

## PERANCANGAN FASILITAS WASTE TO ENERGY DAN REKREASI EDUKATIF DI PIYUNGAN DENGAN PENDEKATAN ARSITEKTUR HIJAU

**Hasna Ghina Shaliha, Purwanto Setyo Nugroho**

Prodi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta  
hasnaghina08@student.uns.ac.id

### **Abstrak**

*Indonesia, termasuk Yogyakarta, tengah menghadapi krisis sampah yang semakin memburuk akibat peningkatan volume sampah yang tidak diimbangi dengan pengelolaan yang memadai. Kondisi ini menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan seperti pencemaran air, tanah, dan udara. TPA Piyungan di Yogyakarta, yang sudah melebihi kapasitasnya, menjadi salah satu titik kritis yang membutuhkan solusi segera. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem WtE di TPA Piyungan dengan fokus pada teknologi insinerator. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif untuk menganalisis komposisi sampah, potensi energi yang dapat dihasilkan, serta dampak lingkungan yang ditimbulkan.*

*Desain waste to energy plant atau TPA pembangkit energi ini tidak hanya mampu mengubah sampah menjadi energi listrik secara efisien, tetapi juga menciptakan fasilitas yang berfungsi sebagai wisata edukasi mengenai pengelolaan sampah. Selain itu, bangunan WtE ini dirancang dengan ruang terbuka pada bagian atas untuk mewadahi berbagai kegiatan outdoor, memberikan nilai tambah sebagai ruang publik yang edukatif dan ramah lingkungan. Desain ini diharapkan menjadi solusi holistik untuk pengelolaan sampah sekaligus mendukung kesadaran masyarakat terhadap isu lingkungan.*

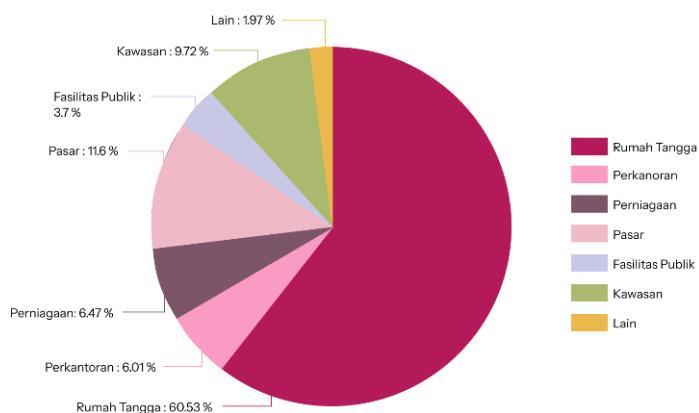
**Kata kunci:** Landfill, Waste to Energy, Sampah, Incinerator.

### **1. PENDAHULUAN**

Pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat tidak hanya berdampak pada kepadatan wilayah, tetapi juga pada meningkatnya kebutuhan konsumsi masyarakat. Peningkatan konsumsi ini, baik dari segi makanan, barang kebutuhan sehari-hari, maupun produk-produk industri, menghasilkan volume sampah yang luar biasa besar. Sampah yang dihasilkan berasal dari berbagai sumber, termasuk rumah tangga, pasar, sektor industri, hingga aktivitas komersial, sehingga memerlukan strategi pengelolaan yang terintegrasi dan berkelanjutan untuk mencegah dampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Berdasarkan data pada SIPSN, Indonesia menghasilkan lebih dari 65 juta ton sampah setiap tahunnya, menjadikannya salah satu negara dengan jumlah produksi sampah tertinggi di dunia. Angka ini menunjukkan urgensi untuk mengembangkan sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif dan berkelanjutan, serta meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya mengurangi, menggunakan kembali, dan mendaur ulang sampah. Namun, sistem pengelolaan sampah di Indonesia masih belum optimal, sehingga menyebabkan penumpukan sampah di berbagai Tempat Pembuangan Akhir (TPA), mencemari lingkungan, dan memicu berbagai risiko kesehatan bagi masyarakat.

Di wilayah seperti Yogyakarta, sebagian besar sampah ini berasal dari rumah tangga, pasar, dan aktivitas industri. Belakangan ini Yogyakarta menjadi sorotan dikarenakan krisis sampah yang dialami oleh daerah ini. Sampah dari berbagai sumber memenuhi semua TPA timbun bahkan hingga memenuhi beberapa titik di pinggir jalan.



