

---

## **PENGOLAHAN SAMPAH TERPADU DENGAN KONSEP *WASTE TO ENERGY* DI *SMART CITY* IKN**

**Ugahari Rose, Lili Kusumawati, Endah Kurniyaningrum\*, Darmawan Pontan, Tulus Widiarso**

Universitas Trisakti, Indonesia

Email: [ugahari92@gmail.com](mailto:ugahari92@gmail.com), [kusumalilymach@gmail.com](mailto:kusumalilymach@gmail.com), [kurnianingrum@trisakti.ac.id](mailto:kurnianingrum@trisakti.ac.id)\*,  
[darmawan@trisakti.ac.id](mailto:darmawan@trisakti.ac.id), [tulus@trisakti.ac.id](mailto:tulus@trisakti.ac.id)

---

### **Abstrak:**

Dalam konteks pembangunan Ibu Kota Negara Indonesia di Kalimantan Timur, tantangan pengelolaan limbah semakin kompleks. Dengan keterbatasan infrastruktur eksisting, pengelolaan limbah yang tidak terintegrasi dapat menyebabkan pencemaran air tanah, kerusakan tutupan vegetasi, serta ancaman terhadap keanekaragaman hayati setempat. Bagaimana implementasi sistem pengolahan sampah terpadu yang terintegrasi dengan *Waste to Energy* (WtE) di Kawasan Ibu Kota Negara penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi sistem pengolahan sampah terpadu yang terintegrasi dengan *Waste to Energy* (WtE) di Kawasan Ibu Kota Negara. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi langsung dan wawancara dengan pihak terkait untuk melakukan pengukuran operasional system. Pengukuran Lapangan meliputi analisis emisi, produksi energi, dan pengurangan volume sampah. Dari hasil pengamatan selama periode 15 hari dibulan Desember 2024, residu yang dihasilkan pada pengolahan termal hanya menghasilkan 2,97%. Dengan mengasumsikan bahwa incinerator yang beroperasi hanya 1 (satu) set dan suplai sampah yang masih minim kita dapat mengubah sampah menjadi energi listrik (*Waste to Energi*) dengan daya sebesar 195,169 Watt. Dapat kita ambil kesimpulan bahwa dengan mengoperasikan 2 set incinerator dengan kondisi yang ada saat ini kita dapat menghasilkan 2 (dua) kali lipat dari hasil yang kita dapatkan menjadi 390,338 Watt.

**Kata kunci:** Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST), Waste to Energy (WtE), Ibu Kota Nusantara (IKN), Smart City, Pengendalian Emisi, Circular Economy.

### **Abstract:**

*In the context of the development of Indonesia's new capital city in East Kalimantan, waste management presents increasingly complex challenges. Due to limited existing infrastructure, unintegrated waste management can lead to groundwater contamination, vegetation cover degradation, and threats to local biodiversity. This study aims to evaluate the implementation of an integrated waste treatment system combined with Waste to Energy (WtE) technology in the Capital City Area. Data were collected through direct observation and interviews with relevant stakeholders to measure the operational performance of the system. Field measurements included emissions analysis, energy production, and waste volume reduction. Based on a 15-day observation period in December 2024, thermal treatment produced only 2.97% residue. Assuming the operation of a single incinerator unit and limited waste supply, waste can be converted into electrical energy (Waste to Energy) with a power output of 195.169 watts. It can be concluded that by operating two incinerator units under the current conditions, the energy output could be doubled to 390.338 watts.*

**Keyword:** *Integrated Waste Processing Facility (TPST), Waste to Energy (WtE), Nusantara Capital City (IKN), Smart City, Emission Control, Circular Economy.*

---

Corresponding: Endah Kurniyaningrum  
E-mail: [kurnianingrum@trisakti.ac.id](mailto:kurnianingrum@trisakti.ac.id)



## **PENDAHULUAN**

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor yang berkontribusi signifikan terhadap pembangunan ekonomi dan urbanisasi global. Melalui penyediaan infrastruktur, ruang hunian, dan fasilitas publik, sektor ini mendorong pertumbuhan kota dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Namun demikian, di balik kontribusinya tersebut, industri konstruksi juga menjadi salah satu penyumbang terbesar kerusakan lingkungan akibat tingginya konsumsi energi dan eksploitasi sumber daya alam seperti batu bara, kayu, serta air bersih (Shi & Liu, 2019). Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNEP) melaporkan bahwa sektor bangunan mengonsumsi sekitar 40% energi dunia. Seiring meningkatnya tekanan terhadap lingkungan, lebih dari 170 negara telah mengadopsi sistem manajemen lingkungan, termasuk melalui standar ISO 14000, sebagai respons terhadap ancaman emisi gas rumah kaca (Tam et al., 2019).

