

## STUDI EVALUASI KINERJA TEMPAT PEMBUANGAN SAMPAH AKHIR DENGAN METODE *SANITARY LANDFILL* DI TPA KOTA TUAL MALUKU

Muhammad Nur Djailani Renwarin<sup>1</sup>, Eko Noerhayati<sup>2</sup>, Anita Rahmawati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Malang  
e-mail : [djailanirenwarin01@gmail.com](mailto:djailanirenwarin01@gmail.com)

<sup>2</sup>Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Malang  
e-mail : [eko.noerhayati@unisma.ac.id](mailto:eko.noerhayati@unisma.ac.id)

<sup>3</sup>Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Malang  
e-mail : [anita.rahmawati@unisma.ac.id](mailto:anita.rahmawati@unisma.ac.id)

### ABSTRAK

Waste management in Tual City is still using the open dumping system, which potentially causes environmental pollution, unpleasant odors, and health problems for the surrounding community. This study aims to evaluate the performance of the existing waste disposal system at the Final Disposal Site (TPA) of Tual City and to plan an improvement using the sanitary landfill method with the application of the 3R principles (Reduce, Reuse, Recycle). The research method includes primary data collection on waste generation and composition, as well as secondary data from related agencies. The analysis was carried out by projecting waste generation for the 2025–2035 period, calculating landfill capacity and land requirements, and assessing the effectiveness of the 3R principle in extending the landfill lifespan. The results show that the waste generation in 2025 was 15.39 tons/day, increasing to 24.49 tons/day in 2035, with a total cumulative amount of 80,064.95 tons. The current landfill capacity of 29,106 tons can only accommodate waste for approximately 4 years. With the application of the sanitary landfill system and the 3R principle, which can reduce waste by 20%, the capacity increases to 67,200 tons, extending the service life to about 11.5 years. This finding demonstrates that implementing a 3R-based sanitary landfill system can improve land-use efficiency, extend landfill lifespan, and minimize environmental impacts.

**Keywords:** *Tual City Landfill, Sanitary Landfill, Open Dumping, Waste Generation, 3R Principle*

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Kehidupan manusia memiliki keterkaitan erat dengan alam, sehingga setiap individu memiliki tanggung jawab untuk menjaga kelestarian ekosistem demi keberlanjutan hidup makhluk di dalamnya. Kesadaran terhadap pentingnya lingkungan perlu diimbangi dengan pengetahuan mengenai sebab dan akibat dari kerusakan lingkungan, agar manusia dapat mengelola sumber daya alam secara bijak. Namun pada kenyataannya, aktivitas seringkali menimbulkan pencemaran lingkungan akibat rendahnya kesadaran ekologis, terutama dalam pengelolaan sampah yang belum optimal. Rendahnya partisipasi masyarakat dan lemahnya sistem pengelolaan limbah menyebabkan meningkatnya volume

sampah dan pencemaran di wilayah perkotaan. Sampah merupakan permasalahan yang kompleks dan menjadi isu utama di banyak kota di Indonesia. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menegaskan bahwa pengelolaan sampah harus mencakup tahapan pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, dan pemrosesan akhir secara ramah lingkungan. [7]

Akan tetapi, sebagian besar Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Indonesia masih menggunakan sistem *open dumping*, yaitu metode pembuangan terbuka tanpa perlakuan lanjutan yang menyebabkan pencemaran udara, air tanah, serta menimbulkan bau dan vektor penyakit. [2]

Sistem ini juga berpotensi mempercepat penurunan daya dukung lingkungan di wilayah

sekitar TPA. Sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut, pemerintah mendorong penerapan metode *sanitary landfill* yang dianggap lebih efektif karena mampu mengisolasi sampah dari lingkungan sekitar dengan lapisan tanah penutup, sistem pengelolaan lindi, serta pengendalian gas metana. [1]

Selain itu, pendekatan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) sebagaimana diatur dalam pedoman Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017) serta Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2013), merupakan strategi penting untuk mengurangi volume sampah sejak dari sumbernya. [3]

Kombinasi antara penerapan prinsip 3R dan sistem *sanitary landfill* menjadi langkah strategis untuk mewujudkan pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Kota Tual merupakan salah satu wilayah di Provinsi Maluku dengan jumlah penduduk 96.840 jiwa dan terus mengalami pertumbuhan penduduk setiap tahunnya (BPS, 2022). TPA Kota Tual yang berlokasi di Desa Ohoitel telah beroperasi sejak tahun 2015 dengan luas sekitar 3 hektar dan masih menggunakan sistem *open dumping*. [2]

Kondisi tersebut menimbulkan berbagai permasalahan seperti bau menyengat, munculnya vektor penyakit, dan pencemaran air tanah akibat tidak adanya sistem pengelolaan lindi yang memadai (Salman, Ningsih & Aryanti, 2020). Dengan peningkatan volume timbulan sampah seiring pertumbuhan penduduk dan aktivitas masyarakat, kapasitas lahan TPA semakin terbatas dan berpotensi tidak mampu menampung beban sampah di masa mendatang.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengelolaan TPA Kota Tual dalam kondisi eksisting, serta merencanakan peningkatan sistem melalui penerapan metode *sanitary landfill* berbasis prinsip 3R. [3]

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa volume timbulan sampah yang dihasilkan pada sistem *open dumping* di

TPA Tual selama periode perencanaan 10 tahun (2025–2035)?