**Gambar 1**

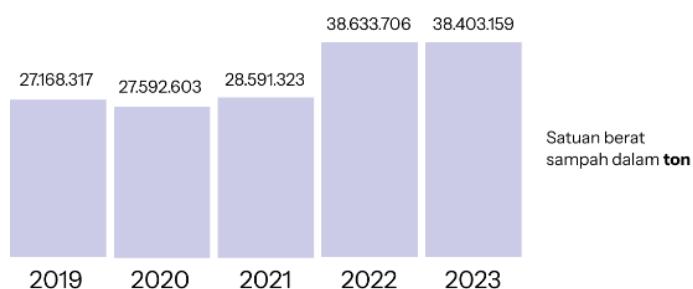
**Sumber Timbulan Sampah di Yogyakarta**

Sumber: SIPSN (*Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*)

Pengelolaan sampah menjadi salah satu tantangan kritis di sektor lingkungan hidup Indonesia. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mencatat bahwa hingga 24 Juli 2024, dari hasil input data di 290 kabupaten/kota, timbunan sampah nasional mencapai 31,9 juta ton. Dari jumlah tersebut, sebanyak 63,3% atau sekitar 20,5 juta ton berhasil dikelola melalui berbagai metode, seperti daur ulang, pengomposan, dan pengolahan di TPA. Namun, masih terdapat 35,67% atau 11,3 juta ton sampah yang tidak terkelola, yang sering kali berakhir di sungai, laut, atau bahkan mencemari lingkungan di sekitar permukiman.

**TIMBULAN SAMPAH DI INDONESIA BERDASARKAN SIPSN**

Data di bawah menunjukkan bahwa timbunan sampah di Indonesia semakin meningkat.



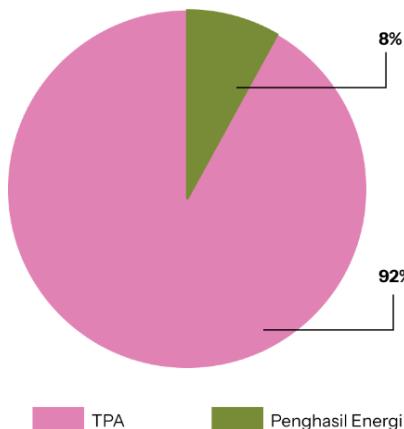
**Gambar 2**

**Data Timbulan Sampah di Indonesia**

Sumber: SIPSN (*Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*)

Minimnya infrastruktur pengelolaan sampah, seperti jumlah TPA yang memadai, menjadi salah satu faktor utama yang memperburuk situasi ini. Berdasarkan data KLHK, jumlah TPA yang memenuhi standar pengelolaan berkelanjutan masih sangat terbatas. Sebagian besar TPA yang ada menggunakan metode open dumping, yang tidak hanya memperburuk pencemaran lingkungan tetapi juga menciptakan emisi gas rumah kaca seperti metana yang memperparah perubahan iklim.

Di sisi lain, partisipasi masyarakat dalam memilah sampah di tingkat rumah tangga juga masih rendah, sehingga memperumit proses pengolahan sampah di tingkat lebih lanjut.



**Gambar 3**  
**Diagram Jumlah TPA Penghasil Energi**

Sumber: SIPSN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional)



**Gambar 4**  
**Peta Persebaran TPA Penghasil Energi**

Sumber: SIPSN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional) (diolah)

Dampak dari pengelolaan sampah yang buruk tidak dapat diabaikan. Pencemaran air, tanah, dan udara yang disebabkan oleh limbah domestik dan industri telah memberikan tekanan besar pada ekosistem. Selain itu, masalah kesehatan masyarakat, seperti meningkatnya risiko penyakit menular akibat lingkungan yang tercemar, menjadi ancaman serius, terutama bagi masyarakat yang tinggal di sekitar TPA atau wilayah dengan sistem pengelolaan sampah yang buruk.

Salah satu kota yang mengalami masalah serius mengenai sampah yaitu Yogyakarta. Yogyakarta saat ini tengah menghadapi ancaman serius berupa krisis sampah. Dalam beberapa tahun terakhir, volume sampah di kota ini mengalami peningkatan yang signifikan, mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan. Pencemaran air, tanah, dan udara menjadi dampak nyata dari akumulasi sampah yang tidak terkelola dengan baik.

Masalah ini semakin rumit dengan keterbatasan kapasitas Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan rendahnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Berdasarkan data yang ada, jumlah timbulan sampah masih sangat tinggi, namun belum diimbangi dengan langkah-langkah pengurangan dan pengelolaan yang efektif.

Isu krisis sampah di Yogyakarta terus menjadi sorotan publik sejak tahun lalu hingga saat ini, dengan berbagai pemberitaan yang mengungkap dampak negatifnya terhadap kenyamanan masyarakat setempat dan para wisatawan yang berkunjung. Masalah ini tidak hanya menciptakan gangguan estetika dan lingkungan, tetapi juga memengaruhi citra kota sebagai destinasi wisata. Salah satu penyebab utama yang diyakini berkontribusi terhadap situasi ini adalah kurangnya edukasi yang memadai mengenai pentingnya pengelolaan sampah secara berkelanjutan. Selain itu, kapasitas TPA yang telah melampaui batas kemampuan pengelolaannya semakin memperburuk kondisi, menjadikan pengelolaan sampah di Yogyakarta tantangan yang mendesak untuk diatasi.