Untuk menanggulangi dampak ekologis dari pembangunan, muncul konsep bangunan hijau (*green building*) yang menekankan efisiensi energi, pemanfaatan sumber daya terbarukan, dan pengurangan limbah konstruksi. Meskipun secara global konsep ini semakin dikenal, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan, terutama di negara berkembang. Di kawasan Sub-Sahara Afrika dan Asia Tenggara, misalnya, keterbatasan dana, teknologi, dan kesadaran publik menjadi hambatan utama dalam mendorong adopsi bangunan hijau (Agyekum et al., 2019). Selain itu, definisi bangunan hijau masih bersifat kontekstual dan dipengaruhi oleh faktor budaya, iklim, dan kebutuhan lokal (Zhang et al., 2019; WGBC, 2018). Oleh karena itu, pengembangan sistem bangunan berkelanjutan memerlukan pendekatan spesifik yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing wilayah.

Di sisi lain, persoalan pengelolaan limbah menjadi semakin mendesak akibat pertumbuhan populasi dan peningkatan konsumsi masyarakat. Produksi limbah padat kota terus meningkat, dan diperkirakan akan mencapai lebih dari 6 juta ton per hari secara global pada tahun 2025 (Rafey & Siddiqui, 2021). Limbah plastik menjadi salah satu penyumbang terbesar karena sifatnya yang tidak mudah terurai dan tingkat penggunaannya yang tinggi, terutama di sektor pengemasan dan konstruksi. Dalam beberapa studi, disebutkan bahwa jenis plastik seperti PVC dan PS bahkan tidak mengalami biodegradasi meskipun telah terpapar lingkungan selama lebih dari tiga dekade. Hal ini memperlihatkan betapa pentingnya pengelolaan limbah yang inovatif dan efisien, terutama di kawasan urban yang berkembang pesat.

Dalam konteks pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) Indonesia di Kalimantan Timur, tantangan pengelolaan limbah semakin kompleks. Wilayah IKN yang terletak di antara Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kabupaten Kutai Kartanegara merupakan kawasan dengan topografi berbukit, jaringan hidrologi yang kompleks, serta tutupan lahan yang didominasi hutan sekunder dan semak belukar. Kondisi ini menjadikan IKN sebagai wilayah yang rentan terhadap gangguan ekologis apabila sistem pembangunan tidak dirancang secara berkelanjutan. Proyeksi timbunan sampah dari Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP) IKN diperkirakan mencapai 74 ton per hari, ditambah 15 ton lumpur per hari dari instalasi pengolahan air limbah domestik (IPALD). Dengan keterbatasan infrastruktur eksisting,

pengelolaan limbah yang tidak terintegrasi dapat menyebabkan pencemaran air tanah, kerusakan tutupan vegetasi, serta ancaman terhadap keanekaragaman hayati setempat yang berdampak pada manajemen konstruksi berkelanjutan (Septasawala, 2025). Kondisi akan mempengaruhi indikator-indikator yang menyebabkan perubahan iklim dikarenakan ekosistem terganggu (Kurniyaningrum, 2025).

Penerapan sistem pengolahan berbasis *Waste to Energy* (WtE) menjadi salah satu solusi potensial untuk mendukung visi IKN sebagai kota pintar dan ramah lingkungan. Teknologi WtE memungkinkan konversi limbah padat menjadi energi listrik dan panas, melalui proses pembakaran termal yang dikendalikan. Sistem ini terdiri atas beberapa subsistem utama seperti waste feeding system, burning system, boiler system, air pollution control, dan steam turbine generator yang bekerja secara terpadu. Dalam desain awal, TPST dibangun berdampingan dengan IPALD guna mencapai integrasi pengolahan limbah padat dan limbah cair. Pendekatan ini tidak hanya mendukung efisiensi sistem pengelolaan, tetapi juga memperkuat prinsip *circular economy* di wilayah yang secara ekologis sensitif seperti IKN. Oleh karena itu, riset yang mengevaluasi strategi pengelolaan limbah berbasis teknologi ramah lingkungan menjadi sangat penting dalam konteks pembangunan ibu kota baru yang berkelanjutan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sistem pengolahan sampah terpadu yang terintegrasi dengan *Waste to Energy* (WtE) di Kawasan Ibu Kota Negara (IKN).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan Ibu Kota Negara (KIPP IKN) sebagai lokasi implementasi sistem Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST), yang terletak di antara Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kabupaten Kutai Kartanegara.



