



Perencanaan *Sanitary Landfill* Pada Tempat Pemrosesan Akhir Di Aertembaga Kota Bitung

Grisella Palit^{#a}, Isri R. Mangangka^{#b}, Hendra Riogilang^{#c}

[#]Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^asellapalit08@gmail.com, ^bisri.mangangka@unsrat.ac.id, ^criogilanghendra@gmail.com

Abstrak

Pengelolaan sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Aertembaga Kota Bitung saat ini masih menghadapi kendala penumpukan akibat metode pembuangan yang belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sistem *sanitary landfill* yang berwawasan lingkungan untuk masa layanan 10 tahun (2025-2034). Metode penelitian mencakup survei lapangan, analisis proyeksi penduduk menggunakan metode aritmatika, serta perhitungan timbulan sampah berdasarkan standar SNI 3964:2025. Hasil analisis menunjukkan proyeksi penduduk pada tahun 2034 sebesar 193.256 jiwa dengan volume sampah harian mencapai 483,14 m³/hari. Total volume *landfill* yang dibutuhkan selama 10 tahun adalah 743.140 m³ dengan kebutuhan luas lahan penimbun efektif sebesar 3,72 hektar. Perencanaan teknis ini meliputi desain lapisan kedap (*liner system*), jaringan drainase lindi, dan sistem ventilasi gas metana untuk meminimalkan risiko pencemaran lingkungan.

Kata kunci: TPA Aertembaga, *sanitary landfill*, pengelolaan sampah, perencanaan teknis

1. Pendahuluan

Sampah merupakan permasalahan lingkungan global yang berkaitan erat dengan aktivitas manusia. Pengolahan sampah yang buruk berdampak negatif pada kesehatan masyarakat serta mencemari air, tanah, dan udara. Di Indonesia, Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) memegang peranan vital dalam manajemen sampah berkelanjutan, namun metode *open dumping* yang masih banyak digunakan berisiko menimbulkan bau gas beracun dan potensi ledakan gas metana. Berdasarkan UU No. 18 Tahun 2008, setiap daerah diwajibkan menyelenggarakan TPA dengan sistem sanitasi yang memadai.

Kota Bitung saat ini menghadapi tantangan keterlambatan pengangkutan dan penumpukan sampah di area publik. TPA Aertembaga sebagai pusat pemrosesan akhir memerlukan peningkatan sistem dari metode lama menjadi *sanitary landfill* yang lebih ramah lingkungan. *Sanitary landfill* meminimalkan dampak negatif dengan cara memadatkan sampah dan menutupnya dengan lapisan tanah secara harian. Penelitian ini difokuskan pada perencanaan dimensi teknis, sistem pengumpul lindi, dan pengendalian gas metana di TPA Aertembaga untuk jangka waktu 10 tahun ke depan. Manfaat dari perencanaan ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan bagi instansi terkait dalam memperbaiki infrastruktur sanitasi di Kota Bitung.

Penelitian ini merumuskan masalah Bagaimana perencanaan TPA *Sanitary Landfill* yang berwawasan lingkungan di TPA Aertembaga Kota Bitung

Batasan permasalahan penelitian ini hanya Melakukan perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir dengan metode *sanitary landfill* yang bisa digunakan dengan masa waktu yaitu 10 tahun serta perencanaan *sanitary landfill* termasuk pengelolaan air lindi dan gas metana, pelapis dasar penutup dibatasi khusus yang menjadi bagian kesatuan dari TPA.

