

Perencanaan Tempat Pengolahan Sampah 3R di Kecamatan Panarukan Kabupaten Situbondo

Adelia Putri Septia Nugroho*, Rizka Novembrianto

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: 22034010117@upnjatim.ac.id

Diterima: 13 Juni 2025

Disetujui: 17 Juni 2025

Abstract

The increasing population and rapid development in the Panarukan subdistrict of Situbondo regency have significantly impacted waste generation patterns, posing considerable challenges to waste management. This study proposes the construction of a 3R (Reduce, Reuse, Recycle) Waste Processing Station (TPS) as an alternative to the conventional collect-transport-dispose approach currently used in the area. The study uses primary data on waste generation and composition, measured and analysed according to the SNI 19-3964-1994 standard, as well as secondary population data from 2013 to 2023. A population projection was conducted using the geometric method with the lowest standard deviation (1.147) to predict future waste generation until 2033. The results showed that the sub-district produces 23,043 kg of waste per day, dominated by food waste (41.2%), plastic waste (23.9%) and paper/cardboard (17.3%). Projected waste production in 2033 is estimated to reach 25,046 kg/day (160.55 m³/day). The planned TPS 3R facility requires a total land area of 844.81 m² and has a processing capacity of 160.55 m³/day. Implementing TPS 3R is expected to reduce the volume of waste sent to landfills and support the national waste management target of reducing waste by 30% and handling 70% of it by 2025.

Keywords: *waste management, waste composition, bamboo aerator composting, panarukan district, situbondo regency*

Abstrak

Meningkatnya pertumbuhan penduduk dan pesatnya Pembangunan di Kecamatan Panarukan, Kabupaten Situbondo, berdampak signifikan terhadap pola timbulan sampah, sehingga menimbulkan tantangan yang cukup besar dalam pengelolaan sampah. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan Tempat Pemrosesan Sampah (TPS) 3R (Reduce, Reuse, Recycle) sebagai solusi dari pendekatan kumpul-angkut-buang konvensional yang selama ini diterapkan di wilayah tersebut. Penelitian ini menggunakan data primer hasil pengukuran timbulan sampah dan analisis komposisi sampah sesuai standar SNI 19-3964-1994, serta data sekunder jumlah penduduk tahun 2013-2023. Proyeksi jumlah penduduk dilakukan dengan metode geometrik dengan simpangan baku terendah (1,147) untuk memprediksi timbulan sampah di masa mendatang hingga tahun 2033. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kecamatan Panarukan menghasilkan sampah sebanyak 23.043 kg/hari dengan komposisi didominasi oleh sampah makanan (41,2%), sampah plastik (23,9%), dan kertas/kardus (17,3%). Proyeksi produksi sampah pada tahun 2033 diperkirakan mencapai 25.046 kg/hari (160,55 m³/hari). Fasilitas TPS 3R yang direncanakan membutuhkan total luas lahan 844,81 m² dengan kapasitas pengolahan 160,55 m³/hari. Penerapan TPS 3R ini diharapkan dapat mengurangi volume sampah yang dikirim ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dan mendukung target pengelolaan sampah nasional sebesar 30% pengurangan sampah dan 70% penanganan sampah pada tahun 2025.

Kata Kunci: *pengelolaan sampah, komposisi sampah, pengomposan dengan aerator bambu, kecamatan panarukan, kabupaten situbondo.*

1. Pendahuluan

Sampah adalah limbah padat yang sebagian besar berupa bahan organik, sementara bagian lainnya terdiri dari bahan seperti plastik, kertas, tekstil, karet, tulang, dan berbagai bahan lainnya. Penanganan sampah di wilayah perkotaan kerap menimbulkan permasalahan kompleks yang meliputi aspek pendanaan, transportasi sampah, penyediaan Kawasan penampungan akhir, serta dampaknya terhadap Kesehatan dan sanitasi lingkungan. Tantangan dalam pengelolaan sampah semakin bertambah seiring dengan meningkatnya jumlah sampah yang dihasilkan akibat pertumbuhan populasi dan pola konsumsi Masyarakat (1). Pengelolaan sampah merupakan penanganan limbah mulai dari titik asal hingga proses pengolahan dan daur ulang bahan tersebut. Pengolahan sampah memiliki peran penting sebagai solusi strategis dalam

mengatasi permasalahan lingkungan melalui implementasi konsep 3R, yaitu pengurangan (Reduction), Penggunaan kembali (Reuse), dan daur ulang (Recycle) yang dapat didukung oleh partisipasi aktif masyarakat (2).