**Gambar 1. Lokasi penelitian**

Pada penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder, meliputi:

Data Primer:

1. Observasi langsung pada fasilitas TPST di KIPP IKN.
2. Wawancara dengan pihak terkait, seperti pengelola TPST dan perencana teknis.
3. Pengukuran operasional sistem, termasuk volume sampah, konsumsi energi, dan efisiensi pengolahan limbah.

Data Sekunder:

1. Konsep TPST IKN, seperti rancangan teknis dan laporan pelaksanaan.
2. Literatur ilmiah terkait pengelolaan limbah dan *smart city*.

Adapun analisis yang dilakukan pada penelitian ini, diantaranya:

1. Identifikasi karakteristik sampah
2. Menganalisis efisiensi energi dari teknologi WtE.
3. Menganalisis pengurangan emisi gas rumah kaca menggunakan data operasional sistem.
4. Mengevaluasi efisiensi system pengolahan sampah yang menghasilkan residu seminimal mungkin.

## HASIL dan PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas penerapan sistem Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) yang terintegrasi dengan teknologi *Waste to Energy* (WtE) di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP) Ibu Kota Nusantara (IKN). Sebagai bagian dari pengembangan konsep *Smart City*, TPST IKN dirancang tidak hanya untuk mengolah sampah, tetapi juga untuk mendukung efisiensi energi, pengurangan emisi, dan penerapan prinsip *circular economy*. Sistem ini menggabungkan proses pengolahan fisika dan proses pengolahan termal secara sinergis untuk mencapai target pengurangan limbah, produksi energi, serta pengelolaan residu yang ramah lingkungan.

### 1. Komposisi dan Karakteristik Sampah

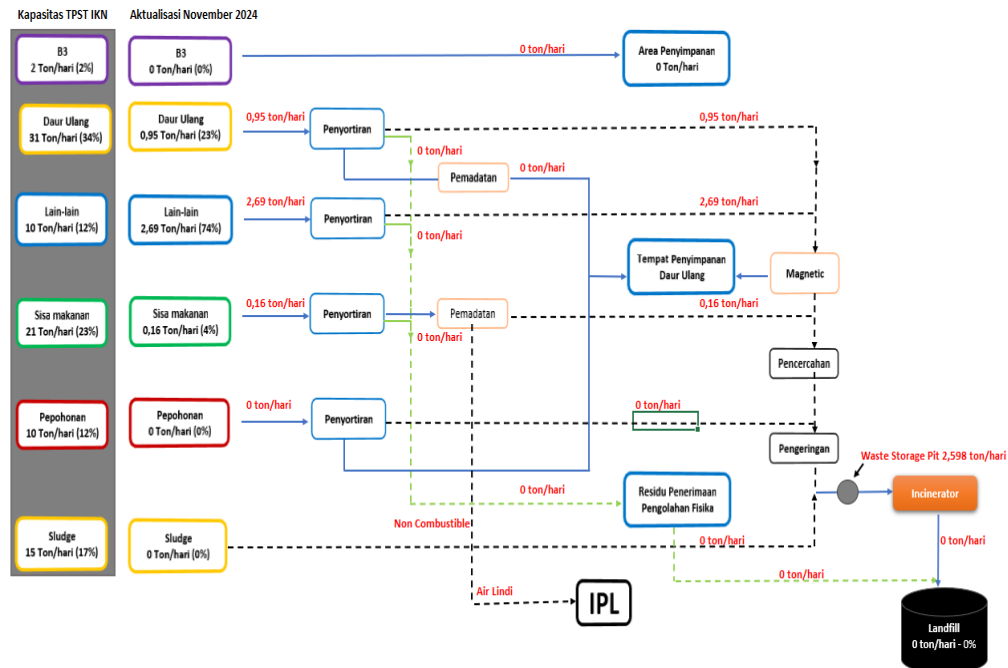
Komposisi sampah yang diterima oleh TPST IKN terdiri dari lima kategori utama: sampah B3 (2,7%), sampah daur ulang (41,89%), sampah lain-lain (13,51%), sampah pepohonan (13,51%), dan sampah sisa makanan (28,38%). Karakteristik fisik sampah menunjukkan nilai kalor rata-rata sebesar 3494 kkal/kg, dengan kadar abu berkisar antara 9,61% - 19%, densitas 139,02 kg/m<sup>3</sup> - 256,98 kg/m<sup>3</sup>, dan kadar air 36,62% - 65,23%. Karakteristik ini memastikan bahwa sampah memiliki potensi optimal untuk diproses dalam sistem WtE.



