



Waste-to-Energy Readiness Index 2025

Analisis Hybrid Energi dan Karbon 10 Kota Utama Indonesia

Disusun oleh:



Sistem Pemantauan, Analisis, dan Pelaporan Nasional
Bidang Energi, Lingkungan, dan ESG

www.sampahwatch.id

www.saturasa.cr-enviro.com

www.cr-enviro.com

Disclaimer

Laporan Waste-to-Energy Readiness Index 2025: Analisis Hybrid Energi dan Karbon 10 Kota Utama Indonesia disusun oleh Sampah Watch Research Division sebagai bagian dari upaya nasional untuk mendorong transparansi data dan percepatan penerapan kebijakan Waste-to-Energy (WTE) di Indonesia. Seluruh data, grafik, dan analisis dalam laporan ini dikompilasi dari berbagai sumber resmi termasuk:

- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) – KLHK,
- Badan Pusat Statistik (BPS),
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM),
- ERIC – DKTI,
- Indonesia Carbon Exchange (IDXCarbon),
- serta hasil analisis independen tim teknis Sampah Watch.

Batasan dan Tanggung Jawab

1. Laporan ini bersifat analitis dan informatif, bukan dokumen kebijakan yang mengikat.
2. Seluruh hasil, skor, dan pemeringkatan merupakan interpretasi teknis berbasis data publik serta perhitungan model hybrid (60% energi : 40% karbon) yang dikembangkan oleh tim riset Sampah Watch.
3. Data dan model perhitungan dapat berubah mengikuti pembaruan data nasional, perubahan harga energi, tarif listrik, nilai tukar, serta perkembangan regulasi baru seperti Perpres No. 109 Tahun 2025.
4. Sampah Watch tidak bertanggung jawab atas keputusan investasi, kebijakan, atau kegiatan operasional yang diambil oleh pihak ketiga berdasarkan laporan ini tanpa konsultasi lanjutan dan verifikasi teknis independen.

Hak Cipta dan Lisensi

© 2025 Sampah Watch Research Division - PT. Centra Rekayasa Enviro
Seluruh hak cipta dilindungi undang-undang.

Catatan Etika

Sampah Watch berkomitmen terhadap prinsip:

- Transparansi data publik,
- Integritas ilmiah, dan
- Advokasi berbasis bukti (evidence-based advocacy)

Sebagai landasan membangun sistem Waste-to-Energy dan Carbon Economy yang berkeadilan, inklusif, dan berkelanjutan di Indonesia.



Executive Summary

Indonesia menghasilkan lebih dari 190.000 ton sampah per hari, setara 69 juta ton per tahun (SIPSN–KLHK, 2024). Sebagian besar berakhir di TPA terbuka yang berkontribusi pada 8–10% emisi gas rumah kaca nasional.

Laporan ini disusun oleh Sampah Watch Research Division untuk menilai tingkat kesiapan kota-kota di Indonesia dalam mengonversi sampah menjadi energi melalui pendekatan Waste-to-Energy (WTE) dan Refuse Derived Fuel (RDF), sejalan dengan arah kebijakan Perpres No. 109 Tahun 2025 tentang percepatan pembangunan instalasi pengolahan sampah menjadi energi listrik dan ekonomi sirkular.

Metodologi Hybrid (60% Energi : 40% Karbon)

Pendekatan ini menggabungkan:

- Aspek Energi (60%): kapasitas timbunan, potensi listrik, kesiapan jaringan PLN.
- Aspek Karbon (40%): pengurangan emisi (CO₂ avoided), nilai ekonomi karbon, dan kontribusi terhadap target NDC 2030.

Sumber data utama:

- SIPSN–KLHK (2024), BPS (2023), ESDM (2023), ERiC–DKTI (2024), dan IDXCarbon (2024).
- Faktor emisi grid: 0,85 tCO₂/MWh, tarif listrik acuan: USD 0,1877/kWh, nilai karbon: Rp120.000/tCO₂eq.