2. Berapa kapasitas dan kebutuhan lahan TPA Kota Tual terhadap peningkatan timbulan sampah setiap tahun?
3. Berapa penerapan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) dalam sistem *sanitary landfill* dapat mengurangi timbulan sampah dan memperpanjang umur layanan TPA?
4. Berapa prediksi umur rencana TPA Kota Tual setelah penerapan sistem *sanitary landfill* dengan prinsip 3R?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisis volume timbulan sampah eksisting di TPA Kota Tual yang masih menggunakan sistem *open dumping*.
2. Menghitung kapasitas dan kebutuhan lahan TPA berdasarkan hasil proyeksi timbulan sampah selama periode perencanaan tahun 2025–2035.
3. Menganalisis efektivitas penerapan prinsip 3R dalam sistem *sanitary landfill* terhadap pengurangan volume sampah dan efisiensi penggunaan lahan.
4. Memperkirakan umur layanan TPA Kota Tual setelah penerapan sistem *sanitary landfill* berbasis prinsip 3R sebagai dasar rekomendasi peningkatan kinerja pengelolaan TPA.
5. Memperkirakan umur layanan TPA Kota Tual setelah penerapan sistem *sanitary landfill* berbasis prinsip 3R sebagai dasar rekomendasi peningkatan kinerja pengelolaan TPA.

## 1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran ilmiah mengenai kondisi dan kinerja sistem pengelolaan TPA Kota Tual sebagai dasar perencanaan peningkatan menuju sistem *sanitary landfill*.
2. Menjadi bahan pertimbangan bagi Pemerintah Kota Tual dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) dalam merumuskan kebijakan dan strategi

pengelolaan persampahan yang berkelanjutan.

3. Menambah wawasan akademik dan menjadi referensi bagi penelitian sejenis, khususnya dalam bidang teknik lingkungan dan pengelolaan TPA.
4. Mendorong peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya penerapan prinsip 3R dalam mendukung pengelolaan sampah yang ramah lingkungan.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **3.1. Dasar Hukum Pengelolaan Sampah**

Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menjadi dasar hukum utama dalam pelaksanaan sistem persampahan di Indonesia. Undang-undang ini menegaskan bahwa pengelolaan sampah merupakan kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkelanjutan, yang mencakup kegiatan pengurangan dan penanganan sampah.

Selain itu, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga mengatur kewajiban setiap daerah untuk menerapkan kegiatan pengelolaan yang ramah lingkungan mulai dari pengumpulan, pengangkutan, pemrosesan hingga pembuangan akhir.

Lebih lanjut, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 menjelaskan bahwa pemrosesan akhir sampah dilakukan dengan metode lahan urug terkendala (*controlled landfill*), lahan urug saniter (*sanitary landfill*), dan/atau teknologi ramah lingkungan lainnya. [7]

### **3.2. Pengertian dan Klasifikasi Sampah**

Sampah merupakan sisa kegiatan manusia atau proses alam yang berbentuk padat dan dianggap tidak berguna lagi. Menurut Kuncoro (2010), sampah adalah bahan yang dibuang atau terbuang, baik dari hasil aktivitas manusia maupun proses alam, yang sudah tidak memiliki nilai atau fungsi. Berdasarkan sumbernya, sampah dapat dibedakan menjadi:

1. Sampah rumah tangga, berasal dari

aktivitas domestik seperti sisa makanan, plastik, dan kertas.

2. Sampah sejenis sampah rumah tangga, berasal dari fasilitas umum, perkantoran, atau perdagangan.
3. Sampah spesifik, seperti limbah berbahaya, puing konstruksi, atau sampah medis.

Sementara itu, berdasarkan sifatnya, sampah dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu sampah organik (mudah terurai secara alami) dan sampah anorganik (tidak mudah terurai). Pemahaman terhadap klasifikasi ini penting untuk menentukan metode pengelolaan yang tepat di setiap wilayah. [2]

### **3.3. Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)**

Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan lokasi tempat sampah mencapai tahap akhir dalam pengelolaannya. Di TPA, sampah diolah atau diisolasi agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 menyebutkan bahwa kegiatan pemrosesan akhir di TPA meliputi penimbunan, pemadatan, penutupan tanah, pengolahan lindi, dan Pengelolaan gas metana. Dalam praktiknya, TPA memiliki peran strategis dalam menampung sisa residu yang tidak dapat diolah melalui proses daur ulang atau pemanfaatan kembali. Oleh karena itu, perencanaan dan pengelolaan TPA harus memperhatikan kondisi geologi, topografi, hidrologi, dan daya dukung lingkungan sekitar agar tidak menimbulkan pencemaran. [4]

