,04	579,33
2041	832.581	2.081,45	582,81
2042	837.577	2.093,94	586,30
2043	842.602	2.106,51	589,82
2044	847.658	2.119,14	593,36

Perhitungan timbulan sampah menggunakan asumsi standar perkotaan memproyeksikan di Kabupaten Madiun akan terjadi penambahan sampah selama 20 tahun ke depan sebesar 238,95 m³/hari dengan persentase pertambahan 12,70%. Berdasarkan perhitungan menggunakan standar SNI 19-3983-1995 Kabupaten Madiun memiliki klasifikasi Kota Kecil dengan berat jenis sampah 0,7 kg/orang/hari, maka pada 2044 diproyeksikan memiliki

timbulan sampah sebesar 593,36 ton/hari dengan volume 2.119,24,14 m³/hari. Adapun berat timbulan sampah dalam satu tahun (2043 – 2044) diperkirakan sebesar 216.576,4 ton/tahun.

3.3. Timbulan sampah dengan penyesuaian persentase penduduk kawasan perkotaan

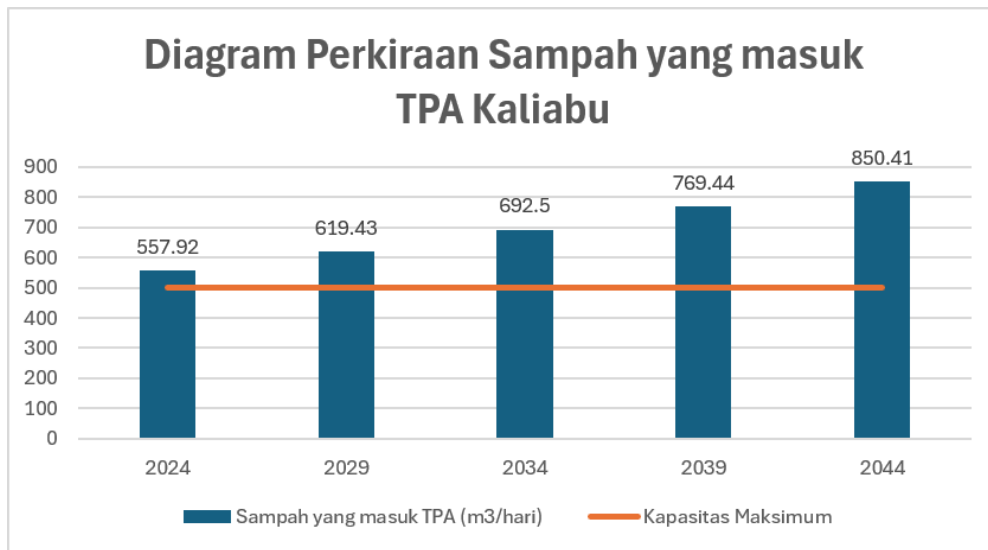
Proyeksi timbulan sampah pada Tabel 5 dilakukan berdasarkan standar yang berlaku bagi kawasan perkotaan di kota kecil (2,5 l/orang/hari) sehingga perlu dilakukan penyesuaian terhadap persentase penduduk kawasan perkotaan Kabupaten Madiun setiap tahunnya. Beban pengelolaan sampah selama 20 tahun mendatang diperlihatkan pada Tabel 5. TPA Kaliabu memiliki desain perencanaan kapasitas maksimal sampah yang masuk sebesar 501,44 m³/hari dan diperkirakan mencapai kapasitas maksimal pada Tahun 2036. Namun pada Tahun 2024 TPA Kaliabu diperkirakan mencapai kapasitas maksimum dari sampah yang masuk TPA. (Gambar 2).

Tabel 5. Target pengurangan dan penanganan sampah daerah pelayanan calon lokasi TPA Kabupaten Madiun.