Temuan Utama

- 10 Kota Paling Siap: Bogor, Jakarta Timur, Jakarta Barat, Surabaya, Tangerang, Jakarta Selatan, Bekasi, Medan, Bandung, dan Makassar.
- Total potensi energi: ±6.020 MWh/hari (≈220 MW kapasitas PLTSa nasional).
- Reduksi emisi GRK: ±1,75 juta tCO₂eq/tahun.
- Nilai ekonomi karbon: Rp221 miliar/tahun (potensi IDXCarbon).
- Biaya energi (LCOE): rata-rata USD 123–128/MWh.
- IRR proyek: 11–13% (dengan tipping fee Rp150.000–Rp200.000/ton).

Kesimpulan

1. Indonesia memiliki fondasi kuat untuk memperluas proyek PLTSa dan RDF di 10 kota utama.
2. Model hybrid WTE–Carbon memberikan kerangka ilmiah dan ekonomi bagi kebijakan investasi hijau.
3. Integrasi Sampah Watch Carbon Ledger dengan SRN–KLHK dan IDXCarbon akan mempercepat transisi menuju Zero Waste – Zero Emission 2060.

“Dari Tumpukan Sampah Menjadi Energi dan Nilai Karbon Nasional.”

Laporan ini menjadi tolok ukur kesiapan Indonesia membangun masa depan energi bersih berbasis ekonomi sirkular.





Daftar Isi



Disclaimer	01
Executive Summary	02
Daftar Isi	03
Introduction	04
Tujuan dan Ruang Lingkup	05
Dasar Pemikiran dan Urgensi	06



Daftar Isi



Peran
Sampah Watch

07

Output dan Struktur
Laporan

08

Landasan Hukum dan
Kebijakan

09

Sinergi dengan Kebijakan
Iklim dan ESG Nasional

10

Posisi Strategis Perpres No.
109 Tahun 2025

11

Metodologi dan Model
Analisis Hybrid 60:40

12





Daftar Isi



Analisis Hasil dan Peringkat 10 Kota Utama	13
Gambaran Umum 10 Kota Paling Siap	14
Peta Readiness Nasional	15
Kajian Teknis dan Perhitungan Energi-Karbon	16
Posisi Strategis Perpres No. 109 Tahun 2025	17
Model Integrasi WTE-Data Center	18



Daftar Isi



Roadmap Investasi Nasional Waste-to-Energy 2025–2035	19
Skema Pembiayaan Nasional melalui Danantara & Patriot Bond	20
Kesimpulan dan Rekomendasi Strategis Nasional	21
Kontribusi terhadap Tujuan SDGs	22
Rekomendasi Strategis Nasional	23
Kesimpulan & Penutup	24

Introduction



Indonesia tengah menghadapi tantangan lingkungan dan energi yang saling berkaitan secara erat. Dengan timbunan sampah nasional mencapai lebih dari 190.000 ton per hari (SIPSN–KLHK, 2024), pengelolaan sampah konvensional berbasis landfill tidak lagi mampu menampung volume yang terus meningkat. Akibatnya, sektor persampahan menjadi salah satu kontributor terbesar terhadap emisi gas rumah kaca, khususnya metana (CH_4), yang memiliki potensi pemanasan global 28 kali lebih tinggi dibanding karbon dioksida (CO_2).

Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi besar untuk mengubah beban lingkungan ini menjadi peluang energi. Teknologi Waste-to-Energy (WTE) dan Refuse Derived Fuel (RDF) memungkinkan konversi sampah menjadi energi listrik dan bahan bakar alternatif, sekaligus mengurangi ketergantungan pada energi fosil.

Transformasi ini sejalan dengan arah kebijakan Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2025 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolahan Sampah Menjadi Energi Listrik dan Ekonomi Sirkular, yang menegaskan sinergi antara Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Kementerian ESDM, Bappenas, dan pemerintah daerah.