### **3.4. Sistem TPA Open Dumping**

Sebagian besar TPA di Indonesia, termasuk TPA Kota Tual, masih menggunakan sistem *open dumping*. Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), *open dumping* merupakan sistem pembuangan sampah secara terbuka tanpa perlakuan lanjutan. Metode ini berpotensi menyebabkan pencemaran air tanah akibat rembesan lindi, pencemaran udara karena gas hasil pembusukan, dan gangguan kesehatan masyarakat akibat berkembangnya vector penyakit. Kelemahan utama dari sistem ini adalah tidak adanya lapisan pelindung dasar dan sistem pengendalian air lindi. Akibatnya,

daya tampung TPA menjadi cepat penuh dan umur operasionalnya relatif pendek. Dalam jangka panjang, sistem *open dumping* tidak memenuhi prinsip lingkungan berkelanjutan sehingga perlu dilakukan peralihan menuju sistem pengelolaan yang lebih ramah lingkungan. [2]

### 3.5. Sistem TPA *Sanitary Landfill*

Sebagai solusi atas sistem terbuka, metode *sanitary landfill* diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Menurut Astono, Purwaningrum, dan Wahyudyanti (2016), sistem *sanitary landfill* adalah metode penimbunan sampah dengan pemadatan dan penutupan tanah secara berkala. Sistem ini dilengkapi dengan lapisan dasar tanah liat atau geomembran untuk mencegah rembesan lindi ke tanah serta sistem pipa untuk mengendalikan gas metana.

Dengan pengelolaan yang baik, densitas timbunan dapat mencapai 800 kg/m<sup>3</sup>, sehingga volume sampah yang dapat ditampung meningkat dua kali lipat dibandingkan sistem terbuka. Selain ramah lingkungan, sistem ini juga mendukung konsep *waste to energy* karena gas metana yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.[1]

### 3.6. Dampak Sampah pada Lingkungan

Sampah yang tidak dikelola dengan baik menimbulkan berbagai dampak negative Terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Air lindi yang meresap ke tanah dapat mencemari air tanah dan menyebabkan penurunan kualitas air bersih. Gas metana hasil pembusukan sampah organik dapat menimbulkan bau tidak sedap serta berkontribusi terhadap efek rumah kaca. Menurut Noerhayati dan Rokhmawati (2021), timbunan sampah juga dapat menjadi sarang vektor penyakit seperti lalat, tikus, dan nyamuk yang dapat menyebabkan berbagai penyakit menular seperti diare, tifoid, dan leptospirosis.

Oleh karena itu, pengelolaan sampah yang baik menjadi bagian penting dalam menjaga kesehatan masyarakat dan keseimbangan ekosistem. [6]

### 3.7. Karakteristik Sampah

Karakteristik sampah menggambarkan sifat fisika, kimia, dan biologi yang memengaruhi cara pengelolaannya. Menurut Tchobanoglous et al. (1993) dan Damanhuri & Padmi (2010), karakteristik sampah dibagi menjadi:

#### 1. Karakteristik Fisika

Meliputi berat jenis (density), kadar air, ukuran partikel, dan permeabilitas. Data ini penting untuk menentukan kebutuhan lahan dan kapasitas timbunan dalam sistem *sanitary landfill*.

#### 2. Karakteristik Kimia

Menunjukkan komposisi unsur seperti karbon (C), nitrogen (N), oksigen (O), dan sulfur (S). Unsur ini memengaruhi proses pembusukan dan produksi gas di TPA.

#### 3. Karakteristik Biologi

Menggambarkan kemampuan sampah untuk terurai oleh mikroorganisme. Sampah organik mudah membusuk dan menghasilkan gas metana, sedangkan sampah anorganik sulit terurai dan menjadi beban penimbunan. [2]

Informasi karakteristik ini menjadi dasar dalam menentukan densitas kompaksi ( $\rho$ ), perhitungan volume, dan estimasi umur operasional TPA pada sistem *sanitary landfill*. [6]

### 3.8. Prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*)

Konsep 3R merupakan strategi utama dalam pengelolaan sampah modern yang berorientasi pada pengurangan timbunan di sumber.

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2021) dan Permen PUPR No. 3 Tahun 2013, prinsip 3R meliputi:

#### 1. Reduce (Mengurangi)

Upaya meminimalkan timbunan sampah sejak dari sumber, seperti menghindari penggunaan plastik sekali pakai dan mengurangi limbah makanan.

#### 2. Reuse (Menggunakan Kembali)

Mengoptimalkan penggunaan barang sebelum dibuang, misalnya memakai wadah isi ulang atau memanfaatkan kembali bahan bekas.