Peningkatan jumlah penduduk dan pesatnya pembangunan turut memengaruhi pola konsumsi serta gaya hidup masyarakat, yang pada akhirnya berdampak pada meningkatnya volume timbulan sampah dan keragaman jenis sampah. Daya beli masyarakat yang terus tumbuh terhadap berbagai kebutuhan pokok dan produk berbasis teknologi, ditambah dengan berkembangnya aktivitas ekonomi di suatu wilayah, turut menyumbang secara signifikan terhadap peningkatan jumlah dan variasi katakteristik sampah yang dihasilkan. Permasalahan sampah menjadi tantangan serius di berbagai Wilayah Indonesia, termasuk di Kecamatan Panarukan, Kabupaten Situbondo. Sebagai salah satu kecamatan dengan kepadatan penduduk yang cukup tinggi di Kabupaten Situbondo, Kecamatan Panarukan menghadapi tekanan yang semakin besar terkait pengelolaan sampah. Peningkatan jumlah penduduk, perubahan pola konsumsi masyarakat, dan aktivitas ekonomi yang berkembang telah berkontribusi pada peningkatan volume timbulan sampah di wilayah ini.

Jumlah Penduduk Kecamatan Panarukan, Kabupaten Situbondo ialah 59.084 jiwa pada tahun 2023 dengan luas wilayah 54,55 km² (3). Menurut SNI 19-3985-1995 Kecamatan Panarukan termasuk ke dalam kota kecil (< 100.000 jiwa) (4). Kecamatan Panarukan memiliki karakteristik wilayah yang beragam, mulai dari pesisir hingga daratan, dengan aktivitas ekonomi yang didominasi oleh sektor perikanan, pertanian, dan perdagangan. Kondisi ini menghasilkan timbulnya sampah dengan karakteristik yang beragam pula. Sistem pengelolaan sampah yang berlangsung saat ini di Kecamatan Panarukan masih mengandalkan pendekatan konvensional dengan pola kumpul-angkut-buang. Sampah dari sumber-sumber timbulan seperti pemukiman, pasar, serta fasilitas umum yang dikumpulkan dan diangkut langsung ke Tempat pemrosesan Akhir (TPA) tanpa melalui proses pemilahan dan pengolahan yang memadai. Kondisi ini tidak hanya menempatkan TPA yang kapasitasnya semakin terbatas, tetapi juga menimbulkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan seperti pencemaran udara, dan tanah.

Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah telah mengamatkan transformasi paradigma pengelolaan sampah dari pendekatan kumpul-angkut-buang menjadi pengolahan yang berfokus pada reduksi sampah dan penanganan sampah (5). Pendekatan ini menekankan pada prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle) yang bertujuan meminimalkan produksi sampah dari sumbernya, memanfaatkan ulang sampah, dan mendaur ulang sampah menjadi produk yang bernilai ekonomi. Pendekatan ini sejalan dengan hierarki pengelolaan sampah yang memprioritaskan pengurangan sampah di sumber serta pendekatan desentralisasi dalam pengelolaan sampah.

Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga tekah menekankan pentingnya penerapan konsep 3R dalam pengelolaan sampah (6). Selain itu, implementasi TPS 3R juga menjadi bagian dari strategi dalam Peraturan Presiden Nomor 97 Tahun 2017 mengenai Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga yang menetapkan target reduksi sampah sebesar 30% dan penanganan sampah sebesar 70% pada tahun 2025 (7).

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Panarukan adalah salah satu kecamatan yang ada di Kabupaten Situbondo. Luas wilayah Kecamatan Panarukan sebesar 54,55 km² atau 3,29 persen dari total luas daratan Kabupaten Situbondo (8). Penelitian ini memanfaatkan dua jenis data pokok, yakni data primer dan data sekunder. Data sekunder yang dikumpulkan meliputi data populasi penduduk dalam periode 2013 – 2023. Sementara itu, data primer diperoleh melalui pengukuran contoh timbulan dan analisis komposisi sampah. Prosedur pengukuran timbulan dan komposisi sampah dilakukan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 19-3964-1994 (9). Hasil pengukuran tersebut digunakan sebagai dasar untuk melakukan proyeksi timbulan sampah dengan menggunakan perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dalam rentang waktu sepuluh tahun ke depan.