Tujuan dan Ruang Lingkup

Laporan ini disusun oleh Sampah Watch Research Division sebagai bagian dari misi nasional untuk:



City WTE Readiness

Mengukur tingkat kesiapan kota-kota besar di Indonesia dalam implementasi sistem WTE dan RDF;



Balancing Potential

Menilai keseimbangan antara potensi energi (energi listrik) dan dampak lingkungan (reduksi emisi karbon);



Hybrid Indexing

Menyediakan kerangka analisis terintegrasi (Hybrid Index 60% Energi : 40% Karbon) yang dapat digunakan sebagai dasar kebijakan, perencanaan investasi, dan pelaporan ESG (Environmental, Social, and Governance);



Roadmapping 10 Cities

Menyusun peta prioritas 10 kota utama Indonesia yang paling siap dan strategis dalam implementasi Waste-to-Energy berdasarkan data aktual dan proyeksi ekonomi karbon nasional.

Dasar Pemikiran dan Urgensi



Krisis sampah perkotaan dan perubahan iklim merupakan dua sisi dari permasalahan yang sama: konsumsi sumber daya yang berlebihan dan inefisiensi sistem pengelolaan limbah. Saat ini, lebih dari 50% TPA di Indonesia telah mencapai kapasitas maksimal, sementara kontribusi sektor limbah terhadap total emisi nasional terus meningkat.

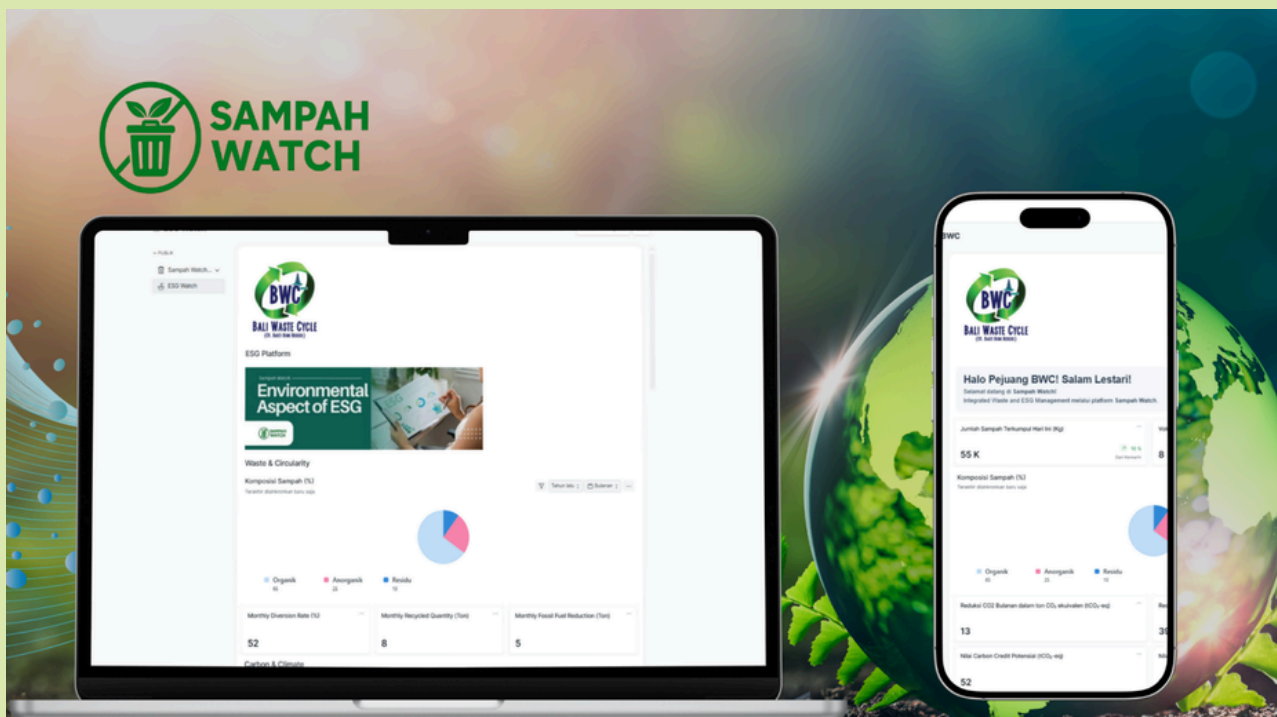
Dalam konteks ini, Waste-to-Energy tidak hanya berfungsi sebagai solusi teknis, tetapi juga sebagai instrumen transisi menuju ekonomi hijau dan rendah karbon.