Tahun	Target Pelayanan							
	Penduduk Perkotaan	Volume Timbulan Sampah	Volume Sampah Perkotaan	Pena nganan Sampah	Volume Pena nganan Sampah	Pengu rangan Sampah	Volume Pengu rangan Sampah	Sampah yang Masuk TPA
	(%)	m ³ /hari	m ³ /hari	(%)	m ³ /hari	(%)	m ³ /hari	m ³ /hari
2024	39,28	1880,19	738,54	71	524,36	28	206,79	557,92
2029	42,93	1937,27	831,67	70	582,17	30	249,50	619,43
2034	46,58	1996,09	929,78	70	650,85	30	278,93	692,50
2039	50,23	2056,70	1033,08	70	723,16	30	309,92	769,44
2044	53,88	2119,14	1141,79	70	799,26	30	342,54	850,41

Perubahan persentase penduduk perkotaan Kabupaten Madiun selama 2010-2020 adalah konstan, bertambah sekitar 0.73% setiap tahunnya [13]. Target pengurangan sampah Kabupaten Madiun direncanakan sebesar 30% pada tahun 2025, sementara target penanganan sampah Kabupaten Madiun direncanakan sebesar 70% pada tahun 2025 [14]. Target tersebut selaras dengan Perpres No.97/2017 dalam mengolah sampah secara benar sebesar 70% pada 2025 [30,31]. Dengan demikian, jumlah sampah yang masuk di calon TPA ditargetkan berjumlah 850,41 m³/hari.

Kabupaten Madiun diperkirakan memiliki persentase penduduk perkotaan sebesar 53,88% di tahun 2044. Pertambahan persentase sebesar 14,6% ini memberikan gambaran bahwasanya proses pengkotaan di Kabupaten Madiun terjadi cukup signifikan selama 20 tahun ke depan. Namun demikian, sesuai target RPJMD Kabupaten Madiun, penanganan dan pengurangan sampah terus digencarkan dengan target 100% pengelolaan sampah. Analisis kebutuhan luas lahan dan pengembangan TPA di Kabupaten Madiun ditunjukkan pada Tabel 6.



Gambar 2. Diagram perkiraan sampah yang masuk TPA Kaliabu.

Tabel 6. Analisis kebutuhan luas lahan pengembangan TPA.

No.	Uraian	Satuan	Tahun				
			2024	2029	2034	2039	2044
1	Berat jenis sampah semula	kg/m ³	250	250	250	250	250
2	Berat jenis setelah pemadatan	kg/m ³	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
3	Volume sisa setelah dipadatkan	%	25	25	25	25	25
4	Sampah yang masuk	m ³ /hari	557,92	619,43	692,50	769,44	850,41
5	Sampah yang masuk + sampah non-permukiman	m ³ /hari	698,57	775,59	867,08	963,42	1.064,80
6	Ketinggian lapisan sampah	m	15	15	15	15	15
7	Volume sampah setelah dipadatkan	m ³ /hari	174,64	193,90	216,77	240,85	266,20
8	Volume sampah per tahun	m ³	63.744,66	70.772,43	79.120,98	87.911,69	97.162,85
9	Kebutuhan luas lahan	Ha	0,637	0,708	0,791	0,879	0,972
10	Kumulatif kebutuhan luas lahan	Ha	0,637	4,016	7,803	12,021	16,692
11	Kebutuhan tanah penutup harian	%	15	15	15	15	15
12	Kebutuhan tanah harian	m ³ /hari	26,20	29,08	32,52	36,13	39,93
13	Kebutuhan tanah harian per tahun	m ³ /tahun	9.561,70	10.615,86	11.868,15	13.186,75	14.574,43
14	Kumulatif kebutuhan tanah harian	m ³ /hari	26,20	29,08	32,52	36,13	39,93
15	Kumulatif kebutuhan tanah harian	m ³ /tahun	9.562	10.616	11.868	13.187	14.574
16	Volume sampah yang masuk ke TPA	m ³ /tahun	63.744,66	70.772,43	79.120,98	87.911,69	97.162,85
17	Kebutuhan tanah penutup per tahun	m ³ /tahun	9.561,70	10.615,86	11.868,15	13.186,75	14.574,43
18	Volume sampah + tanah penutup	m ³ /tahun	73.306,36	81.388,30	90.989,13	101.098,45	111.737,28
19	Kebutuhan luas lahan + tanah penutup	Ha	0,73	0,81	0,91	1,01	1,12
20	Kumulatif kebutuhan luas lahan + tanah penutup	Ha	0,73	4,62	8,97	13,82	19,20
21	Volume sel harian	m ³	200,84	222,98	249,29	276,98	306,13
22	Luas sel harian	m ²	100,42	111,49	124,64	138,49	153,06
23	Lahan total (IPL+Buffer Zone)	Ha	0,19	0,21	0,24	0,26	0,29
24	Lahan + tanah penutup + IPL + buffer zone	Ha	0,92	1,03	1,15	1,27	1,41
25	Kumulatif lahan + tanah penutup + IPL + buffer zone	Ha	0,92	5,82	11,31	17,42	24,19