**Gambar 2. Komposisi sampah menurut KLHK, 2022.**

## 2. Efektivitas Pengolahan Fisika

Pengolahan fisika di TPST IKN dilakukan melalui proses pemilahan, pengeringan, dan reduksi volume. Pada tahap ini, sampah bernilai ekonomis seperti plastik, logam, kardus, dan kaca dipilah menggunakan *conveyor belt* dan *magnetic separator*. Selama periode pengamatan (November 2024 hingga Januari 2025), diperoleh rata-rata 19% dari total sampah yang masuk memiliki nilai jual dan dapat diambil oleh vendor pengolahan lanjutan.



Gambar 3. Skema material *balance*

Target pengurangan minimal 60% volume sampah berhasil dicapai. Namun, pada bulan November, performa pengolahan sempat menurun akibat masuknya sampah konstruksi berupa pecahan keramik, kaca, dan sisa material bangunan yang tidak sesuai dengan spesifikasi mesin pengolahan termal. Hal ini menunjukkan perlunya penguatan sistem pemilahan di sumber serta penyempurnaan prosedur pengelompokan sampah untuk menjaga kualitas input sehingga dibutuhkan edukasi masyarakat dan pengawasan terhadap pemilahan sampah.

## 3. Efisiensi Pengolahan Termal

Pengolahan termal bertujuan mengubah sampah residu yang tidak bernilai ekonomis menjadi energi listrik. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa nilai kalor sampah sangat memadai (3494 kcal/kg), melampaui ambang batas minimal 2000 kcal/kg. Selama fase awal operasional, satu unit *incinerator* menghasilkan daya sebesar 195.169 Watt. Proyeksi menunjukkan bahwa pengoperasian kedua unit *incinerator* sesuai desain (2 x 30 ton/hari) akan menghasilkan daya listrik sekitar 400.000 Watt.

Proses konversi energi dilakukan melalui pemanfaatan uap panas dari *incinerator* untuk memanaskan steam boiler, yang kemudian menggerakkan steam turbine generator. Proses ini memanfaatkan teknologi boiler system dengan efisiensi termal yang tinggi,

menghasilkan superheated steam dengan suhu 209°C dan tekanan 18 kg/cm<sup>2</sup>G. dengan mengoperasikan 2 set incinerator dengan kondisi yang ada saat ini kita dapat menghasilkan 2 (dua) kali lipat dari hasil yang kita dapatkan menjadi 390,338 Watt. Jika mesin kelak dapat beroperasi pada kondisi optimum, dimana incinerator dapat beroperasi sekaligus, dan jumlah sampah masukan yang kita daur ulang menjadi energi sesuai dengan target kapasitasnya yaitu 60-70 ton/hari maka sangat memungkinkan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Ibu Kota Nusantara dapat mencapai daya lebih dari 500.000 Watt.