#### 3. Recycle (Mendaur Ulang)

Mengolah sampah menjadi produk baru

yang bermanfaat, seperti kompos, bahan bangunan, atau kerajinan. [3]

Penerapan prinsip 3R dapat menekan volume sampah yang masuk ke TPA, memperpanjang umur operasionalnya, dan menghemat kebutuhan lahan. Dalam penelitian ini, prinsip 3R digunakan sebagai dasar dalam skenario reduksi timbulan sebesar 15% dan 20% untuk menilai efektivitas sistem *sanitary landfill* di TPA Kota Tual. [4]

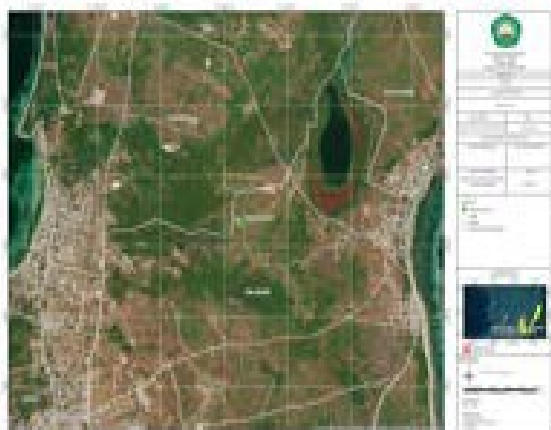
### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif, yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengelolaan sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kota Tual dan menganalisis rencana peningkatan sistem menuju metode *sanitary landfill* melalui penerapan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Analisis dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan serta perhitungan proyeksi timbulan dan kapasitas lahan TPA.

#### 3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kota Tual yang terletak di Desa Ohoitel, Kecamatan Dullah Utara, Kota Tual, Provinsi Maluku. Lokasi ini memiliki luas sekitar 3 hektar dan telah beroperasi sejak tahun 2015 dengan sistem *open dumping*.



**Gambar 1.** Lokasi TPA Kota Tual (*layout*)

Sumber: Arcgis

Kegiatan pengumpulan data dilakukan selama tahun 2025, meliputi observasi langsung di lapangan dan pengambilan data

dari instansi terkait, khususnya Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Tual.



**Gambar 2.** Peta Kota Tual

Sumber: DLH

#### 3.3. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder.

##### 2.1.1 Data Primer

Data primer diperoleh melalui kegiatan pengamatan langsung di lapangan, yang meliputi:

1. Pengukuran berat, volume, dan densitas sampah yang masuk ke TPA selama 8 hari berturut-turut (*weight-volume analysis*).
2. Pengamatan kondisi eksisting TPA, sistem operasional, serta sarana dan prasarana pendukung.
3. Pengambilan sampel untuk mengetahui komposisi jenis sampah (organik, plastik, kertas, dan lainnya) sebagai data pendukung.

##### 2.1.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Tual, Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil, serta instansi terkait lainnya. Jenis data yang digunakan meliputi:

1. Data jumlah penduduk.
2. Data eksisting pengelolaan sampah.
3. Peta kontur lokasi TPA.
4. Peta sebaran kawasan kumuh.

#### 3.4. Tahapan Analisis Data

##### 3.1.1 Studi Awal

Tahapan ini bertujuan memperoleh gambaran umum kondisi TPA yang menjadi objek penelitian, meliputi:

1. Identifikasi sistem operasional eksisting (*open dumping*), luas lahan, dan fasilitas pendukung.
2. Pengumpulan data lapangan dan data sekunder dari instansi terkait.
3. Penentuan batas wilayah dan karakteristik lokasi TPA.

### 3.1.2 Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk dilakukan untuk memperkirakan pertumbuhan penduduk selama periode 2025–2035 sebagai dasar perhitungan timbulan sampah. Metode yang digunakan mencakup aritmatik, geometrik, dan least square, kemudian dipilih metode dengan nilai korelasi tertinggi.

### 3.1.3 Analisis Timbulan dan Komposisi Sampah

Analisis ini bertujuan menghitung timbulan rata-rata harian dan per kapita (kg/jiwa/hari dan m<sup>3</sup>/jiwa/hari) berdasarkan hasil pengukuran lapangan. Data komposisi sampah disajikan sebagai informasi pendukung untuk menunjukkan jenis sampah dominan, namun tidak digunakan langsung dalam perhitungan reduksi 3R.

### 3.1.4 Analisis Kapasitas dan Kebutuhan Lahan TPA

Analisis ini digunakan untuk menilai kemampuan lahan TPA dalam menampung timbulan sampah selama periode perencanaan, berdasarkan luas lahan efektif, tinggi timbunan, dan densitas sampah pada sistem *open dumping* dan *sanitary landfill*.

### 3.1.5 Analisis Reduksi Timbulan Sampah dengan Prinsip 3R

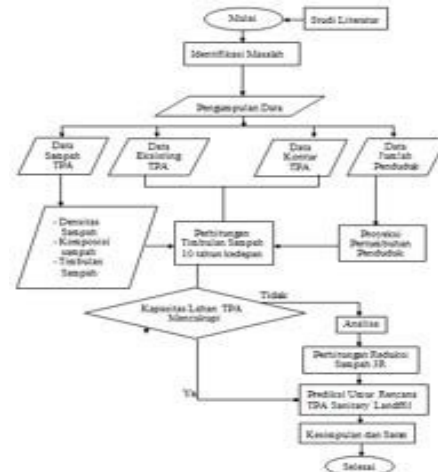
Analisis ini bertujuan mengetahui pengaruh penerapan prinsip *Reduce, Reuse, Recycle* terhadap pengurangan volume sampah yang masuk ke TPA dan efisiensi penggunaan lahan.