Oleh karena itu, diperlukan serangkaian langkah strategis yang terintegrasi untuk mengatasi permasalahan sampah yang semakin kompleks. Langkah-langkah tersebut mencakup peningkatan infrastruktur pengelolaan sampah, seperti fasilitas pemilahan, pengangkutan, dan pengolahan yang lebih modern dan efisien. Selain itu, penguatan regulasi terkait pengelolaan sampah perlu dilakukan, termasuk memastikan implementasi dan penegakan hukum yang konsisten untuk mendorong kepatuhan semua pihak. Tak kalah penting, edukasi kepada masyarakat harus ditingkatkan guna menumbuhkan kesadaran kolektif mengenai pentingnya pengelolaan sampah yang bertanggung jawab dan berkelanjutan. Artikel ini akan mengupas secara mendalam berbagai tantangan yang dihadapi, peluang yang dapat dimanfaatkan, serta solusi-solusi praktis dan inovatif yang berpotensi mendukung pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan di Indonesia.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif yang terdiri dari empat tahapan utama: identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis data, dan perumusan konsep.

Tahap pertama adalah identifikasi masalah, yang bertujuan untuk mengenali permasalahan dan potensi yang ada. Kota Yogyakarta tengah menghadapi krisis pengelolaan sampah akibat minimnya fasilitas di TPA serta penutupan TPA Piyungan. Meskipun pemerintah telah menawarkan berbagai solusi, efektivitas langkah-langkah tersebut masih dipertanyakan dalam menyelesaikan persoalan sampah di wilayah ini.

Tahap kedua adalah pengumpulan data, yang mencakup data primer dan sekunder. Data primer meliputi informasi mengenai timbulan sampah, lokasi (site), serta perhitungan pengurangan sampah dengan metode incinerator. Data ini digunakan sebagai dasar untuk merancang perencanaan *Waste to Energy Landfill* di TPA Piyungan. Sedangkan data sekunder diperoleh dari studi literatur dan studi preseden. Studi literatur bertujuan untuk memahami teori dan prinsip yang berkaitan dengan pendekatan arsitektur hijau, tujuan pembangunan berkelanjutan (*SDGs*), serta pariwisata edukasi yang mendukung fungsi TPA.

Tahap ketiga dalam proses ini adalah analisis data, yang berfokus pada pengolahan informasi yang telah dikumpulkan melalui pendekatan analisis desain sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Proses ini mencakup berbagai aspek penting, seperti evaluasi terhadap kondisi tapak, kebutuhan pengguna, pola alur aktivitas, kebutuhan ruang, hubungan antar ruang, serta aspek bentuk, tampilan, struktur, dan sistem utilitas. Setiap elemen dianalisis secara menyeluruh untuk memastikan bahwa desain yang dihasilkan tidak hanya memenuhi kebutuhan fungsional tetapi juga sejalan dengan prinsip arsitektur hijau. Pendekatan ini bertujuan untuk menciptakan rancangan yang efisien, berkelanjutan, dan selaras dengan lingkungan.

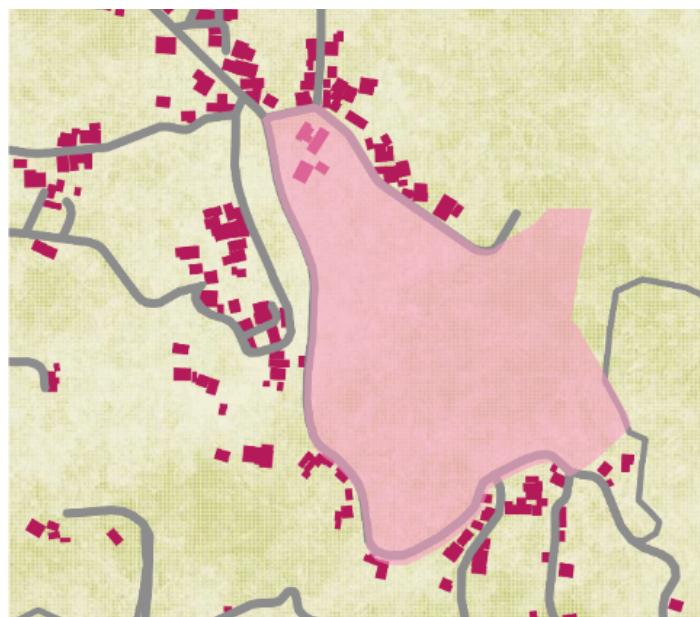
Tahap akhir dalam proses ini adalah perumusan konsep, yang merupakan sintesis dari semua langkah sebelumnya, dimulai dari identifikasi masalah hingga analisis data secara mendalam. Pada