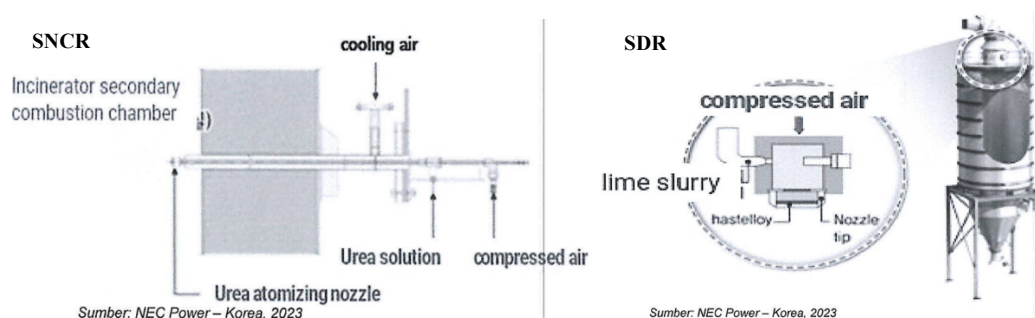
#### 4. Pengendalian Emisi

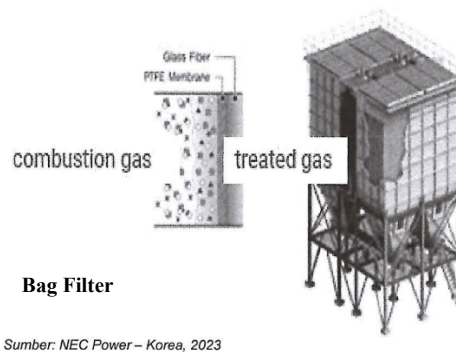
Sistem *Air Pollution Control* (APC) yang diterapkan terdiri dari *Selective Non-Catalytic Reduction* (SNCR), *Semi Dry Reactor* (SDR), dan *bag filter*. Hasil pengukuran emisi menunjukkan bahwa parameter seperti partikulat, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, dan CO berada di bawah ambang batas yang ditetapkan dalam Permen LHK No. P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019. Penggunaan SNCR dengan injeksi larutan urea berhasil mengurangi emisi NO<sub>x</sub>, sementara SDR efektif dalam menetralkan gas asam seperti SO<sub>2</sub> dan HCl. Bag filter juga berperan penting dalam menangkap partikulat berukuran halus (<5 mikron), sehingga menjaga kualitas udara di sekitar fasilitas.

**Tabel 1. Standar kualitas emisi gas buang**

| No | Parameter       | Nilai | Satuan             |
|----|-----------------|-------|--------------------|
| 1  | Partikulat      | 120   | mg/Nm <sup>3</sup> |
| 2  | SO <sub>2</sub> | 210   | mg/Nm <sup>3</sup> |
| 3  | NO <sub>2</sub> | 470   | mg/Nm <sup>3</sup> |
| 4  | HCl             | 10    | mg/Nm <sup>3</sup> |
| 5  | Hg              | 3     | mg/Nm <sup>3</sup> |
| 6  | CO              | 625   | mg/Nm <sup>3</sup> |
| 7  | HF              | 2     | mg/Nm <sup>3</sup> |
| 8  | Dioksin & Furan | 0,1   | mg/Nm <sup>3</sup> |

Sumber: Permen LHK no P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019





Sumber: NEC Power – Korea, 2023

**Gambar 4. Sistem Air Pollution Control (APC)**

**Tabel 2. Komparasi Hasil Opsevasi Emisi Gas TPST, IKN**

Pengecekan Indikator Emisi Gas Pada Hari Ke-1

| No   | Parameter       | Permen LHK no<br>P.15/MENLHK/SETJEN/KUM<br>.1/4/2019 |        | TPST IKN |          |
|------|-----------------|------------------------------------------------------|--------|----------|----------|
|      |                 | Nilai                                                | Satuan | Nilai    | Satuan   |
| Time |                 |                                                      |        | 5 Menit  | 30 Menit |
| 1    | Partikulat      | 120                                                  | Mg/Nm3 | 27,59    | 36,93    |
| 2    | SO2             | 210                                                  | Mg/Nm3 | 4,69     | 4,52     |
| 3    | NO2             | 470                                                  | Mg/Nm3 | 9        | 10,02    |
| 4    | HCl             | 10                                                   | Mg/Nm3 | 0,16     | 0,15     |
| 5    | Hg              | 3                                                    | Mg/Nm3 | -        | -        |
| 6    | CO              | 625                                                  | Mg/Nm3 | 405,44   | 468,41   |
| 7    | HF              | 2                                                    | Mg/Nm3 | -        | -        |
| 8    | Dioksin & Furan | 0,1                                                  | Mg/Nm3 | -        | -        |

Pengecekan Indikator Emisi Gas Hari ke-2

| No   | Parameter       | Permen LHK no<br>P.15/MENLHK/SETJEN/KUM<br>.1/4/2019 |        | TPST IKN |          |
|------|-----------------|------------------------------------------------------|--------|----------|----------|
|      |                 | Nilai                                                | Satuan | Nilai    | Satuan   |
| Time |                 |                                                      |        | 5 Menit  | 30 Menit |
| 1    | Partikulat      | 120                                                  | Mg/Nm3 | 0,19     | 0,27     |
| 2    | SO2             | 210                                                  | Mg/Nm3 | -        | -        |
| 3    | NO2             | 470                                                  | Mg/Nm3 | 10,21    | 11,19    |
| 4    | HCl             | 10                                                   | Mg/Nm3 | 1,98     | 1,96     |
| 5    | Hg              | 3                                                    | Mg/Nm3 | -        | -        |
| 6    | CO              | 625                                                  | Mg/Nm3 | 500      | 500      |
| 7    | HF              | 2                                                    | Mg/Nm3 | -        | -        |
| 8    | Dioksin & Furan | 0,1                                                  | Mg/Nm3 | -        | -        |