Proyeksi timbulnya sampah ini selanjutnya menjadi acuan dalam perhitungan kebutuhan luas lahan untuk pembangunan TPS 3R. Keseluruhan proses perencanaan dalam penelitian ini mengacu pada dua regulasi utama, yaitu Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03 Tahun 2013 dan Petunjuk Teknis TPS berbasis 3R yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) pada tahun 2020 (10). Pendekatan ini memastikan bahwa perancangan TPS 3R dilakukan berdasarkan standar teknis dan regulasi yang berlaku, sehingga menghasilkan desain fasilitas yang optimal dan sesuai dengan kebutuhan wilayah studi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Eksisting Kecamatan Panarukan

Kabupaten situbondo memiliki luas wilayah 1.655,05 Km² yang mencakup 17 Wilayah Kecamatan yaitu Sumbermalang, Jatibanteng, Banyuglugur, Besuki, Suboh, Mlandingan, Bungatan, Kendit, Panarukan, Situbondo, Mangaran, Panji, Kapongan, Arjasa, Jangkar, Asembagus, dan Banyuputih (8).

3.2 Proyeksi Penduduk

Data ini menjadi landasan penting untuk memperkirakan pertambahan penduduk di masa mendatang. Dengan menggunakan data-data tersebut, dapat dilakukan perhitungan matematis untuk menentukan tingkat pertumbuhan penduduk yang selanjutnya diterapkan dalam rumus proyeksi untuk memprediksi jumlah penduduk pada tahun-tahun berikutnya di Kecamatan Panarukan.

Tabel 1. Populasi penduduk di Kecamatan Panarukan

DATA PENDUDUK	
Tahun	Jumlah Penduduk
2013	54.297
2014	55.326
2015	55.829
2016	56.322
2017	56.805
2018	57.277
2019	57.727
2020	58.315
2021	57.366
2022	57.946
2023	59.084
Total	626.294

Sumber : Badan Pusat Statistik Kecamatan Panarukan

Dalam melakukan perhitungan proyeksi penduduk, terdapat beberapa metodologi yang dapat diimplementasikan. Berdasarkan ketentuan yang diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007, metode proyeksi paling tepat untuk digunakan adalah metode yang menghasilkan nilai standar deviasi terendah (11). Hal ini bertujuan untuk memperoleh hasil proyeksi dengan tingkat akurasi tertinggi dan meminimalkan potensi kesalahan perhitungan. Hasil proyeksi penduduk dan standar deviasi di Kecamatan Panarukan.

Tabel 2. Standar Deviasi dan Proyeksi Penduduk

NO	TAHUN	JUMLAH PENDUDUK		
		METODE ARITMATIK	METODE GEOMETRIK	METODE LEAST SQUARE
1	2024	59.563	59.578	57.335
2	2025	60.041	60.077	57.734
3	2026	60.520	60.580	58.134
4	2027	60.999	61.087	58.533
5	2028	61.478	61.598	58.932
6	2029	61.956	62.114	59.332
7	2030	62.435	62.634	59.731
8	2031	62.914	63.158	60.131
9	2032	63.392	63.687	60.530
10	2033	63.871	64.220	60.929
STANDAR DEVISIASI		1,374	1,481	1,147

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan, 2025

3.3 Timbulan Sampah

Timbulan sampah didefinisikan sebagai sampah yang dihasilkan oleh masyarakat dalam satuan volume atau berat per kapita per hari, atau per luas bangunan atau per panjang jalan (SNI 19-2454-2002)

(12). Berdasarkan data yang diperoleh, total berat timbulan sampah Kabupaten Situbondo mencapai 0,39 kg/org, sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Timbulan Sampah (Kg/hari)} &= \text{Jumlah penduduk 2023} \times \text{jumlah timbulan sampah Kab. Situbondo} \\ &= 59.084 \text{ jiwa} \times 0,39 \text{ kg/hari} \\ &= 23.043 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume sampah (m}^3\text{/hari)} &= \frac{(\text{Timbulan sampah} \left(\frac{\text{kg}}{\text{hari}}\right))}{(\text{Densitas} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right))} \\ &= \frac{(23.043 \left(\frac{\text{kg}}{\text{hari}}\right))}{(166,97 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right))} \\ &= 138 \text{ (m}^3\text{/hari)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Timbulan Sampah} &= \frac{(\text{volume sampah})}{(\text{jumlah penduduk}) \times 1000} \\ &= \frac{138}{59.084 \times 1000} \\ &= 2,34 \left(\frac{\text{jiwa}}{\text{hari}}\right) \end{aligned}$$