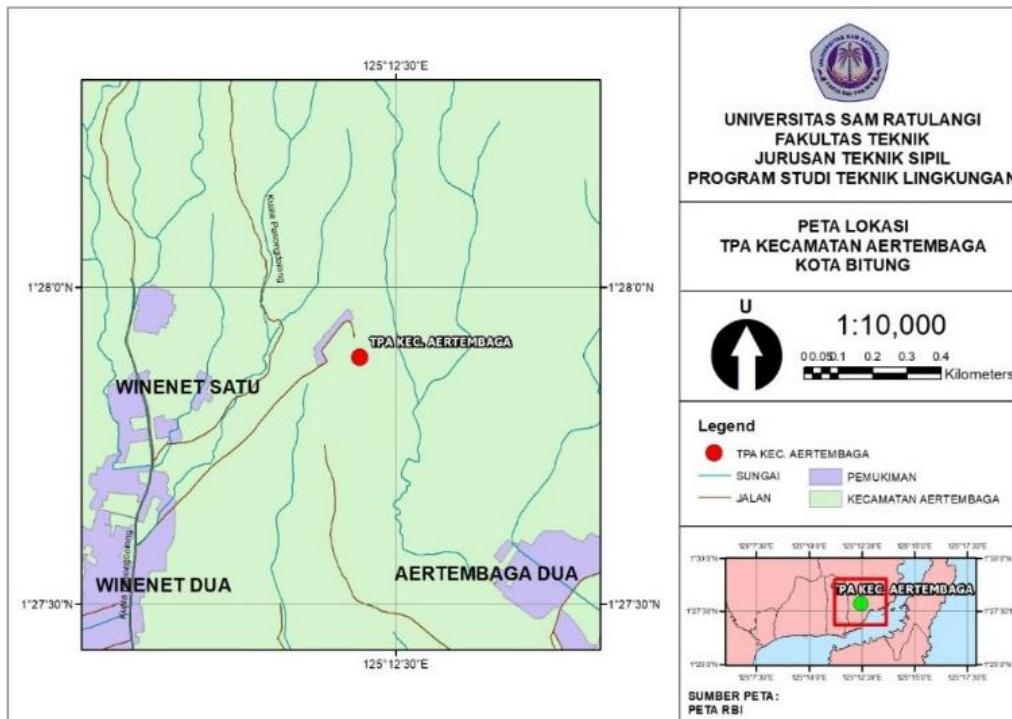
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memproyeksikan TPA di Aertembaga Kota Bitung dengan menggunakan metode *sanitary landfill* di proyeksikan untuk 10 tahun untuk mendapatkan

jumlah timbulan sampah, total masa sampah, total volume landfill untuk lahan yang tersisa sekarang, dan merencanakan dimensi teknik TPA *sanitary landfill*.

2. Metode

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Aertembaga, Kecamatan Aertembaga, Kota Bitung. Kota Bitung sendiri memiliki luas wilayah 313,51 dengan jumlah penduduk sebanyak 216.026 jiwa (BPS Kota Bitung, 2025), lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan secara bertahap untuk memastikan perencanaan teknis tepat sasaran. Tahapan dimulai dengan studi literatur mengenai sistem *sanitary landfill* dan dilanjutkan dengan pengumpulan data. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait, dapat dilihat pada Gambar 2.

2.3 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan berdasarkan kaidah teknis persampahan dengan rincian sebagai berikut:

1. Analisis Proyeksi Penduduk: Dilakukan untuk memperkirakan beban sampah 10 tahun ke depan (2025-2034) menggunakan metode Aritmatika dengan rumus :

$$P_n = P_0 + (r \times n)$$

Dimana P_n adalah jumlah penduduk tahun ke-n, P_0 jumlah penduduk tahun dasar, r angka pertumbuhan penduduk, dan n jangka waktu proyeksi.