Sistem pengendalian emisi di TPST IKN berfungsi dengan sangat baik. SNCR, SDR, dan bag filter berhasil menjaga emisi gas buang di bawah standar yang ditetapkan. Hal ini penting mengingat keberadaan TPST di kawasan yang dirancang sebagai *Smart City* dengan standar lingkungan yang tinggi. Keberhasilan pengendalian emisi juga menunjukkan bahwa teknologi yang diterapkan di TPST IKN dapat menjadi model bagi kota-kota lain di Indonesia yang ingin mengembangkan fasilitas pengolahan sampah modern.

## 5. Pengelolaan Residu

Pengolahan termal menghasilkan residu padat berupa *bottom ash* dan *fly ash*. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa residu yang dihasilkan hanya sebesar 2,97% dari total input sampah. *Bottom ash* dikumpulkan dalam *submerged conveyor* dan dikondisikan untuk ditangani di Unit Pengolahan Residu, sementara *fly ash* dikemas secara aman dalam bagging unit. Pengelolaan residu dilakukan sesuai dengan ketentuan Permen LHK No. 26 Tahun 2020, yang memastikan bahwa residu tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali, misalnya sebagai bahan campuran konstruksi.



Gambar 5. *Bottom ash* pada pengolahan sampah secara termal

Tabel 3. Hasil residu pada pengolahan sampah secara termal

| No    | Tanggal    | Combustion Waste (kg) | Fly Ash (Kg) | Bottom Ash (kg) | Total Residu Pengolahan Termal (kg) | Bobot (%)        |
|-------|------------|-----------------------|--------------|-----------------|-------------------------------------|------------------|
|       |            | <i>a</i>              | <i>b</i>     | <i>c</i>        | <i>d = a + b</i>                    | <i>d = a + b</i> |
| 1     | 15/12/2024 | 1.381                 |              | 400             | 400                                 | 28,96%           |
| 2     | 16/12/2024 | -                     |              | 800             | 800                                 |                  |
| 3     | 17/12/2024 | -                     |              | 15              | 15                                  |                  |
| 4     | 18/12/2024 | -                     |              | 15              | 15                                  |                  |
| 5     | 19/12/2024 | -                     |              | 15              | 15                                  |                  |
| 6     | 20/12/2024 | -                     |              | 10              | 10                                  |                  |
| 7     | 21/12/2024 | -                     |              | 10              | 10                                  |                  |
| 8     | 22/12/2024 | 2.805                 |              | 15              | 15                                  | 0,53%            |
| 9     | 23/12/2024 | 12.220                |              | 15              | 15                                  | 0,12%            |
| 10    | 24/12/2024 | 5.505                 |              | 20              | 20                                  | 0,36%            |
| 11    | 25/12/2024 | 6.051                 |              | 25              | 25                                  | 0,41%            |
| 12    | 26/12/2024 | 6.130                 |              | 25              | 25                                  | 0,41%            |
| 13    | 27/12/2024 | 5.595                 |              | 25              | 25                                  | 0,45%            |
| 14    | 28/12/2024 | 3.995                 |              | 20              | 20                                  | 0,50%            |
| 15    | 29/12/2024 | 2.410                 |              | 20              | 20                                  | 0,83%            |
| 16    | 30/12/2024 | 1.565                 |              | 15              | 15                                  | 0,96%            |
| 17    | 31/12/2024 | 1.381                 |              | 15              | 15                                  | 1,09%            |
| Total |            | 49.038                | -            | 1.460           | 1.460                               | 2,977%           |

Hal ini menunjukkan bahwa hampir seluruh volume sampah berhasil dikonversi menjadi energi atau material yang dapat dimanfaatkan kembali. Pengelolaan residu yang sesuai standar juga memastikan bahwa dampak lingkungan dari proses pengolahan termal dapat diminimalkan.