tahap ini, konsep desain dirancang sebagai respons terhadap berbagai permasalahan dan kebutuhan yang telah teridentifikasi sebelumnya. Konsep yang dirumuskan berfungsi sebagai solusi yang terintegrasi, berbasis pada hasil analisis yang komprehensif, untuk memastikan desain yang dihasilkan mampu menjawab tantangan dan memenuhi kebutuhan secara efektif dan menyeluruh.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Terletak di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, TPA Piyungan merupakan salah satu lokasi yang memiliki potensi besar untuk pengembangan teknologi *Waste to Energy* (WtE) dengan insinerator. Sebagai fasilitas utama yang melayani kebutuhan pengelolaan sampah dari wilayah DIY dan sebagian Jawa Tengah, TPA ini kini menghadapi tantangan serius akibat kelebihan kapasitas (overload). Sampah yang masuk ke TPA ini didominasi oleh sampah domestik, dengan sebagian besar berupa sampah organik dan residu. Namun, sistem pengelolaan yang digunakan saat ini masih terbatas pada metode *open dumping* atau *controlled landfill*, yang memiliki banyak kelemahan. Akibatnya, berbagai dampak negatif terhadap lingkungan mulai dirasakan, termasuk emisi gas metana yang berkontribusi terhadap perubahan iklim, bau yang mengganggu kenyamanan masyarakat sekitar, serta pencemaran air tanah yang dapat membahayakan kesehatan dan ekosistem.

#### **Data Site**

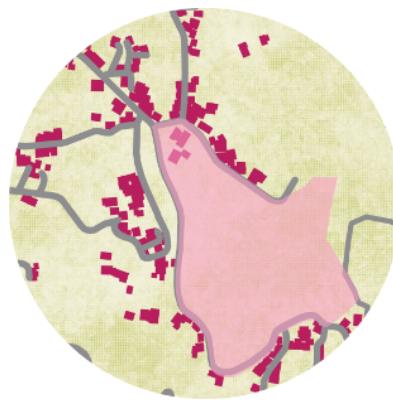


**Gambar 5**  
**Site Objek Rancang Bangun**  
Sumber: *Google Maps (diolah)*

Lokasi TPA Piyungan terletak 13,5 Km atau 26 menit dari Kota Yogyakarta, tepatnya di Dusun Ngablak dan Watugender, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. Luas area ini kurang lebih sekitar 1 hektare.

## Analisis Site

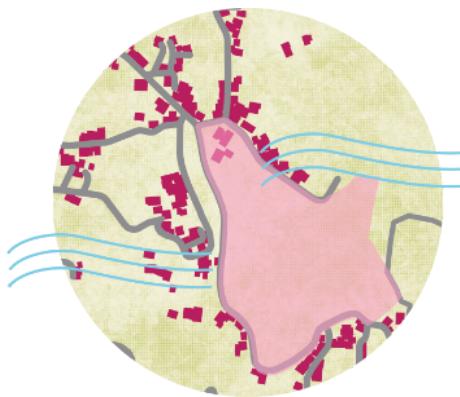
### 1. Analisis Pemukiman



**Gambar 6**  
Analisis Pemukiman TPA Piyungan

TPA Piyungan berlokasi cukup jauh dari kawasan permukiman penduduk pada umumnya. Namun, aktivitas ekonomi seperti pemulung yang mencari nafkah di sekitar TPA telah mendorong sebagian dari mereka untuk mendirikan tempat tinggal atau tempat berlindung di area sekitar TPA. Hal ini mengakibatkan munculnya beberapa titik permukiman baru, terutama di area dekat pintu masuk atau akses utama menuju TPA Piyungan. Keberadaan permukiman ini menciptakan dinamika sosial-ekonomi yang khas, namun juga berpotensi menimbulkan tantangan terkait kebersihan, kesehatan, dan kualitas lingkungan di sekitar lokasi.

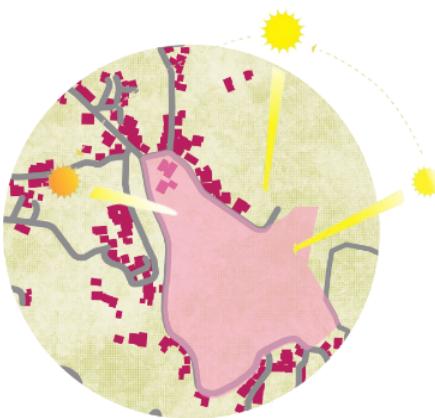
### 2. Analisis Angin



**Gambar 7**  
Analisis Angin TPA Piyungan

Wilayah TPA Piyungan dan sekitarnya memiliki karakteristik kekuatan angin yang relatif lemah. Hal ini menjadi salah satu elemen penting yang dipertimbangkan dalam perancangan desain TPA, terutama untuk meminimalkan penyebaran bau tidak sedap dari sampah yang dapat mengganggu kenyamanan warga di sekitar area tersebut. Strategi desain yang dapat diterapkan meliputi orientasi bangunan yang mempertimbangkan arah angin dominan, penggunaan sistem penyaringan udara, dan pengelolaan sampah yang lebih efektif untuk mengurangi bau pada sumbernya.