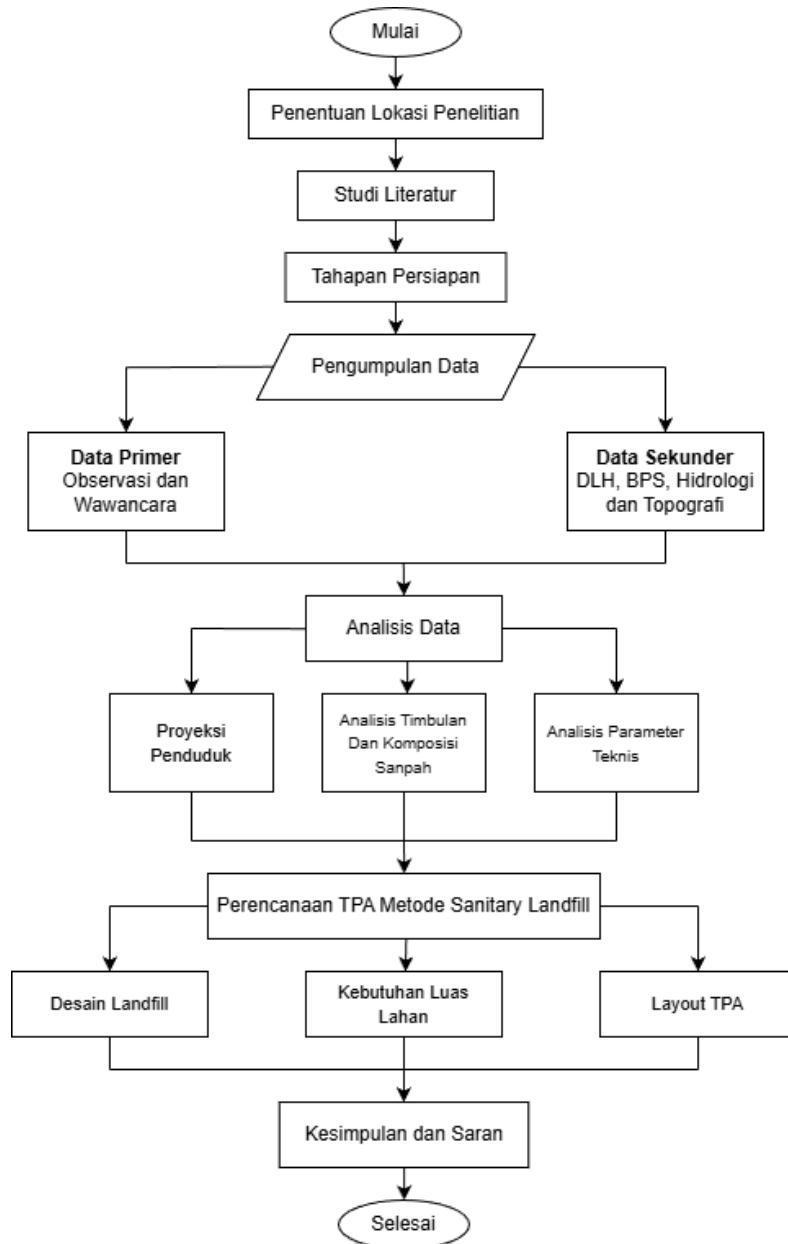
2. Analisis Timbulan Sampah: Penentuan volume (V) dan berat (W) timbulan sampah harian mengacu pada SNI 3964:2025 dengan rumus:

$$V = \frac{V_s}{n} \text{ dan } W = \frac{W_s}{n}$$

Dimana V_s dan W_s adalah total volume dan berat sampah hasil pengukuran, serta n adalah jumlah sampel.

3. Parameter Teknis Operasional: Untuk menentukan efisiensi ruang sel penimbunan, densitas sampah (ρ) dihitung menggunakan rumus:

$$\rho = \frac{W_s}{V_s}$$



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.4 Perencanaan Teknis Sanitary Landfill

Tahap akhir metode adalah perencanaan dimensi dan fasilitas pendukung *sanitary landfill* yang meliputi:

1. Penentuan Kapasitas Tampung

Menghitung total volume *landfill* (V_{total}) yang dibutuhkan berdasarkan total massa sampah kumulatif (M) dibagi densitas sampah terpadatkan (ρ) serta memperhitungkan faktor tanah penutup (R_{tanah}) sebesar 20%:

$$V_{total} = \frac{M}{\rho} \times (1 + R_{tanah})$$

2. Kebutuhan Luas Lahan

Menentukan luas area penimbunan efektif ($A_{efektif}$) dengan membagi volume total dengan

rencana ketinggian operasional sel sampah ($H_{efektif}$):

$$A_{efektif} = \frac{V_{total}}{H_{efektif}}$$

3. Perencanaan Sistem Pelapis Dasar (*Liner System*)

Perencanaan teknis menggunakan kombinasi lapisan tanah lempung padat (setebal 60 cm) dan geomembran HDPE (setebal 1,5 mm) sebagai penghalang kedap air.