## KESIMPULAN

Implementasi sistem pengolahan sampah terpadu yang terintegrasi dengan *Waste to Energy* (WtE) di Kawasan Ibu Kota Negara (IKN) terbukti berjalan secara efektif dan sesuai dengan prinsip keberlanjutan. Sistem pengolahan fisika mampu mereduksi volume sampah dengan capaian daur ulang material bernilai ekonomis sebesar 19% dan pengurangan volume total sampah melebihi target minimal 60%, sementara pengolahan termal menghasilkan energi listrik sebesar 195.169 Watt dari satu unit incinerator, dengan potensi peningkatan hingga 400.000 Watt. Selain itu, sistem pengendalian emisi berfungsi optimal menjaga gas buang di bawah standar nasional, dan residu yang dihasilkan sangat minimal, yakni 2,97% dari total input sampah. Dengan demikian, integrasi pengolahan fisika dan termal di TPST IKN tidak hanya memenuhi fungsi pengelolaan limbah dan produksi energi, tetapi juga memperkuat perwujudan *Smart City* yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, serta memberikan model yang dapat direplikasi di kota-kota lain di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Calabrò PS, Gori M, Lubello C. European trends in greenhouse gases emissions from integrated solid waste management. *Environ Technol* (United Kingdom). 2015;36(16):2125-2137. doi:10.1080/09593330.2015.1022230
2. Gupta K, Hall RP. Exploring Smart City Project Implementation Risks in the Cities of Kakinada and Kanpur. *J Urban Technol*. 2021;28(1-2):155-173. doi:10.1080/10630732.2020.1796115
3. Vlček J, Velička M, Jančar D, Burda J, Blahůšková V. Modelling of thermal processes at waste incineration. *Energy Sources, Part A Recover Util Environ Eff*. 2016;38(23):3527-3533. doi:10.1080/15567036.2016.1161680
4. Aghili N, Hosseini SE, Bin Mohammed AH, Zainul Abidin N. Management criteria for green building in Malaysia; relative important index. *Energy Sources, Part A Recover Util Environ Eff*. 2019;41(21):2601-2615. doi:10.1080/15567036.2019.1568634
5. Olawumi TO, Chan DWM. Green-building information modelling (Green-BIM) assessment framework for evaluating sustainability performance of building projects: a case of Nigeria. *Archit Eng Des Manag*. 2021;17(5-6):458-477. doi:10.1080/17452007.2020.1852910
6. Setya Nugraha C, Darda AA, Farhan Hermawan W. Pengelolaan Sampah Melalui Empowerment Masyarakat Dengan Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Teknik Thermal Converter Di Tpst Piyungan. *Jurnal Ilmiah Penalaran dan Penelitian Mahasiswa*. 2020;4(1):21-28. <https://tirto.id/tpst-piyungan-jogjakarta->
7. Suharto B, Kurniati E, Agustin DD. Perhitungan Tapak Karbon Pada Aspek Pengelolaan Sampah Di TPST 3R Mulyoagung Bersatu Sebagai Upaya Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca. *J Sumberd Alam dan Lingkung*. 2022;9(1):22-32. doi:10.21776/ub.jsal.2022.009.01.4
8. Pertanian F, Mataram U, Trawangan G. Kata-Kata Kunci: TPST, Gili Trawangan, SWOT, Strategi. 2023;24(2):439-448.
9. Cahya WI, Pandebesie ES. Kajian Tempat Pengolahan Sampah Terpadu. *J Tek ITS*. 2017;6(2):2-6.
10. Nafiah CF, Fadilah K, Lukita CW. Perencanaan Detail Engineering Design (DED) Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Regional Banjarbakula Kalimantan Selatan. *J Tek Sipil dan Lingkung*. 2023;8(1):37-46. doi:10.29244/jsil.8.1.37-46