Perhitungan Proyeksi timbulan sampah menggunakan rumus persamaan geometri untuk periode 10 tahun kedepan dan memperoleh hasil seperti pada tabel berikut :

Tabel 3. Proyeksi Timbulan Sampah

Tahun	Penduduk (orang)	Timbulan sampah		Volume sampah		Berat sampah
		(L/org.hari)	(Kg/org.hari)	(L/hari)	(m3/hari)	(Kg/hari)
2024	59579	2,5	0,39	148946,49	148,95	23235,65
2025	60077	2,5	0,39	150193,33	150,19	23430,16
2026	60580	2,5	0,39	151450,62	151,45	23626,30
2027	61087	2,5	0,39	152718,42	152,72	23824,07
2028	61599	2,5	0,39	153996,84	154,00	24023,51
2029	62114	2,5	0,39	155285,96	155,29	24224,61
2030	62634	2,5	0,39	156585,87	156,59	24427,40
2031	63159	2,5	0,39	157896,66	157,90	24631,88
2032	63687	2,5	0,39	159218,43	159,22	24838,07
2033	64221	2,5	0,39	160551,26	160,55	25046,00

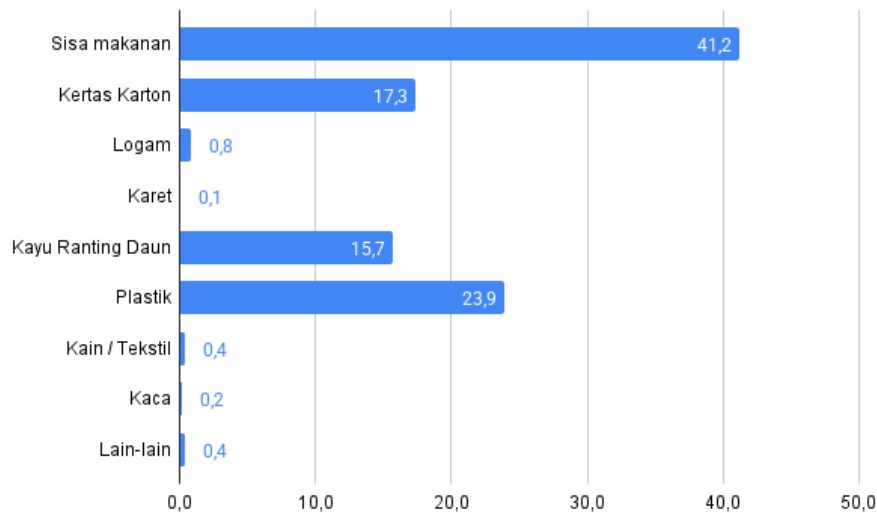
Sumber : Hasil Analisis Perhitungan, 2025

3.4 Komposisi Sampah

Komposisi sampah merupakan komponen fisik sampah yang umumnya dinyatakan dalam persentase berat atau persentase volume terhadap kelompok atau kategori sejenisnya (13). Persentase komposisi secara menyeluruh di Kecamatan Panarukan diperoleh melalui perhitungan setiap komponen sampah. Berikut adalah hasil persentase komposisi Kecamatan Panarukan.

Komposisi sampah berdasarkan persentase tertinggi di Kecamatan Panarukan meliputi sampah sisa makanan (41,2%), sampah plastik (23,9%), sampah kertas karton (17,3%), sampah kayu ranting (15,7%), sampah logam (0,8%), sampah kain / tekstil (0,4%), sampah lain-lain (0,4%), sampah kaca (0,2%), sampah karet / kulit (0,1%). Dominasi Sampah sisa makanan yang sangat signifikan dibandingkan jenis sampah lainnya disebabkan oleh bobot yang lebih berat serta produksi harian per individu yang lebih tinggi dibandingkan kategori sampah lainnya.

Proyeksi komposisi sampah menggambarkan estimasi volume yang timbul untuk tiap-tiap kategori sampah. Hasil proyeksi komposisi sampah disajikan dalam bentuk persentase untuk setiap klasifikasi sampah. Setelah proses pengolahan data, melakukan perhitungan proyeksi distribusi komposisi sampah hingga tahun 2033 untuk keperluan perencanaan jangka panjang.