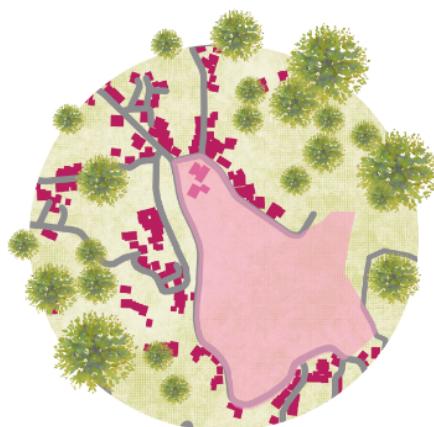
### 3. Analisis Matahari



**Gambar 8**  
**Analisis Matahari TPA Piyungan**

Lokasi yang berada di wilayah beriklim tropis membuat matahari bersinar hampir sepanjang tahun. Kondisi ini menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan dalam perancangan bangunan agar kenyamanan pengguna tetap terjaga. Paparan sinar matahari yang intens dapat memengaruhi suhu di dalam bangunan dan potensi silau, sehingga diperlukan strategi desain yang cermat. Misalnya, penggunaan elemen arsitektur seperti atap yang dirancang untuk memberikan naungan, ventilasi yang optimal untuk sirkulasi udara, serta material yang memiliki sifat isolasi termal yang baik. Selain itu, desain juga dapat mencakup penggunaan panel surya untuk memanfaatkan energi matahari secara langsung, memberikan nilai tambah berupa efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan. Pendekatan ini memastikan bahwa aktivitas di dalam bangunan dapat berlangsung dengan nyaman meskipun berada di bawah sinar matahari tropis yang intens.

### 4. Analisis Vegetasi



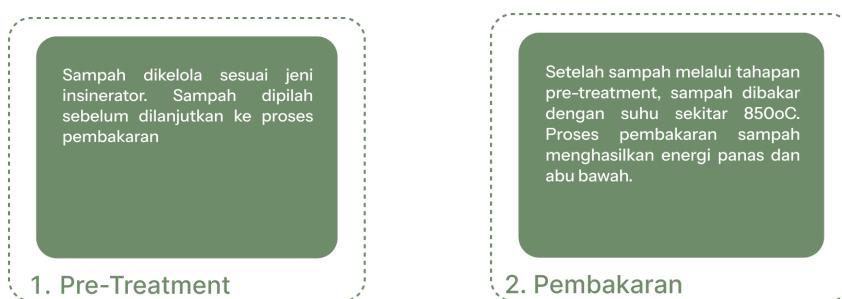
**Gambar 9**  
**Analisis Site TPA Piyungan**

Keadaan sekitar TPA dapat dikatakan cukup banyak pepohonan. Ukuran dan jenis vegetasi cukup beragam. Hal ini cukup menguntungkan agar area TPA tidak terlalu panas.

## **Data Literatur**

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan sampah sebagai sumber penghasil listrik. Sampah diolah menjadi listrik dengan proses termal uap supercritical steam. Pembangunan PLTSA jadi salah satu cara untuk menanggulangi masalah sampah di Indonesia dengan mengubahnya jadi energi terbarukan. Pembangunan PLTSA diatur pada UU No.18 tahun 2016 tentang Percepatan Pembangunan Pembangkit Listrik Berbasis Sampah.

Incinerator adalah alat daur ulang sampah dengan cara membakar sampah pada suhu yang sangat tinggi. Alat ini digunakan untuk mendaur ulang sampah dalam skala besar. Proses pembakaran sampah dengan incinerator dapat dilihat pada gambar 7. Insinerator dibagi menjadi ruang bakar, dapat dilihat pada gambar 8.



**Gambar 10**  
**Tahapan 1 dan 2 Pembakaran Sampah Insinerator**



**Gambar 11**  
**Tahapan 3 dan 4 Pembakaran Sampah Insinerator**



**Gambar 12**  
**Chamber Insinerator**

Pengertian pengelolaan sampah menurut Undang – undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan berupa pengurangan serta penanganan sampah.