4. Perencanaan Pengelolaan Lindi (*Leachate*)

Merencanakan jaringan pipa PVC perforasi dengan kemiringan minimal 2% untuk mengalirkan lindi ke kolam pengumpul secara gravitasi.

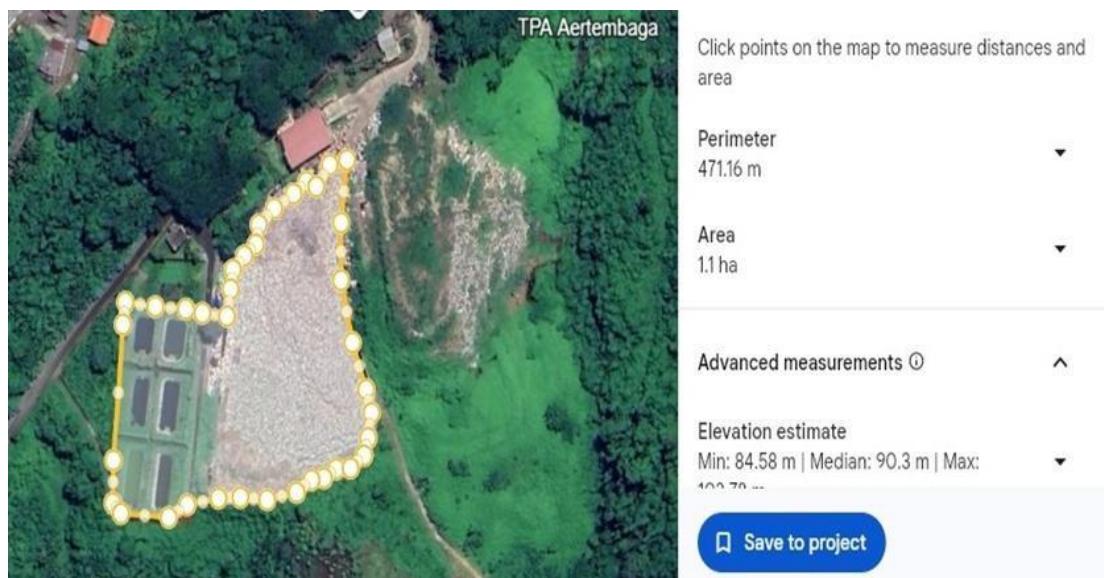
5. Perencanaan Sistem Ventilasi Gas

Merencanakan sistem pipa vertikal berdiameter 15 cm untuk melepaskan gas metana secara terkendali.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Eksisting TPA Aertembaga

Saat ini, TPA Aertembaga memiliki area *sanitary landfill* seluas 1,1 hektar sebagaimana terlihat pada Gambar 3. Meskipun telah menggunakan metode *sanitary landfill*, pengoperasiannya dinilai kurang efektif karena kondisi TPA yang telah mengalami kelebihan kapasitas (*overload*) dan fasilitas alat berat yang tidak berfungsi optimal. Selain itu, Kota Bitung masih menghadapi tantangan berupa penumpukan sampah di jalan protokol akibat kendala anggaran operasional pada Dinas Lingkungan Hidup.



Gambar 3. Luas *Sanitary Landfill* di TPA Aertembaga

3.2 Analisis Timbulan dan Volume Sampah

Berdasarkan hasil proyeksi penduduk metode aritmatika, jumlah penduduk Kota Bitung pada tahun 2034 diperkirakan sebanyak 193.256 jiwa. Dengan standar timbulan sampah rumah tangga sebesar 2,5 liter/orang/hari, volume sampah harian pada tahun 2025 diprediksi mencapai 534,37 m³ hari dengan berat 106,9 ton/hari. Data timbulan sampah secara berkala selama 10 tahun perencanaan dapat dilihat pada Tabel 1.