Gambar 1. Komposisi Persentase Sampah
Sumber : Hasil Analisis Peneliti, 2025

Tabel 4. Proyeksi Komposisi Sampah Tahun 2033

Jenis Sampah	Berat Timbunan (kg/hari)	Persentase Komposisi (%)	Volume Timbunan Sampah (m ³ /hari)	Densitas Sampah (kg/m ³)
Sampah Sisa Makanan	1031895,04	41,2	6180,12	166,97
Sampah Kertas Karton	433295,73	17,3	2595,05	166,97
Sampah Logam	20036,8	0,8	120	166,97
Sampah Karet / Kulit	2504,6	0,1	15	166,97
Sampah Kayu Ranting	393222,14	15,7	2355,05	166,97
Sampah Plastik	598599,31	23,9	3585,07	166,97
Sampah Kain / Tekstil	10018,4	0,4	60	166,97
Sampah Kaca	5009,2	0,2	30	166,97
Sampah Lain - Lain	10018,4	0,4	60	166,97
TOTAL	2504599,603	100	15000,3	

Sumber : Hasil Analisis Peneliti, 2025

3.5 Nilai Recovery Factor Sampah

Nilai recovery dimanfaatkan untuk memperkirakan jumlah sampah yang akan berkurang serta volume sampah yang tersisa sebagai residu (14). Recovery faktor tahun proyeksi 2033 pada setiap komponen sampah dapat diamati pada **Tabel 5** dibawah. Berdasarkan analisis yang dilakukan, teridentifikasi perhitungan bahwa Recovery factor sampah tertinggi di Kecamatan Panarukan berasal dari kategori sisa makanan, mencapai angka 41,2% dengan volume recovery factor sebesar 825516,02 m³/hari. Bahan yang tidak dapat diproses dalam sistem pengolahan diklasifikasikan sebagai residu. Total Volume residu yang terkalkulasi dari keseluruhan sampah yang tidak dapat diolah mencapai 1143850,64 m³/hari yang menunjukkan bahwa bahan tersebut tidak dapat dimanfaatkan lebih lanjut dan karenanya harus dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) untuk pengelolaan tahap akhir.

Tabel 5. Recovery Factor Sampah

Jenis Sampah	Komposisi (%)	Volume (m ³ /hari)	Rf (%)	Volume Recovery (m ³ /hari)	Volume Residu (m ³ /hari)
Sampah Sisa Makanan	41,2	1031895,04	80	825516,03	206379,01
Sampah Kertas Karton	17,3	433295,73	50	216647,87	216647,87
Sampah Logam	0,8	20036,8	80	16029,44	4007,36
Sampah Karet / Kulit	0,1	2504,6	0	-	2504,6
Sampah Kayu Ranting	15,7	393222,14	0	-	393222,14
Sampah Plastik	23,9	598599,31	50	299299,65	299299,65
Sampah Kain / Tekstil	0,4	10018,4	0	-	10018,4
Sampah Kaca	0,2	5009,2	65	3255,98	1753,22
Sampah Lain - Lain	0,4	10018,4	-	-	10018,4
TOTAL	100	2504599,603	-	-	1143850,64

Sumber : Hasil Analisis Peneliti, 2025

3.6 Perencanaan TPS 3R

A. Perhitungan Loading Rate

Loading rate mengacu pada kapasitas volume sampah yang direncanakan untuk diolah di TPS 3R setiap jamnya dalam system perancangan (15). Waktu operasional TPS 3R dalam perencanaan selama 7 jam berdasarkan dengan ketentuan UU No. 13 Tahun 2003. Perhitungan loading rate menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Loading rate} &= \frac{(\text{volume sampah} (\frac{m^3}{\text{hari}}))}{(\text{waktu proses} (\frac{\text{jam}}{\text{hari}}))} \\
 &= \frac{(160,55 (\frac{m^3}{\text{hari}}))}{(7 (\frac{\text{jam}}{\text{hari}}))} \\
 &= 22,94 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

B. Ruang Pengelolaan Sampah Organik

Ruangan yang digunakan untuk mengolah sampah organik pada perencanaan TPS 3R ini adalah ruang pewadahan, pencacahan dan pengomposan.