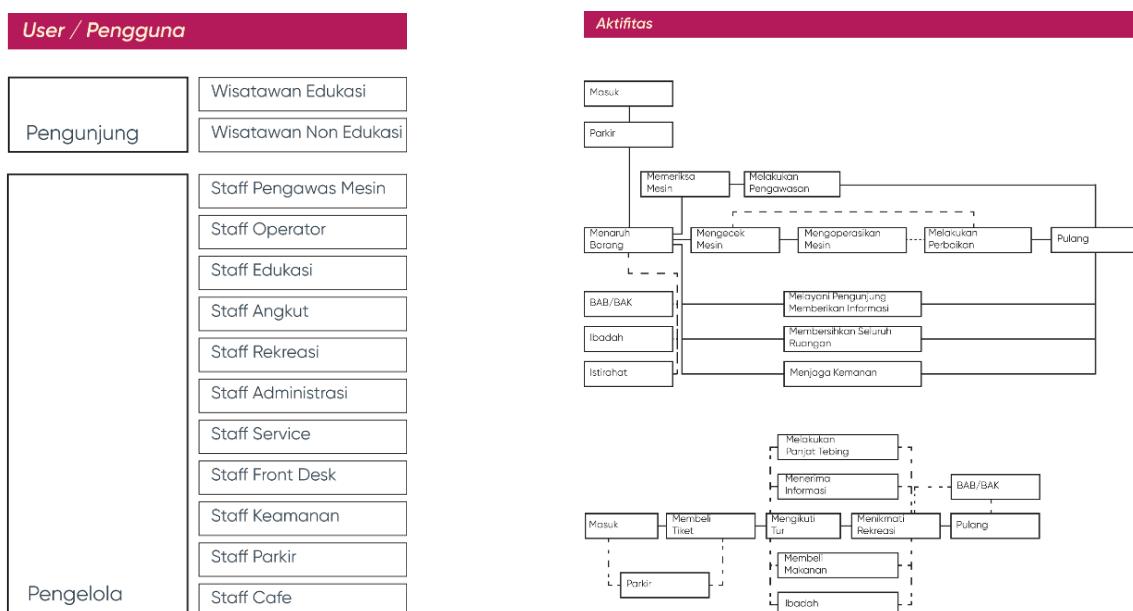
Kebijakan dalam upaya pengelolaan sampah perkotaan telah dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang dituliskan dalam SNI 3242:2008 tentang pengelolaan sampah permukiman. Berdasarkan peraturan tersebut, pengelolaan sampah merupakan sebuah sistem yang terdiri dari lima aspek, yaitu :

Aspek kelembagaan, aspek pengaturan, aspek pembiayaan, aspek peran serta masyarakat, aspek operasional (Hendra, 2016).

Waste to energy adalah istilah yang dipergunakan untuk mendeskripsikan teknologi yang dapat mengubah limbah organik yang tidak lagi dapat didaur ulang menjadi wujud energi yang dapat dipergunakan antara lain berupa panas/uap dan listrik. Waste to energy dapat terjadi melalui sejumlah proses seperti insinerasi, gasifikasi, pirolisis, pembusukan anaerobik dan pemulihan gas pada tempat pembuangan akhir. Pada umumnya, istilah waste to energy biasa digunakan untuk merujuk teknologi insinerasi yaitu proses pembakaran limbah pada suhu ultra-high sehingga dapat menghasilkan energi berupa panas/uap dan listrik.

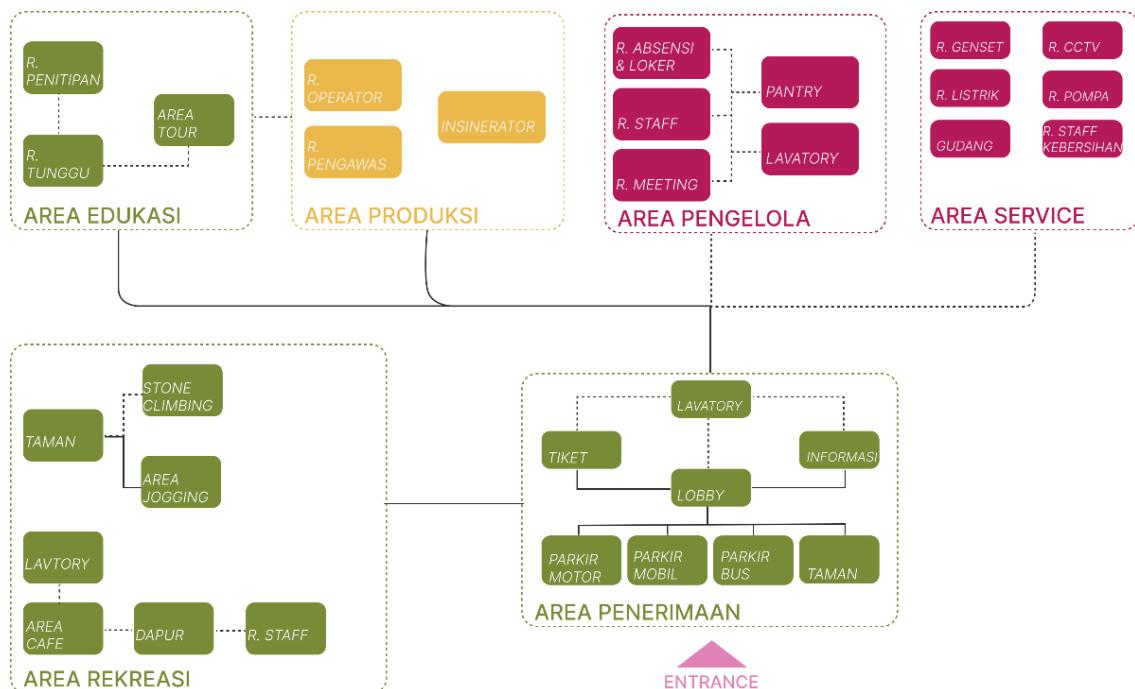
Pariwisata edukasi ialah kegiatan yang dapat dilakukan wisatawan dan memiliki tujuan untuk memperoleh pembelajaran serta pendidikan (Wijayanti, 2019). Saepudin et al., (2019) juga menambahkan bahwa wisata yang termasuk ke dalam wisata edukasi ialah ekowisata, wisata sejarah, wisata pedesaan/ pertanian, pertukaran pelajar antara institusi pendidikan, wisata studi banding, aktivitas universitas dalam serta luar negeri, serta aktivitas *study tour* sekolah.