3.2.1 Kapasitas Tampung dan Dimensi Sel

Berdasarkan rata-rata timbulan harian, total massa sampah kumulatif selama periode proyeksi 10 tahun (2025-2034) dihitung sebesar 371.570 ton. Dengan asumsi densitas sampah setelah pemanfaatan sebesar 0,6 ton/ m³, maka volume sampah terpadatkan (V_s) adalah 619.283

m^3 . Nilai densitas sampah kompaksi sebesar 600 kg/m^3 atau $0,6 \text{ ton/m}^3$ dipilih sesuai standar teknis operasional untuk memaksimalkan efisiensi pemanfaatan lahan penimbunan melalui penggunaan alat berat secara optimal. Dengan menyertakan faktor tanah penutup (*cover soil*) sebesar 20%, total volume *landfill* (V_{total}) yang dibutuhkan adalah 743.140 m^3 .

Tabel 1. Proyeksi Timbulan Sampah dan Volume Sampah

Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	Timbulan per kapita (liter/orang/hari)	Volume sampah (m^3/hari)	Densitas (kg/m^3)	Berat sampah (kg/hari)	Timbulan (ton/hari)
2025	213.749	2,5	534,37	200	106.874	106,9
2026	211.472	2,5	528,68	200	105.736	105,8
2027	209.195	2,5	522,98	200	104.596	104,6
2028	206.918	2,5	517,29	200	103.458	103,5
2029	204.641	2,5	511,60	200	102.320	102,4
2030	202.364	2,5	505,91	200	101.182	101,2
2031	200.087	2,5	500,21	200	100.042	100,1
2032	197.810	2,5	494,52	200	98.904	98,9
2033	195.533	2,5	488,83	200	97.766	97,8
2034	193.256	2,5	483,14	200	96.626	96,7

3.2.2 Kebutuhan Luas Lahan Penimbunan

Kebutuhan luas daerah penimbunan efektif ($A_{efektif}$) dengan ketinggian operasional 20 meter, yang terbagi dalam 4 lift masing-masing setinggi 5 meter, adalah sebesar 3,72 hektar. Mengingat luas area sanitary landfill eksisting yang tersisa saat ini hanya sebesar 1,1 hektar, maka diperlukan strategi pengoptimalan lahan atau pengembangan area baru guna mencapai target layanan 10 tahun. Mengingat adanya selisih luas lahan sebesar 2,62 hektar antara kebutuhan desain (3,72 ha) dan ketersediaan lahan eksisting (1,1 ha), strategi utama yang direkomendasikan adalah peningkatan reduksi sampah di hulu. Optimalisasi fasilitas TPS 3R dan rumah kompos sangat krusial untuk meminimalkan volume sampah yang masuk ke *landfill* sehingga umur teknis TPA dapat mencapai 10 tahun.

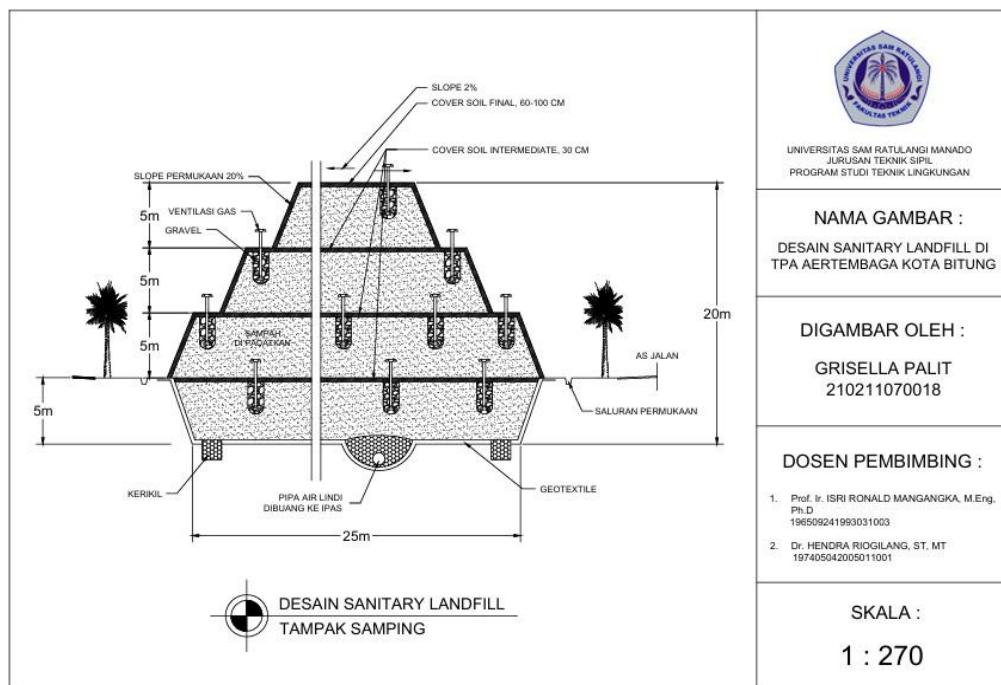
3.3 Perencanaan Fasilitas Teknik dan Infrastruktur