1. Ruang Pewadahan Sampah Organik

a. Volume sampah masuk per jam

$$\begin{aligned}
 V_{\text{organik}} &= \% \text{ sampah organik} \times \text{loading rate} \\
 &= 41,2\% \times 22,94 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 9,45 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 226,8 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

b. Berat sampah masuk per jam

$$\begin{aligned}
 B_{\text{organik}} &= \% \text{ organik} \times \text{penduduk terlayani} \times \text{berat timbulan} (\frac{\text{kg}}{\text{hari}}) \\
 &= 41,2\% \times 64.220 \times \frac{0,39 \text{ kg}}{\text{org}} \\
 &= 10.318,86 \text{ kg/hari} \\
 &= 429,95 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Dalam perancangan TPS 3R, sampah organik yang masuk ditempatkan ke dalam kantong plastik sampah berukuran 122 x 78,5 x 123 cm yang memiliki kapasitas 660 liter atau setara dengan 0,66 m³.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan tong plastik} &= \text{Vol. sampah} \div \text{Vol. tong} \\
 &= 226,8 \text{ m}^3 \div 0,66 \text{ m}^3 \\
 &= 344 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Mengingat volume sampah harian sebesar 226,8 m³/hari, diperlukan 344 tong plastik untuk menampungnya. Rencana dengan ukuran panjang 16 meter dan lebar 10,4 meter. Dengan demikian, total kebutuhan lahan yang diperlukan adalah 166,67 m².

2. Ruang Pencacahan

Sampah organik yang telah terkumpul di area penampungan selanjutnya dihancurkan menggunakan mesin pencacah guna mempercepat proses pembentukan kompos. Spesifikasi kebutuhan lahan yang digunakan untuk mencacah sampah tersebut adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas sampah yang dikomposisikan} &= 9,45 \frac{m^3}{jam} \times 41,2\% \\
 &= 3,89 \frac{m^3}{jam} \\
 &= 93,36 \frac{m^3}{jam} \\
 \\
 \text{Berat sampah yang dikomposkan} &= 429,95 \frac{kg}{jam} \times 41,2\% \\
 &= 177,14 \frac{kg}{jam} \\
 &= 4.251,36 \frac{kg}{hari} \\
 \\
 \text{Jumlah mesin pencacah yang dibutuhkan} &= 177,14 \frac{kg}{jam} \div 200 \frac{kg}{jam} \\
 &= 1 \text{ unit} \\
 \\
 \text{Kebutuhan luas lahan mesin pencacah} &= \text{Dimensi alat} \times \text{jumlah alat} \\
 &= (1,4 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}) \times 1 \text{ unit} \\
 &= 1,12 \text{ m}^2 \\
 \\
 \text{Kebutuhan luas lahan hasil cacah} &= \text{Kapasitas} \frac{m^3}{hari} \div t \text{ gundukan} \\
 &= 93,36 \frac{m^3}{hari} \div 1 \text{ m} \\
 &= 93,36 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

3. Ruang Pengomposan

Proses pembuatan kompos dapat dioptimalkan melalui penggunaan aerator bambu dan penambahan EM4 sebagai teknik untuk mempercepat efisiensi pengomposan. Aplikasi EM4 dalam metode ini mampu meningkatkan efektivitas durasi pengomposan hingga mencapai sekitar 30 hari (16). Dalam perencanaan ini, metode pengomposan yang diterapkan adalah sistem pengomposan dengan menggunakan aerator bambu.

a. Total volume sampah yang dikomposkan

$$\begin{aligned}
 V \text{ sampah kompos} &= \frac{(\text{waktu} \times \text{berat sampah yang dicacah}) \left(\frac{kg}{hari}\right)}{(\text{densitas sampah yang dicacah}) \left(\frac{kg}{m^3}\right)} \\
 &= \frac{(30 \text{ hari} \times 4.251,36 \left(\frac{kg}{hari}\right))}{(350 \left(\frac{kg}{m^3}\right))} \\
 &= 364,40 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b. Volume setiap aerator bambu

Kriteria desain aerator bambu adalah sebagai berikut :

- Lebar aerator bambu : 2,5 – 3,5 m
- Ketinggian maks : 1,75 m
- Panjang : bebas
- Lebar bawah ventilasi : 0,6 – 0,9 m

c. Perencanaan aerator bambu

- Ukuran aerator bambu:
 - Panjang : 3,5 m
 - Lebar : 0,9 m
 - Tinggi : 1 m
- Volume aerator bambu = $\frac{(P \times L \times T)}{2}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(3,5 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} \times 1 \text{ m})}{2} \\
 &= 1,575 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$
- Ukuran timbulan kompos:
 - Panjang : 3,5 m