## Konsep Peruangan



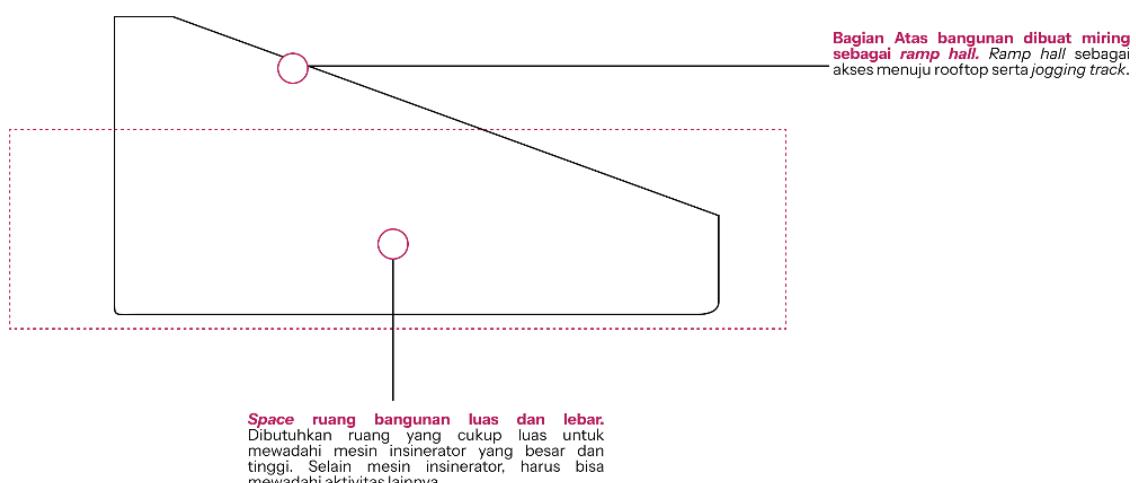
**Gambar 13**  
**Diagram User dan Aktifitas**

Berdasarkan analisis calon pengguna, dibedakan menjadi pengunjung dan pengelola. Tentunya kedua pengguna tersebut memiliki aktivitas yang berbeda. Kemudian diperoleh diagram peranginan untuk mewadahi kegiatan para pengguna.