### 3.1.6 Prediksi Umur Rencana TPA

Tahapan ini digunakan untuk memperkirakan umur layanan TPA berdasarkan kapasitas efektif dan timbulan rata-rata tahunan, baik pada sistem *open dumping* maupun setelah penerapan *sanitary landfill* dengan prinsip 3R.

## 3.5. Bagan alir penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada bagan alir berikut, yang menggambarkan urutan kegiatan mulai dari pengumpulan data hingga tahap analisis dan penarikan kesimpulan.



**Gambar 3.** Bagan Alir

Sumber : Analisis Pekerjaan Skripsi.

## 4. PEMBAHASAN

### 4.1. Kondisi Eksisting TPA Kota Tual

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kota Tual terletak di Desa Ohoitel, Kecamatan Dullah Utara, dengan luas lahan sekitar 3 hektar dan dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Tual. Sistem operasional yang digunakan saat ini masih berupa *open dumping*, tanpa lapisan kedap tanah, sistem penangkapan gas, maupun instalasi pengolahan lindi.

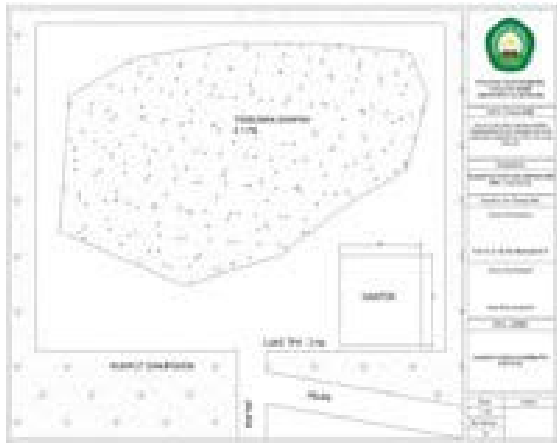
**Tabel 1.** Kondisi Umum TPA Kota Tual

| No | Uraian                       | Keterangan                                             |
|----|------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1  | Lokasi                       | Desa Ohoitel, Kec. Dullah Utara                        |
| 2  | Luas Lahan                   | ±3 ha                                                  |
| 3  | Sistem Operasional           | Open Dumping                                           |
| 4  | Volume Sampah (DLH, 2024)    | 15,11 ton/hari                                         |
| 5  | Volume Hasil Sampling (2025) | 15,39 ton/hari                                         |
| 6  | Pengelola                    | DLH Kota Tual                                          |
| 7  | Tahun Operasi                | 2015 – sekarang                                        |
| 8  | Kondisi Eksisting            | Belum memiliki lapisan kedap dan sistem drainase lindi |

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup

Kondisi ini menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti bau, risiko pencemaran air tanah, serta gangguan terhadap masyarakat sekitar. Data DLH tahun

2024 menunjukkan volume sampah masuk sebesar 15,11 ton/hari, sedangkan hasil sampling tahun 2025 menunjukkan peningkatan menjadi 15,39 ton/hari. Perbedaan ini menunjukkan adanya peningkatan timbulan akibat bertambahnya jumlah penduduk dan aktivitas masyarakat.



**Gambar 4.** Kondisi eksisting  
Sumber: Hasil Analisis 2025.

#### 4.2. Proyeksi Jumlah Penduduk Kota Tual (2025–2035)

Jumlah penduduk merupakan faktor utama yang memengaruhi timbulan sampah. Proyeksi penduduk Kota Tual dilakukan untuk periode 2025–2035 menggunakan metode *Least Square*, karena metode ini menghasilkan nilai korelasi tertinggi.

**Tabel 2.** Proyeksi Jumlah Penduduk Kota Tual Tahun 2025–2035

| Tahun | Jumlah Penduduk (jiwa) |
|-------|------------------------|
| 2025  | 133.766                |
| 2026  | 141.657                |
| 2027  | 149.548                |
| 2028  | 157.440                |
| 2029  | 165.331                |
| 2030  | 173.222                |
| 2031  | 181.113                |
| 2032  | 189.005                |
| 2033  | 196.896                |
| 2034  | 204.787                |
| 2035  | 212.678                |

Sumber: Hasil Analisis 2025.

Rata-rata laju pertumbuhan penduduk sebesar 4,7% per tahun menjadi dasar perhitungan timbulan sampah pada periode perencanaan sepuluh tahun ke depan.

#### 4.3. Timbulan dan Densitas Sampah (Hasil Sampling 2025)

Data primer diperoleh dari pengukuran lapangan selama 8 hari berturut-turut pada tahun 2025, dengan metode berat–volume (*weight–volume analysis*) untuk menentukan timbulan rata-rata harian dan densitas sampah.