Urgensi penerapan sistem WTE semakin diperkuat oleh:

- Kebutuhan energi nasional yang terus meningkat, sementara energi fosil mengalami deklinasi;
- Komitmen Indonesia terhadap Paris Agreement dan Net Zero Emission 2060;
- Peluang nilai ekonomi karbon yang dapat dimonetisasi melalui Indonesia Carbon Exchange (IDXCarbon);
- Potensi penciptaan lapangan kerja hijau di sektor daur ulang, energi terbarukan, dan pengelolaan limbah.

Peran Sampah Watch

Sebagai inisiatif independen yang berfokus pada data, transparansi, dan tata kelola hijau, Sampah Watch berfungsi sebagai:



- **ESG Data Integrator Nasional:** menghubungkan data timbunan sampah, energi, dan emisi dengan sistem pelaporan pemerintah (SRN-KLHK, IDXCarbon, GRI, ISO 14064);
- **Platform Pemantauan WTE dan RDF:** memetakan progres pembangunan, kinerja energi, dan dampak karbon di setiap kota;
- **Carbon & Plastic Credit Aggregator:** memfasilitasi verifikasi kredit karbon dan plastik untuk proyek WTE dan daur ulang;
- **Think Tank Advokasi Kebijakan:** memberikan rekomendasi berbasis data untuk percepatan kebijakan ekonomi sirkular nasional.





Output dan Struktur Laporan

Laporan ini menyajikan hasil analisis dalam bentuk:

- Indeks Kesiapan WTE Nasional (Hybrid 60:40) untuk 10 kota utama Indonesia;
- Analisis Energi dan Karbon berdasarkan data empiris dan perhitungan teknis (LCOE, IRR, CO₂ avoided);
- Kajian Teknis dan Ekonomi untuk estimasi nilai energi, emisi, dan potensi PDB hijau;
- Rencana Aksi Implementatif sesuai tahapan 2025–2035;
- Kerangka Kelembagaan dan Kebijakan Pendukung termasuk Perpres, PP, dan Permen relevan.