Perencanaan teknis *sanitary landfill* TPA Aertembaga difokuskan pada penyediaan sistem isolasi sampah yang ketat untuk mencegah pencemaran lingkungan, desain sanitary landfill dapat dilihat pada Gambar 4.

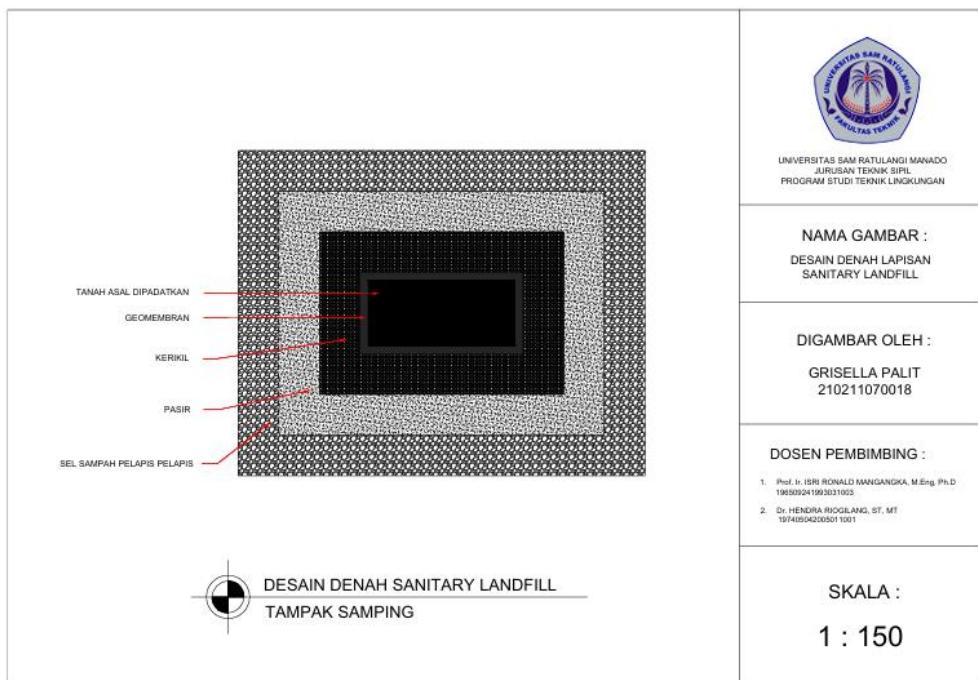
Fasilitas utama yang direncanakan meliputi:

- **Sistem Pelapis Dasar (*Liner System*):** Dirancang menggunakan kombinasi lapisan tanah lempung padat setebal 60 cm dengan permeabilitas rendah dan lapisan geomembran HDPE setebal 1,5 mm. Sistem ini berfungsi sebagai penghalang kedap air untuk melindungi kualitas air tanah dari rembesan lindi, dapat dilihat pada Gambar 5.
- **Pengelolaan Lindi:** Menggunakan jaringan pipa PVC perforasi berdiameter 150 mm yang dipasang di dasar sel dengan kemiringan minimal 2%. Hal ini menjamin aliran lindi secara gravitasi menuju kolam pengumpul untuk diolah lebih lanjut sebelum dibuang ke lingkungan.
- **Sistem Ventilasi Gas:** Pengendalian gas metana (CH_4) dilakukan melalui pemasangan pipa ventilasi vertikal berdiameter 15 cm dengan jarak antar pipa sejauh 24 meter. Sistem ini bertujuan melepaskan gas secara terkendali guna meminimalkan risiko ledakan dan polusi udara.