**Tabel 3.** Hasil Pengukuran Timbulan dan Densitas Sampah Tahun 2025

| Hari ke-   | Berat (kg) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------|------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1          | 15.210     | 43,8                     | 347,28                        |
| 2          | 15.512     | 44,9                     | 345,43                        |
| 3          | 15.398     | 44,5                     | 346,58                        |
| 4          | 15.380     | 44,3                     | 347,09                        |
| 5          | 15.441     | 44,5                     | 346,97                        |
| 6          | 15.390     | 44,4                     | 346,42                        |
| 7          | 15.408     | 44,5                     | 346,60                        |
| 8          | 15.386     | 44,4                     | 346,62                        |
| Rata- rata | 15.389     | 44,41                    | 346,50                        |

Sumber: Hasil Analisis 2025.

Nilai densitas rata-rata 346,50 kg/m<sup>3</sup> digunakan sebagai dasar perhitungan proyeksi timbulan sampah dan kapasitas lahan TPA. se pe rti Balai Pe laksanaan Jalan Nasional provinsi Maluku.

#### 4.4. Proyeksi Timbulan Sampah Kota Tual (2025–2035)

Proyeksi timbulan sampah dihitung menggunakan rumus:

$$Q_t = P_t \times q \times 365$$

dengan:

$Q_t$  = Timbulan sampah tahun ke– t (kg/tahun)

$P_t$  = Jumlah penduduk tahun ke– t (jiwa)

$q$  = Timbulan per kapita (0,411 kg/jiwa/hari)

**Tabel 4.** Proyeksi Timbulan Sampah Kota Tual Tahun 2025–2035

| Tahun | Penduduk Terlayani (28%) | Timbulan (ton/tahun) |
|-------|--------------------------|----------------------|
| 2025  | 37.454                   | 5.618,66             |
| 2026  | 39.664                   | 5.946,69             |
| 2027  | 41.873                   | 6.274,73             |
| 2028  | 44.083                   | 6.602,76             |
| 2029  | 46.292                   | 6.930,79             |
| 2030  | 48.520                   | 7.278,73             |
| 2031  | 50.712                   | 7.611,76             |
| 2032  | 52.921                   | 7.939,79             |
| 2033  | 55.131                   | 8.267,83             |
| 2034  | 57.340                   | 8.595,86             |
| 2035  | 59.576                   | 8.937,29             |

Peningkatan timbulan dari 5.618 ton/tahun (2025) menjadi 8.937 ton/tahun (2035) menunjukkan tren kenaikan volume sampah sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan aktivitas masyarakat.

#### 4.5. Kapasitas dan Kebutuhan Lahan TPA

Kapasitas lahan dihitung berdasarkan luas area efektif 2,1 hektar dan tinggi timbunan 4 meter. Perhitungan dilakukan untuk dua kondisi, yaitu sistem open dumping dan *sanitary landfill*.

**Tabel 5.** Kapasitas dan Kebutuhan Lahan TPA Kota Tual

| Sistem            | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | Luas Diperlukan (ha) | Kapasitas Efektif (ton) |
|-------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Open Dumping      | 346,50                        | 2,50                 | 29.106                  |
| Sanitary Landfill | 800                           | 2,00                 | 67.200                  |

Sumber: Hasil Analisis 2025.

Sistem *sanitary landfill* dapat menampung lebih banyak sampah dengan lahan yang lebih kecil dibanding sistem open dumping, sehingga lebih efisien secara kapasitas dan lingkungan.

#### 4.6. Analisis Reduksi Timbulan Sampah dengan Prinsip 3R

Untuk menekan timbulan yang masuk ke TPA, diterapkan prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle) dengan tiga skenario reduksi: 0%, 15%, dan 20%. Rumus reduksi:

$$M_{3R} = M_{awal} \times (1 \times R)$$

**Tabel 6.** Skenario Reduksi Timbulan Sampah di TPA Kota Tual

| Skenario | Reduksi (%) | Timbulan (ton) | Luas (ha) | Umur Layanan (tahun) |
|----------|-------------|----------------|-----------|----------------------|
| A        | 0           | 80.064,95      | 2,50      | 4,0                  |
| B        | 15          | 68.055,21      | 2,20      | 9,0                  |
| C        | 20          | 64.051,96      | 2,00      | 11,5                 |

Sumber: Hasil Analisis 2025.

Dengan reduksi sebesar 20%, timbulan berkurang sekitar 16.013 ton, serta menghemat lahan ±0,5 ha atau efisiensi penggunaan lahan sebesar 25%.