Pengembangan TPA Kabupaten Madiun memerlukan luas lahan rencana untuk area penimbunan sampah maupun untuk membangun fasilitas penunjang seperti area kolam pengolah air lindi dan jalan akses. Fasilitas kolam lindi menjadi hal yang penting dalam infrastruktur TPA mengingat dampak negatif yang ditimbulkan apabila air lindi mencemari lingkungan sekitar dan menimbulkan degradasi lahan [32,33]. Sampah yang masuk ke lokasi pengembangan TPA Kabupaten Madiun sudah memperhitungkan residu dari kegiatan pengurangan sampah yaitu sebesar 15%. Rencana ketinggian awal sampah pada perhitungan adalah 15 meter, dengan kebutuhan tanah penutup sebesar 10 - 15% dari seluruh total sampah yang masuk tiap harinya untuk metode *sanitary landfill*.

Target pengurangan dan penanganan sampah daerah pelayanan calon Lokasi TPA Kabupaten Madiun dapat diturunkan untuk dihitung menggunakan analisis kebutuhan luas lahan. Perhitungan diuraikan berdasarkan timbunan volume semua dan volume setelah melalui pemadatan sebesar 25%. Pemadatan sampah ini menjadi aspek yang sangat berpengaruh terhadap masa pakai TPA, agar dapat digunakan sesuai perencanaan yang ditetapkan [34]. Sedangkan ketinggian lapisan sampah yang direncanakan yaitu sebesar 15m. Volume penambahan sampah yang dihasilkan setelah melalui pemadatan berkisar 4,2 – 4,4 m³/hari setiap tahunnya. Sedangkan kebutuhan luas lahan diproyeksikan terus bertambah 0,015 – 0,016 Ha/hari.

Penghitungan kebutuhan luas lahan selanjutnya dianalisis menggunakan beberapa parameter seperti kebutuhan tanah, kebutuhan penutup, volume sel, dan lahan total. Kebutuhan tanah penutup menggunakan rumus perhitungan pada persamaan di bawah ini [20,23].

$$\text{Kebutuhan tanah penutup (\%)} = \frac{\text{tebal tanah penutup}}{\text{tinggi sampah}} \times 100\%$$

Rincian tinggi timbunan sampah perhari 0,65m dan tinggi timbunan sampah perhari 0,1m, maka diperoleh hasil 15,3% dengan pembulatan kumulatif menjadi 15%. Hasil akhir kebutuhan luas lahan dan penutup selama 20 tahun diproyeksikan sebesar 18,47 Ha.

Volume sel/blok penutup harian yang diperoleh dari volume pemadatan sampah di tahun pertama diproyeksikan sebesar 200,84 m³. Volume sel/blok penutup harian setiap tahunnya bertambah dari range 5 – 5,95 m³. Sedangkan luas sel harian selama 20 tahun ke depan diperkirakan akan bertambah sebesar 52,64 m² dengan lahan total (IPL dan *Buffer Zone*) sebesar 0,29 Ha. Dengan demikian, total kebutuhan luas lahan baru untuk Pembangunan TPA *sanitary landfill* di Kabupaten Madiun dengan masa operasi 20 tahun membutuhkan lahan sebesar 24,19 Ha. Lahan tersebut dipertimbangkan berdasarkan asumsi jumlah penduduk (847.658 jiwa), laju pertumbuhan penduduk (0,6%/tahun), persentase penduduk perkotaan, dan proyeksi timbunan sampah setiap tahunnya (850,41 m³/hari). Penghitungan kebutuhan luas lahan juga telah memperhatikan beberapa parameter seperti kebutuhan sel/blok penutup, pemadatan sampah, dan tanah penutup (Tabel 6). Selain itu, kebutuhan luas lahan disesuaikan dengan persentase penanganan sampah di Kabupaten Madiun sebesar 70% dan

persentase pengurangan sampah sebesar 30% terdapat analisis kebutuhan penutup, IPL, dan *Buffer zone* yang digunakan untuk mempertimbangkan kebutuhan pengembangan TPA secara komprehensif.