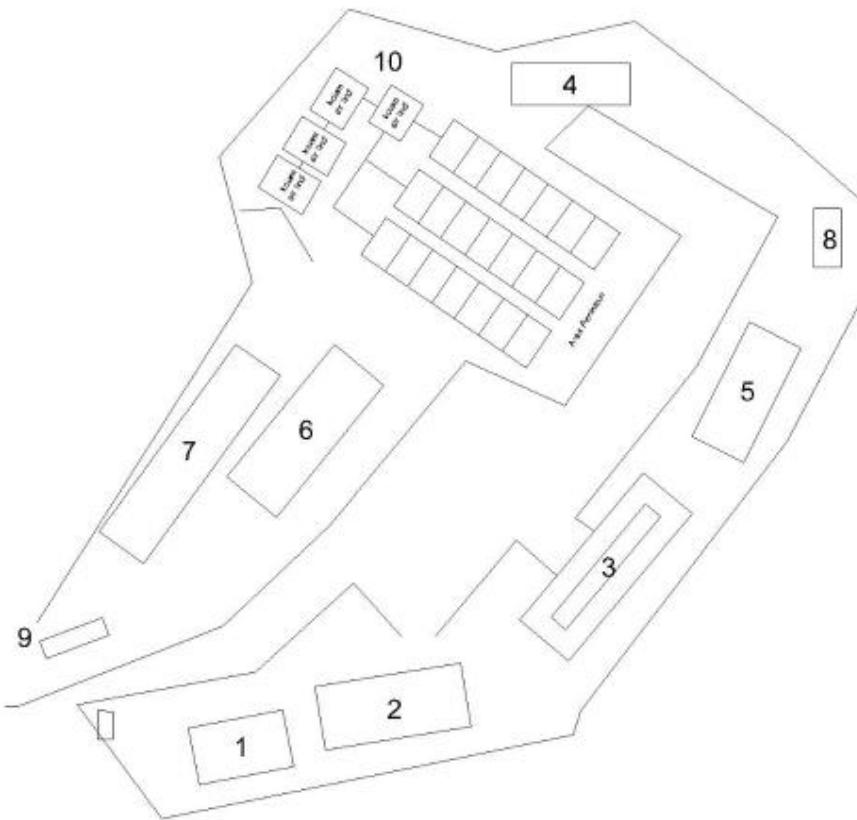
- **Sistem Penutup:** Mencakup tanah penutup harian, penutup antara (*intermediate*) setebal 30 cm, dan penutup akhir (*final cover*) setebal 60-100 cm. Lapisan penutup akhir dirancang dengan kemiringan permukaan (*slope*) sebesar 2% untuk mengalirkan air hujan secara efektif ke saluran drainase sekeliling agar tidak terjadi infiltrasi ke dalam timbunan sampah.
- **Tata Letak (Layout) TPA:** Fasilitas pendukung yang direncanakan meliputi jembatan timbang, kantor operasional, TPS 3R, rumah kompos, dan area pencucian *dump truck*. Keberadaan TPS 3R dan rumah kompos menjadi bagian krusial dalam strategi reduksi sampah untuk mengatasi keterbatasan lahan eksisting, disajikan secara keseluruhan pada Gambar 6.



Gambar 4. Desain Sanitary Landfill



Gambar 5. Desain Denah Lapisan Sanitary Landfill



Gambar 6. Layout TPA Aertembaga

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Proyeksi penduduk Kota Bitung pada tahun 2034 mencapai 193.256 jiwa dengan total akumulasi sampah selama 10 tahun masa layanan sebesar 371.570 ton.
2. Kebutuhan total volume *landfill* adalah 743.140 m³ dengan kebutuhan luas lahan penimbun efektif sebesar 3,72 hektar.
3. Terdapat selisih kebutuhan lahan sebesar 2,62 hektar dari lahan eksisting, sehingga optimalisasi fasilitas TPS 3R dan rumah kompos menjadi strategi mandatori untuk menjamin keberlangsungan TPA.
4. Desain teknis telah memenuhi standar operasional melalui sistem pelapis dasar, drainase lindi, dan ventilasi gas metana guna meminimalkan risiko pencemaran lingkungan.