#### 4.7. Prediksi Umur Rencana TPA

Umur layanan dihitung dengan rumus:

$$T_{life} = \frac{K}{M}$$

Dengan:

$T_{life}$  = umur layanan (tahun)

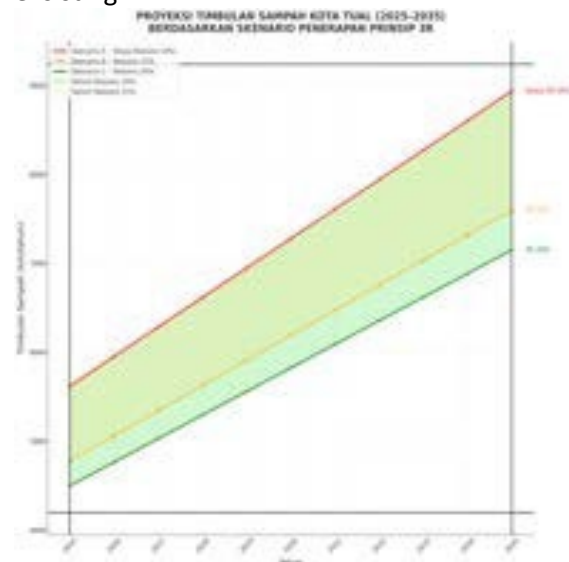
K = kapasitas efektif (tahun)

M = timbulan rata-rata (ton/tahun)

Hasil analisis menunjukkan:

- Sistem open dumping memiliki umur layanan ±4 tahun (hingga 2029).
- Sistem sanitary landfill dengan 3R (20%) memperpanjang umur layanan hingga ±11,5 tahun (sampai 2036).

Penerapan *sanitary landfill* dengan prinsip 3R terbukti mampu meningkatkan efisiensi lahan dan memperpanjang umur operasional TPA lebih dari dua kali lipat dibanding sistem eksisting.



**Gambar 5.** Proyeksi Timbulan Sampah Kota Tual (2025–2035) Berdasarkan Skenario Penerapan Prinsip 3R  
Sumber: Hasil Analisis 2025.

Grafik pada Gambar 5 menunjukkan tren peningkatan timbulan sampah Kota Tual selama periode perencanaan 2025–2035 berdasarkan tiga skenario penerapan prinsip Reduce, Reuse, Recycle (3R), yaitu:

- Skenario A (0%) – tanpa penerapan 3R (*open dumping*),
- Skenario B (15%) – penerapan 3R sebagian, dan
- Skenario C (20%) – penerapan 3R optimal (*sanitary landfill* dengan 3R).

Berdasarkan data pada Tabel 4, timbulan sampah pada tahun awal (2025) sebesar 5.618,66 ton terus meningkat setiap tahun seiring dengan pertumbuhan penduduk dan

aktivitas ekonomi. Pada akhir tahun 2035, total timbunan mencapai:

- 8.937,29 ton pada Skenario A (tanpa reduksi),
- 7.596,70 ton pada Skenario B (reduksi 15%), dan
- 7.149,83 ton pada Skenario C (reduksi 20%).

Garis merah pada grafik menggambarkan skenario tanpa reduksi (0%), garis kuning menunjukkan penerapan 3R sebagian (15%), sedangkan garis hijau menunjukkan penerapan 3R optimal (20%). Perbedaan antar garis semakin jelas pada tahun-tahun akhir perencanaan. Garis hijau memperlihatkan peningkatan timbunan yang lebih landai, dimulai dari 4.494,93 ton (tahun 2025) dan mencapai 7.149,83 ton (tahun 2035).

Selisih antara Skenario A dan Skenario C pada tahun 2035 sebesar 1.787,46 ton, menunjukkan bahwa penerapan 3R mampu menurunkan beban timbunan sampah secara signifikan. Dengan demikian, grafik ini menggambarkan secara visual bahwa implementasi prinsip 3R dapat menekan volume sampah yang masuk ke TPA sekaligus memperpanjang umur operasionalnya.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan pada Bab IV mengenai evaluasi sistem pengelolaan TPA Kota Tual yang saat ini masih menggunakan sistem *open dumping* serta perencanaan peningkatan kinerja menuju sistem *sanitary landfill* melalui penerapan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Volume Timbunan Sampah Eksisting dan Proyeksi 10 Tahun ke Depan Berdasarkan hasil perhitungan, timbunan sampah Kota Tual pada tahun dasar 2025 sebesar 15,39 ton/hari dan meningkat menjadi 24,49 ton/hari pada tahun 2035. Total akumulasi timbunan kumulatif tanpa reduksi selama periode perencanaan (2025–2035) mencapai 80.064,95 ton. Peningkatan ini dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk dari 133.766 jiwa pada tahun

2025 menjadi 212.678 jiwa pada tahun 2035, dengan laju pertumbuhan sekitar 4,7% per tahun. Kenaikan timbunan tersebut sejalan dengan peningkatan aktivitas ekonomi, konsumsi masyarakat, serta rendahnya tingkat pemilahan sampah di sumber.