4. Kesimpulan

Pembangunan TPA *sanitary landfill* di Kabupaten Madiun memberikan salah satu Solusi dalam permasalahan sampah yang diproyeksikan akan melebihi kapasitas TPA Kaliabu seiring peningkatan jumlah penduduk. Berdasarkan asumsi standar perkotaan dengan berat 07kg/orang diperkirakan akan mencapai timbunan sampah sebesar 2119,14m³/hari di Tahun 2044. Adapun jumlah timbunan sampah yang masuk di TPA sebesar 850,41m³/hari. Jumlah timbunan sampah tersebut perlu dilakukan pengelolaan dengan target yang telah ditetapkan dalam RPJMD Kabupaten Madiun, yaitu sebesar 70% penanganan sampah dan 30% pengurangan sampah selama 20 tahun ke depan. Pengembangan TPA *sanitary landfill* memiliki volume pemadatan sampah yang terus bertambah 4,2 – 4,4 m³/hari di setiap tahunnya. Berdasarkan penghitungan, penutup tanah yang digunakan memiliki persentase sebesar 15%. Volume sel harian yang diperoleh dari volume pemadatan sampah di tahun pertama diproyeksikan sebesar 200,84 m³. Hasil analisis kebutuhan luas lahan TPA dengan mempertimbangkan kebutuhan penutup, IPL, dan *Buffer zone* untuk Pembangunan TPA di Kabupaten Madiun dengan masa operasi 20 tahun membutuhkan lahan sebesar 24,19 Ha.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih peneliti ucapkan kepada Universitas Sebelas Maret Terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret melalui Ketua LPPM UNS yang telah memberikan dukungan dana untuk hibah penelitian dengan nomor Kontrak 369/UN27.22/PT.01.03/2025. Terima kasih kepada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Madiun yang telah memberikan dukungan sebagai mitra dan penyedia data yang digunakan dalam penelitian.

Referensi

- [1] Omar D, Karuppanan S, AyuniShafiea F. Environmental health impact assessment of a *Sanitary landfill* in an urban setting. *Procedia-Social Behav Sci* 2012;68:146–55.
- [2] Oyeboode OJ. Design of engineered *Sanitary landfill* for efficient solid waste management in Ado-Ekiti, South-Western Nigeria. *J Multidiscip Eng Sci Stud* 2019.
- [3] Samin S, Sunarto S, Rijalurrahman M. Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Dengan Menggunakan Metode *Sanitary landfill*. *J Media Tek Sipil* 2017;15:117–26.
- [4] Derin P, Yeşilnacar Mİ, Çullu MA. A study on evaluation of site selection in *Sanitary landfill* with regard to urban growth. *Environ Res Technol* 2020;4:117–25.
- [5] Cai S, Zhou S, Wang Q, Cheng J, Zeng B. Assessment of metal pollution and effects of physicochemical factors on soil microbial communities around a landfill. *Ecotoxicol Environ Saf* 2024;271:115968.
- [6] Kühn VO, Oliveira BFF, Chiarello M, Canteras FB. Review and future perspectives on soil and groundwater inorganic contamination by non-*Sanitary landfills* in Latin America. *Int J Environ Sci Technol* 2025;22:7271–96.