Referensi

- Aflan, E. A. (2023). Perencanaan tempat pemrosesan akhir regional di Kecamatan Mojo Kabupaten Kediri menggunakan metode sanitary landfill.
- Arinda, E., Sitogasa, P. S. A., Fadilah, K., & Lukita, C. W. (2023). Perencanaan pembangunan tempat pemrosesan akhir sampah Juata Kerikil dengan sistem sanitary landfill di Kota Tarakan, Kalimantan Utara.
- Astono, W., Purwaningrum, P., & Wahyudyanti, R. (2015). Perencanaan tempat pembuangan akhir sampah dengan menggunakan metode sanitary landfill (Studi kasus: Zona 4 TPA Jatiwaringin, Kabupaten Tangerang).
- Axmalia, A., & Mulasari, S. A. (2020). Dampak tempat pembuangan akhir sampah (TPA) terhadap gangguan kesehatan masyarakat.
- Damanhuri, E. (2006). Lesson learning from landslide of Leuwigajah landfill towards a better solid waste management in Indonesia.

- Damanhuri, E., & Padmi, T. (2010). Diktat kuliah TL-3104: Pengelolaan sampah.
- Diamanis, P. B., Mangangka, I. R., & Supit, C. J. (2022). Perencanaan TPA sanitary landfill di Kecamatan Esang Kabupaten Kepulauan Talaud Sulawesi Utara.
- Kristi, Y. W. (2014). Perencanaan pengembangan TPA Kota Probolinggo dengan sistem sanitary landfill.
- Maulana, R. (2018). Perencanaan tempat pemrosesan akhir (TPA) Kabupaten Pasuruan dengan metode lahan urug saniter.
- Massie, C. G. E., Mangangka, I. R., & Takaendengan, T. (2025). Planning an effective waste management system in a developing urban area: A case study of Kotobongan, Indonesia.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2013. (2013). Penyelenggaraan prasarana dan sarana persampahan dalam penanganan sampah rumah tangga.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2006. (2006). Kebijakan dan strategi nasional pengembangan sistem pengelolaan persampahan.
- Rahmawati, Y., Setyono, P., & Wiryanto. (2017). Evaluasi dan kajian penanganan sampah dalam mengurangi beban tempat pemrosesan akhir sampah di TPA Milangasri Kabupaten Magetan.
- Rumeen, C. I. (2025). Desain TPA sanitary landfill di Kecamatan Amurang Raya Kabupaten Minahasa Selatan Sulawesi Utara.
- Samin, Sunarto, & Rijalurrahman, M. (2017). Perencanaan tempat pemrosesan akhir sampah dengan menggunakan metode sanitary landfill (Studi kasus: TPA Randuagung Kabupaten Malang).
- Sigala, T. E., Riogilang, H., & Riogilang, H. (2025). Evaluasi sistem pengangkutan sampah di Kecamatan Tumiting Kota Manado.
- SNI 3964:2025. (2025). Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah.
- SNI 19-2454-2002. (2002). Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan
- Sofyan Arief. (2013). Pengelolaan sampah Malang Raya menuju pengelolaan sampah terpadu yang berbasis partisipasi masyarakat.
- Sudiatmika, I. D. P. A., Cahyawan, A. A. K. A., & Buana, P. W. (2014). Aplikasi game edukasi Trash Grabber untuk mengenal jenis-jenis sampah pada smartphone berbasis Android.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues. McGraw-Hill.
- Tingkue, N. N., Hendra, R., & Legrans, R. I. (2025). Evaluasi sistem pengangkutan dan pewadahan sampah di Kecamatan Sario Kota Manado.
- Trio, S., Nurpeni, Astuti, W., Harsini, Nasution, S. R., Eka, & Zuhdi, S. (2022). Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah di bank sampah.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008. (2008). Pengelolaan sampah.