**Gambar 14**  
**Diagram Peruangan**

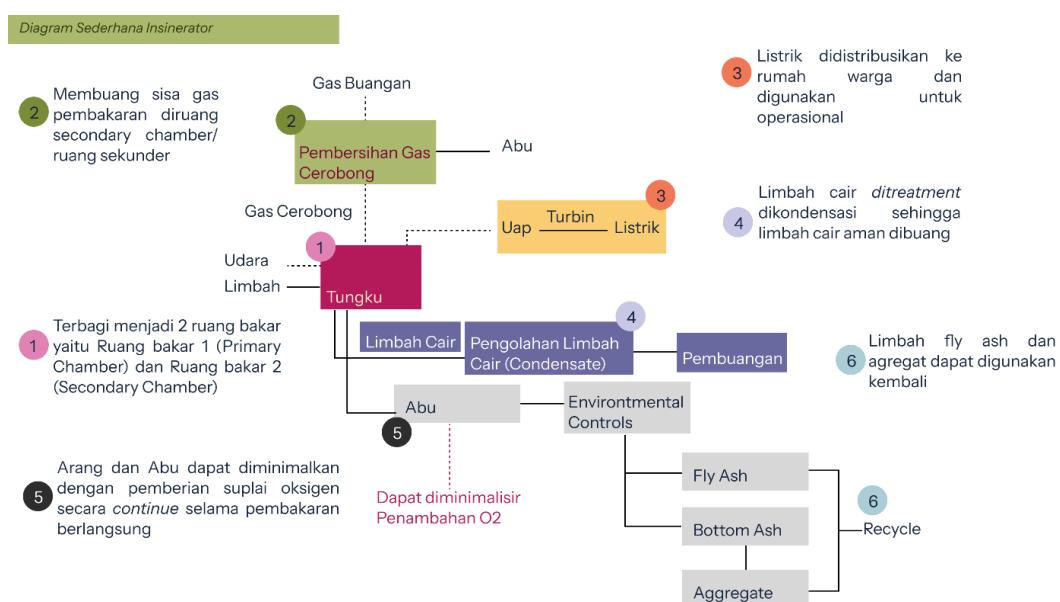
### Konsep Bentuk



**Gambar 15**  
**Diagram Peruangan**

Desain bangunan TPA yang berfungsi sebagai pembangkit energi harus dirancang untuk mendukung berbagai aktivitas yang akan dilakukan di dalamnya, terutama operasional sistem insinerator. Rancangan bentuk bangunan, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 11, harus mempertimbangkan dimensi ruang yang cukup luas, tinggi, dan lebar untuk memastikan mesin insinerator dapat dipasang dan dioperasikan secara optimal. Ruang yang memadai juga penting untuk mendukung kelancaran alur kerja serta memudahkan pemeliharaan peralatan. Selain itu, bagian atap bangunan dirancang multifungsi agar dapat digunakan untuk berbagai kegiatan outdoor, sehingga memberikan nilai tambah dari segi fungsionalitas dan memanfaatkan ruang secara maksimal. Pendekatan desain ini bertujuan untuk menciptakan fasilitas yang efisien sekaligus ramah lingkungan.

## Sistem Insinerator



Gambar 16  
Diagram Sederhana Insinerator

Proses insinerasi dilakukan dengan menggunakan perangkat yang dikenal sebagai insinerator, yang memungkinkan pembakaran oksidatif pada suhu antara 850 hingga 1.400 derajat Celsius. Pembakaran pada suhu tinggi ini bertujuan untuk mengurangi volume sampah secara signifikan serta menghilangkan potensi bahaya yang terkandung dalam sampah tersebut.

Secara umum, proses insinerasi melibatkan serangkaian tahapan yang terstruktur untuk memastikan pengolahan sampah berjalan dengan efisien dan ramah lingkungan. Tahapan pertama adalah pengiriman sampah dari sumbernya ke fasilitas insinerasi. Setelah tiba, sampah disimpan sementara dalam area khusus sebelum memasuki tahap pembakaran. Sebelum dibakar, sampah biasanya melalui proses perlakuan awal atau *pre-treatment* untuk mempersiapkannya, seperti pemisahan bahan yang tidak dapat dibakar atau pengolahan agar lebih mudah terbakar.

Selama proses pembakaran, energi yang dihasilkan, seperti panas, dimanfaatkan sebagai sumber energi, misalnya untuk pembangkit listrik. Tahap berikutnya adalah pengendalian emisi, di mana gas buang yang dihasilkan dari pembakaran diolah untuk meminimalkan dampak pencemaran udara. Setelah pembakaran selesai, residu padat seperti abu dikelola dengan hati-hati untuk menghindari pencemaran lebih lanjut. Selain itu, air limbah yang dihasilkan selama seluruh proses insinerasi juga diolah untuk memastikan tidak mencemari lingkungan. Tahapan-tahapan ini saling terintegrasi untuk menciptakan sistem pengolahan sampah yang efektif dan berkelanjutan.

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Perancangan *Waste to Energy* (WtE) berbasis teknologi insinerator di TPA Piyungan merupakan solusi inovatif untuk mengatasi krisis sampah yang melanda Yogyakarta dan sekitarnya. Dengan kapasitas TPA yang telah melebihi batas, teknologi insinerator mampu mengurangi volume sampah hingga 90% serta menghasilkan energi listrik sebagai sumber energi terbarukan. Selain berkontribusi terhadap pengelolaan sampah yang lebih efisien, teknologi ini juga membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, seperti emisi gas metana dan pencemaran air tanah. Dengan penambahan fungsi rekreasi edukasi meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya mengurangi sampah. Meskipun demikian, rancangan ini menghadapi sejumlah tantangan, seperti polusi suara yang mungkin akan timbul. Oleh karena itu diperlukan pengaplikasian material kedap suara agar masyarakat sekitar maupun pengunjung tidak terganggu.

#### **REFERENSI**

ArchDaily. (2019, October 4). *CopenHill: Energy plant and urban recreation center / BIG*. <https://www.archdaily.com/925970/copenhill-energy-plant-and-urban-recreation-center-big>

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>

Karyono, T. H. (2010). *Green architecture: Pengantar pemahaman arsitektur hijau di Indonesia*. Rajawali Pers.

Sucahyo, N. (2022, May 11). Sampah: Dilema Yogyakarta yang tak pernah reda. *VOA Indonesia*. <https://www.voaindonesia.com/a/sampah-dilema-yogya-yang-tak-pernah-reda-/6566605.html>

Vale, B., & Vale, R. (1991). *Green architecture: Design for a sustainable future*. Thames and Hudson.

van Egeraat, E. (n.d.). *Roskilde waste-to-energy plant*. Erick van Egeraat.