- Lebar bawah : 3 m
- Lebar atas : 1,8 m
- Tinggi : 1,5 m
- Luas melintang (trapesium) $= \frac{((3+1,8) \times 1,5)}{2}$
 $= 3,6 \text{ m}^2$
- Vol. Timbulan kompos = *Vol. trapesium* – *Vol. aerator bambu*
 $= (3,6 \times 3,5) - 1,575$
 $= 11 \text{ m}^3$
- Perhitungan jumlah aerator bambu yang akan diproduksi
Jumlah aerator $= \frac{(\text{volume sampah yang dikompos})}{(\text{volume timbulan kompos})}$
 $= \frac{(364,40 \text{ m}^3)}{11}$
 $= 33,13 = 33 \text{ unit}$

Data perencanaan aerator bambu meliputi:

- Panjang aerator = 3,5 m
- Lebar aerator = 3 m
- Jumlah aerator = 33 unit
- Total luas lahan $= (P \times (L + \text{jarak})) \times \text{jumlah unit}$
 $= (3,5 \text{ m} \times (0,9 \text{ m} + 0,5 \text{ m})) \times 33 \text{ unit}$
 $= 161,7 \text{ m}^2$

4. Ruang Pengayakan dan Pengemasan Kompos

Dalam proses pengomposan sampah organik menggunakan EM4, tingkat reduksi volume tertinggi yang dicapai mencapai 39,3 %.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas kompos} &= (100\% - 39,3\%) \times 93,36 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 56,7 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2,36 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kompos} &= (100\% - 39,3\%) \times 4.251,36 \text{ kg}/\text{hari} \\ &= 2.580,6 \text{ kg}/\text{hari} \\ &= 107,525 \text{ kg}/\text{jam} \end{aligned}$$

Mesin pengayak kompos berkapasitas 200-300 kg/jam dengan dimensi 2m x 0,8m x 1m. Untuk memastikan area operasional yang aman, direncanakan penambahan ruang sebesar 1 meter pada setiap sisi mesin pengayak. Dengan demikian, total kebutuhan lahan untuk penempatan alat pengayak dapat dihitung :

$$\begin{aligned} &= (P \text{ pengayak} + 1 \text{ m}) \times (L \text{ conveyor} + 1 \text{ m}) \\ &= (2 \text{ m} + 1 \text{ m}) \times (0,8 \text{ m} + 1 \text{ m}) \\ &= 5,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

C. Ruang Pengelolaan Sampah Plastik

- Volume sampah plastik masuk per jam
 $V = \% \text{ sampah plastik} \times \text{loading rate}$
 $= 23,9\% \times 22,94 \text{ m}^3/\text{jam}$
 $= 5,48 \text{ m}^3/\text{jam}$
 $= 131,52 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Berat sampah plastik
Berat sampah plastik $= \% S. \text{ plastik} \times \text{penduduk terlayani} \times B. \text{ timbulan sampah}$
 $= 23,9\% \times 64.220 \times \frac{0,39 \text{ kg}}{\text{org}} \frac{\text{org}}{\text{hari}}$
 $= 5.985,95 \text{ kg}/\text{hari}$
 $= 249,41 \text{ kg}/\text{jam}$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Luas area yang dibutuhkan} &= \frac{\text{volume sampah}}{\text{tinggi tumpukan}} \\
 &= \frac{131,52 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}} \\
 &= 87,68 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

D. Ruang Pengelolaan Sampah Anorganik

- Volume sampah masuk per jam

$$\begin{aligned}
 V \text{ anorganik} &= 34,9\% \times \text{loading rate} \\
 &= 34,9\% \times 22,94 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 8 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 192 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

- Berat sampah masuk per jam

$$\begin{aligned}
 B \text{ anorganik} &= \% \text{ anorganik} \times \text{penduduk terlayani} \times \text{berat timbunan} \left(\frac{\text{kg}}{\text{org}} \right) \\
 &= 34,9\% \times 64.220 \times 0,39 \left(\frac{\text{kg}}{\text{org}} \right) \\
 &= 8.741 \text{ kg/hari} \\
 &= 364,21 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

- Tinggi rencana penumpukan sampah mencapai 1 m

$$\begin{aligned}
 - \text{ Luas yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Volume sampah}}{\text{tinggi tumpukan}} \\
 &= \frac{192 \text{ m}^3}{1 \text{ m}} \\
 &= 192 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 6. Luas total lahan dalam perencanaan TPS 3R