2. Kapasitas dan Kebutuhan Lahan TPA Kota Tual TPA Ohoitel memiliki luas lahan keseluruhan sebesar 3 hektar dengan area efektif penimbunan yang dapat digunakan seluas 21.000 m<sup>2</sup> (setara 2,1 hektar). Berdasarkan densitas timbunan *open dumping* sebesar 346,50 kg/m<sup>3</sup> dan tinggi timbunan efektif 4 meter, kapasitas total TPA hanya mencapai 29.106 ton. Sementara itu, dengan penerapan sistem *sanitary landfill* dan densitas terkompak sebesar 800 kg/m<sup>3</sup>, kapasitas TPA meningkat hingga 67.200 ton. Dengan total timbunan kumulatif tanpa reduksi sebesar 80.064,95 ton, maka kapasitas TPA saat ini belum mencukupi jika masih menggunakan sistem *open dumping* dan berpotensi penuh dalam waktu kurang dari lima tahun apabila tidak dilakukan perbaikan sistem pengelolaan.
3. Efektivitas Penerapan Prinsip 3R dalam Sistem *Sanitary Landfill*. Penerapan prinsip 3R dengan tingkat reduksi sebesar 20% menurunkan total timbunan kumulatif dari 80.064,95 ton menjadi 64.051,96 ton, atau terjadi pengurangan sebesar 16.013 ton selama periode perencanaan 2025–2035. Dengan densitas timbunan 800 kg/m<sup>3</sup> dan tinggi lapisan efektif 4 meter, kebutuhan lahan untuk sistem *sanitary landfill* hanya sekitar 2,00 hektar, lebih kecil dibandingkan kebutuhan lahan tanpa reduksi yang mencapai sekitar 2,50 hektar. Perbedaan kebutuhan lahan sebesar 0,50 hektar menunjukkan peningkatan efisiensi penggunaan ruang sekitar 25%. Hal ini menegaskan bahwa penerapan prinsip 3R efektif dalam mengurangi beban timbunan yang masuk ke TPA sekaligus memperpanjang umur layanan fasilitas.
4. Prediksi Umur Rencana TPA Kota Tual. Be

rdasarkan hasil perhitungan, pada sistem *open dumping* tanpa penerapan 3R, rata-rata timbulan tahunan sebesar 7.278,63 ton/tahun dan kapasitas TPA sebesar 29.106 ton, menghasilkan umur layanan sekitar 4 tahun, sehingga kapasitas maksimum tercapai pada tahun 2029. Sementara itu, pada sistem *sanitary landfill* dengan penerapan 3R (20%), rata-rata timbulan tahunan sebesar 5.822,91 ton/tahun dan kapasitas TPA sebesar 67.200 ton, menghasilkan umur layanan sekitar 11,54 tahun atau dapat beroperasi efektif hingga tahun 2036. Dengan demikian, penerapan prinsip 3R dan sistem *sanitary landfill* dapat memperpanjang umur rencana TPA lebih dari dua kali lipat dibandingkan sistem *open dumping* eksisting, sekaligus mengoptimalkan penggunaan lahan dan mengurangi dampak lingkungan negatif.

## 5.2 Saran

1. Optimalisasi TPS 3R. Pemerintah Kota Tual perlu mempercepat pembangunan dan pengoperasian TPS 3R sesuai lokasi yang telah direkomendasikan agar reduksi timbulan di sumber berjalan efektif dan beban TPA dapat dikendalikan.
  2. Peningkatan fasilitas TPA. Perlu dilakukan peningkatan fasilitas penunjang seperti sistem drainase lindi, pengelolaan gas metana, dan area penimbunan sel tertutup sesuai pedoman *sanitary landfill*, agar kinerja TPA lebih ramah lingkungan dan aman bagi masyarakat sekitar.
  3. Penguatan kelembagaan dan pembiayaan. Pemerintah daerah bersama dinas terkait perlu menyiapkan kelembagaan pengelola TPA dan mekanisme pembiayaan berkelanjutan, termasuk dukungan dari dana lingkungan, CSR, atau kemitraan swasta.
  4. Edukasi dan partisipasi masyarakat. Program penyadaran masyarakat mengenai pemilahan dan pengurangan sampah di rumah tangga perlu diperkuat agar implementasi 3R benar-benar berjalan di tingkat sumber.
  5. Monitoring dan evaluasi berkala. Disarankan agar dilakukan pemantauan kinerja TPA dan TPS 3R setiap tahun, termasuk evaluasi volume timbulan dan kapasitas lahan, untuk menyesuaikan strategi pengelolaan dengan kondisi aktual di lapangan.
- Dengan pelaksanaan langkah-langkah tersebut, diharapkan TPA Kota Tual dapat beroperasi secara berkelanjutan, efisien, dan ramah lingkungan, serta menjadi contoh pengelolaan persampahan yang terintegrasi di wilayah kepulauan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astono, Widy, Pramati Purwaningrum, and Rima Wahyudyanti. 2016. "PERENCANAAN TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR SAMPAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE SANITARY LANDFILL STUDI KASUS : ZONA 4 TPA JATIWARINGIN, KABUPATEN TANGERANG." *INDONESIAN JOURNAL OF URBAN AND ENVIRONMENTAL*
- [2] Damanhuri, E., & Padmi, T. (2010). *Pengelolaan Sampah*. Bandung: Penerbit ITB.
- [3] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2017). *Pedoman Implementasi Program 3R di Indonesia*. Jakarta: KLHK.
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (KemenPUPR). (2013). *Pedoman Teknis Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan di Kawasan Perkotaan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- [5] Standar Nasional Indonesia (SNI) 3242:2008. (2008). *Pengelolaan sampah di permukiman*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- [6] Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. New York: McGraw-Hill.
- [7] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.