- [7] Junior SFS, Mannarino CF, de Farias Araújo G, Bila DM, Hauser-Davis RA, Saint’Pierre T, et al. A comprehensive assessment of leachate contamination at a non-operational open dumpsite: mycoflora screening, metal soil pollution indices, and ecotoxicological risks. *Environ Monit Assess* 2023;195:243.
- [8] Ristanto H. TPA Kaliabu Dua Tahun Lagi Penuh. Madiun: 2023.
- [9] Mohammed HI, Majid Z, Yamusa YB. GIS based *Sanitary landfill* suitability analysis for sustainable solid waste disposal. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol. 220, IOP Publishing; 2019, hal. 012056.
- [10] Naf’an M, Yamin A, Dewi G. Pembangunan Desa Melalui Penataan Ruang Partisipatif Berbasis Potensi Desa Menuju Desa Mandiri Sejahtera (Welfare Village)(Lokasi Kajian: Desa Rarak Ronges, Kecamatan Brang Rea, Kabupaten Sumbawa Barat). *JlIP-Jurnal Ilm Ilmu Pendidik* 2024;7:1315–20.
- [11] Lestari TA, Priyono KD. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Kabupaten Madiun Tahun 2016 dan 2024 Menggunakan Standard Deviatonal Ellipse (SDE). Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2024.
- [12] Neonufa SNI, Tualaka TMC. Identifikasi Strategi Pengembangan Kawasan Sekitar TPA Alak. *GEWANG Gerbang Wacana dan Ranc Arsit* 2020;2:1–8.
- [13] Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Madiun. Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Madiun Tahun 2023. 2024.
- [14] BAPPERIDA Kabupaten Madiun. Dokumen Perubahan RPJMD 2018 - 2023. 2021.
- [15] Pemerintah Kabupaten Madiun. Peraturan Bupati Madiun Nomor 60A Tahun 2018. 2018.
- [16] Anwar D. Planning of the Sanitary landfill system in Surakarta city. *Int J Electr Eng Inf Technol* 2020;3.
- [17] CHENG Y, ZHANG J. Application of grey situation decision-making theory in site selection of a waste Sanitary landfill. *J china Univ Min Technol* 2006;16:393–8.
- [18] Mohammed HI, Majid Z, Yamusa YB, Mohd Ariff MF, Idris KM, Darwin N. Sanitary landfill Siting Using GIS and AHP. *Eng Technol Appl Sci Res* 2019;9.
- [19] Maulana R. Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kabupaten Pasuruan Dengan Metode Lahan Urug Saniter. *Inst Teknol Sepuluh Nop* 2018.
- [20] Hasdi GM, Wijaya H, Andriani J. TINJAUAN ULANG PERENCANAAN PENGEMBANGAN SEL LANDFIL TPA REGIONAL PAYAKUMBUH. *J Appl Eng Sci* 2020;3:38–49.
- [21] Ashar. Studi Timbulan, Komposisi, dan Karakteristik Sampah Domestik di Kecamatan Somba Opu Kabupaten Gowa. Universitas Hasanuddin, 2019.
- [22] Pradana T. Pemkab Madiun Gencarkan Pengelolaan Sampah Berbasis Desa. Madiun: 2025.
- [23] Kristanti VA. Pengelolaan Sampah di TPA Sampah Manggar Kota Balikpapan. UPN Veteran Jawa Timur, 2022.

- [24] Wadi NF. Kebijakan Pemerintah Terhadap Pengelolaan Sampah Di Kelurahan Empagae Kecamatan Wattang Sidenreng Kabupaten Sidenreng Rappang Tahun 2025. JDP (Jurnal Din Pemerintahan) 2025;8:535–45.
- [25] Tamba WP, Sujastika I. Kebijakan Pengelolaan Sampah Jakarta di TPST Bantargebang: Studi Literatur Dampak Lingkungan dan Sosial dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan. Salus Cult J Pembang Mns dan Kebud 2024;4:248–62.
- [26] Madiun BK. Rencana Pembangunan Daerah Kabupaten Madiun Tahun 2024 - 2026 2023.
- [27] Avitadira K, Indrawati N. Upaya mengatasi permasalahan sampah di DKI Jakarta tahun 2021: Tinjauan collaborative governance. NeoRespublica J Ilmu Pemerintah 2023;5:49–69.
- [28] Efendi MT, Nenih N, Sudrajat A. Analisis Laju Pertumbuhan Penduduk di Kecamatan Cicendo Kota Bandung. GEOAREA| J Geogr 2021;4:54–65.
- [29] Neufeld JL. The State of Food and Agriculture 2020. FAO eBooks <https://doi.org/104060/cb1447en> 2020.
- [30] Farahdiba AU, Warmadewanthi I, Fransiscus Y, Rosyidah E, Hermana J, Yuniarto A. The present and proposed sustainable food waste treatment technology in Indonesia: A review. Environ Technol Innov 2023;32:103256.
- [31] Bramantya A, Untari S, Mawarti RA, Sosial JI, Humaniora D. Mewujudkan Net Zero Emission 2060 Melalui Konversi Sampah Menjadi Listrik dalam Perspektif Smart City. J Ilm Muqoddimah J Ilmu Sos Polit Dan Hum 2024;8:190–9.
- [32] Addy R, Kalamdhad A, Goud VV. Insight on the prevalence of pathogens present in the municipal solid waste of *Sanitary landfills*, dumpsites, and leachate. Fate Biol. Contam. Dur. Recycl. Org. wastes, Elsevier; 2023, hal. 279–95.
- [33] Yi Z, Zhang Z, Chen G, Rengel Z, Sun H. Microplastics have rice cultivar-dependent impacts on grain yield and quality, and nitrogenous gas losses from paddy, but not on soil properties. J Hazard Mater 2023;446:130672.
- [34] Rusni NK. Permasalahan sampah kota Makassar studi kasus TPA Tamangapa. Waste Handl Environ Monit 2024;1.