No	Ruang	Kebutuhan Lahan
Pengelolaan Sampah Organik		
1	a. Ruang penampungan sampah organik	166,67 m ²
	b. Ruang pencacah sampah organik	93,36 m ²
	c. Ruang pengomposan	161,7 m ²
	d. Ruang pengayakan	5,4 m ²
Total		427,13 m²
2	Pengelolaan Sampah Plastik	87,68 m ²
Total		87,68 m²
3	Pengelolaan Sampah Anorganik	192 m ²
Total		192 m²
Sarana Pendukung		
4	a. Pos jaga	10 m ²
	b. Kantor	18 m ²
	c. Gudang	50 m ²
	d. Area Parkir	30 m ²
	e. Garasi gerobak motor	30 m ²
	f. Area residu	10 m ²
	g. Kamar mandi/WC 1	10 m ²
	h. Kamar mandi/WC 2	10 m ²
Total		138 m²
Total Keseluruhan		844,81 m²

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan, 2025

6. Singkatan

TPA	Tempat Pemrosesan Akhir
TPS	Tempat Pengolahan Sampah
3R	reduce, reuse and recycle

7. Referensi

1. Happy Suryati H. : Studi sistem pengelolaan sampah dikota Bandar Lampung, 2003 USU e-Repository © 2008. 2008;
2. Bastiaans MJ. New Class of Uncertainty Relations for Partially Coherent Light. 13th Congr Int Comm Opt Opt Mod Sci Technol Conf Dig. 1984;638–9.
3. Ummah MS. Kecamatan Panarukan Dalam Angka 2024. Badan Pusat Statistik Kabupaten Situbondo. 2019;11(1):1–14.
4. Standa S, Nasional N. S pesifikasi timbulan sampah sampa h u ntuk kota kecil dan kota sedang di Indonesia Indon esia. 1995;
5. Indonesia, Presiden Republik. "Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah." (18).
6. Sima, Hafazira. "Penerapan Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 dalam rangka pendauran ulang sampah rumah tangga di Kabupaten Asahan." *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Ilmu Sosial dan Politik [JIMSIPOL]* 1.3 (2021).
7. Arlan, Agus Sya'bani. "Implementasi Peraturan Bupati Tapin Nomor 22 Tahun 2018 Tentang Kebijakan dan Strategi Daerah dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga Di Kabupaten Tapin: Studi Kasus di Kelurahan Bitahan." *Administratus* 8.2 (2024): 56-68.
8. Maulana, Achmad Ilham, and Andrei Ramani. "Pemetaan Faktor Risiko Preeklampsia berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Puskesmas Kendit Kabupaten Situbondo." *Pustaka Kesehatan* 12.1 (2024): 34-42.
9. SNI 19-3964-1994. Metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan. Badan Stand Nas. 1994;16.
10. Peraturan Menteri PU Nomor 3/PRT/M/ 2013. Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Permen PU Nomor 3/PRT/M/ 2013. 2013;Nomor 65(879):2004–6.
11. Pekerjaan Umum (Public Works). Penyelenggaraan pengembangan sistem penyediaan air minum. 2007;
12. SNI 19-2454-2002 Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah. Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan. ACM SIGGRAPH 2010 Pap - SIGGRAPH '10 [Internet]. 2002;(ICS 27.180):1. Available from: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1833349.1778770>
13. Tarigan M. Perencanaan TPS 3R di Kelurahan Dayan Peken. Jur Tek Sipil, Fak Tek Univ Mataram. 2016;1–15.
14. Aprilia, Nur Lailis. "Perencanaan Teknis Tempat Pengolahan Sampah (TPS) 3R Kecamatan Jekan Raya Kota Palangka Raya." *Surabaya: Nur Lailis Aprilia* (2018).
15. Lawa, Jonatan IJ, Isri R. Mangangka, and Herawaty Riogilang. "Perencanaan Tempat Pengolahan Sampah (TPS) 3R Di Kecamatan Mapanget Kota Manado." *Tekno* 19.78 (2021)
16. Dharma, Setya. "Trichoderma sp. Breeding from Bamboo Stems (*Schizostachyum brachycladum*) and Its Application as an Inoculant for Organic Fertilizer Fermenters According to SNI 7763: 2018." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 1097. No. 1. IOP Publishing, 2022.