11. Rahmah AA, Trihadiningrum Y. Pengelolaan Sampah di TPST Lingkar Timur. *J Tek ITS*. 2022;11(2).
12. Khairani RR, Titah HS. Perencanaan Instalasi Pengolahan Lindi di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Refused Derived Fuel (TPST RDF) Cilacap. *J Tek ITS*. 2023;12(3):156-163. doi:10.12962/j23373539.v12i3.121356
13. Adeleke O, Akinlabi S, Jen TC, Dunmade I. Towards sustainability in municipal solid waste management in South Africa: a survey of challenges and prospects. *Trans R Soc South Africa*. 2021;76(1):53-66. doi:10.1080/0035919X.2020.1858366
14. Agyekum K, Opoku A, Oppon AJ, Opoku DGJ. Obstacles to green building project financing: an empirical study in Ghana. *Int J Constr Manag*. 2022;22(15):2922-2930. doi:10.1080/15623599.2020.1832182
15. Irfan Firmansyah, Mohamad Mirwan. Perencanaan Ulang Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Tambakrejo Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo. *INSOLOGI J Sains dan Teknol*. 2022;1(6):835-843. doi:10.55123/insologi.v1i6.1193
16. Butt WH. Accessing Value in Lahore's Waste Infrastructures. *Ethnos*. 2023;88(3):533-553. doi:10.1080/00141844.2020.1773895
17. Hu Q, Zheng Y. Smart city initiatives: A comparative study of American and Chinese cities. *J Urban Aff*. 2021;43(4):504-525. doi:10.1080/07352166.2019.1694413
18. Komninos N, Kakderi C, Panori A, Tsarchopoulos P. Smart City Planning from an Evolutionary Perspective. *J Urban Technol*. 2019;26(2):3-20. doi:10.1080/10630732.2018.1485368
19. McQuaid-Cook J, Simpson KJ. Siting a Fully Integrated Waste Management Facility in Alberta. *J Air Pollut Control Assoc*. 1986;36(9):1031-1036. doi:10.1080/00022470.1986.10466144
20. Miller N, Pogue D, Saville J, Tu C. The Operations and Management of Green Buildings in the United States. *J Sustain Real Estate*. 2010;2(1):51-66. doi:10.1080/10835547.2010.12091804
21. Noori N, de Jong M, Janssen M, Schraven D, Hoppe T. Input-Output Modeling for Smart City Development. *J Urban Technol*. 2021;28(1-2):71-92. doi:10.1080/10630732.2020.1794728
22. Ulhasanah N, Priscillia C, Zahra NL. Optimalisasi Sistem Pengelolaan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Reduce, Reuse, Recycle (3R) (Studi Kasus: TPST 3R Pasar Kebayoran, Jakarta). *J Ilmu Lingkung*. 2023;21(3):704-711. doi:10.14710/jil.21.3.704-711
23. Simpeh EK, Smallwood JJ, Ahadzie DK, Mensah H. Analytical taxonomy of challenges to the implementation of green building projects in South Africa. *Int J Constr Manag*. 2023;23(2):286-296. doi:10.1080/15623599.2020.1863172
24. Yandri P, Budi S, Putri IAP. Waste sadaqah: a new community-based waste management practice in Java, Indonesia. *Sustain Sci Pract Policy*. 2023;19(1). doi:10.1080/15487733.2023.2212510
25. Dendrifika Anggun Maharani, Eko Naryono, Arif Eko. Perhitungan Efisiensi pada Boiler di PT. PLTU Tanjung Awar-awar. *Distilat* 2021; p-ISSN : 1978-8789
26. Bambang Prio Hartono, Eko Nurcahyo. Analisis Hemat energi Pada Inverter Sebagai Pengatur Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa. *Institut Teknologi Nasional Malang*. 2017
27. Opy Kurniasari. Marchin Alfredo. Design & Build Proses Fisika Pembangunan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu 1 Kawasan Inti Pusat Pemerintahan Ibu Kota Nusantara. PT.Brantas Abipraya (persero)- PT. Sumber Bangun Semtosa-PT. Silcon Adilaras KSO. 2024

28. Opy Kurniasari. Marchin Alfredo. Design & Build Proses Termal Pembangunan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu 1 Kawasan Inti Pusat Pemerintahan Ibu Kota Nusantara. PT.Brantas Abipraya (persero)- PT. Sumber Bangun Semtosa-PT. Silcon Adilaras KSO. 2024
29. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia NO 14 Tahun 2021. Pengolahan Sampah pada Bank Sampah. 2021
30. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No 03/PRT/M/2013. Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persamaan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tang dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. 2013
31. Septasawala, A., Kurniyaningrum, E. ., M. Zaki, M. Z., & Inavonna, I. (2025). Analysis of Factors Influencing The Implementation of Sustainable Construction Management Towards Project Waste Management in The National Capital City. *Eduvest - Journal of Universal Studies*, 5(1), 356–369. <https://doi.org/10.59188/eduvest.v5i1.50310>.
32. K.D. Komara, E. Kurniyaningrum, A. Rinanti, D. Pontan, R. Abdilla, H. Satar. (2025). Rainfall-discharge modeling in Juana Watershed. *Materials Research Proceedings* 48 pp. 833-842