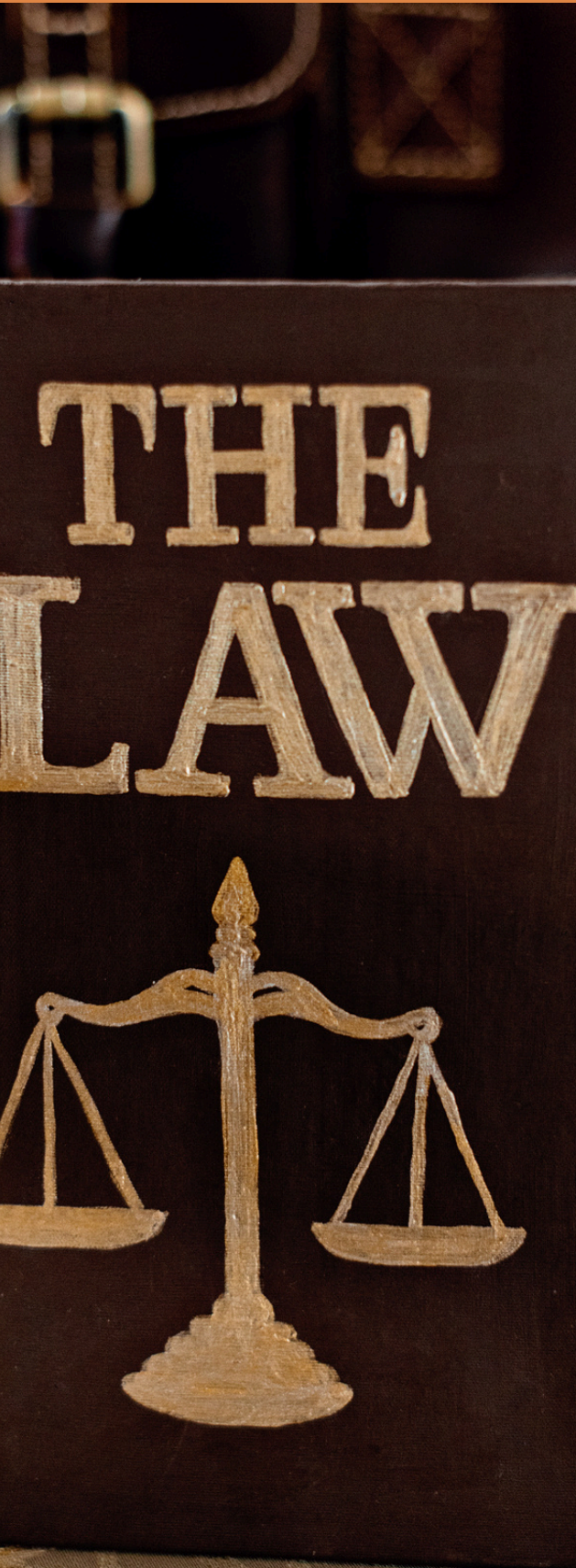
Signifikansi Laporan

Laporan Waste-to-Energy Readiness Index 2025 bukan hanya dokumen teknis, tetapi peta arah kebijakan nasional yang menghubungkan:

- Sampah → Energi → Karbon → Nilai Ekonomi,
- Teknologi → Tata Kelola → ESG Transparency, dan
- Kebijakan → Investasi → Dampak Sosial.

Dengan kerangka ilmiah yang kuat dan dasar hukum yang jelas, laporan ini menjadi instrumen pengambilan keputusan strategis menuju Indonesia Bebas Sampah dan Emisi 2060.

Landasan Hukum dan Kebijakan



Konteks Regulasi Nasional

Kebijakan pengelolaan sampah di Indonesia telah mengalami transformasi besar dalam dua dekade terakhir.

Jika sebelumnya fokus hanya pada pengumpulan dan pembuangan akhir (end-of-pipe management), kini arah kebijakan nasional telah beralih pada pendekatan pengurangan di sumber, pemanfaatan kembali (re-use), daur ulang (recycle), dan pemulihan energi (recovery) sebagai bagian dari ekonomi sirkular.

Dorongan ini tidak terlepas dari meningkatnya beban lingkungan akibat akumulasi sampah, terutama di wilayah metropolitan. Selain itu, kebijakan global seperti Paris Agreement (2015) menuntut Indonesia untuk menurunkan emisi hingga 31,89% secara mandiri atau 43,20% dengan dukungan internasional pada tahun 2030.

Sektor limbah, khususnya sampah organik dan plastik, menjadi salah satu fokus mitigasi karena kontribusinya terhadap emisi metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2).



www.sampahwatch.id



Landasan Hukum Utama

Undang-Undang

1. **Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah:** Menetapkan bahwa pengelolaan sampah harus dilakukan secara sistematis, menyeluruh, dan berkelanjutan dengan prinsip tanggung jawab bersama antara pemerintah, swasta, dan masyarakat.
2. **Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi:** Menjadi dasar pengembangan energi baru dan terbarukan, termasuk energi yang bersumber dari biomassa dan limbah padat kota.
3. **Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup:** Mengatur instrumen perizinan, analisis dampak lingkungan, dan baku mutu emisi yang menjadi acuan bagi pembangunan fasilitas WTE.
4. **Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja:** Menyederhanakan perizinan lingkungan serta mendorong integrasi investasi hijau, termasuk proyek PLTSa dan RDF.

Peraturan Pemerintah

1. **PP No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sejenis Sampah Rumah Tangga:** Menjadi dasar operasional pelaksanaan UU No. 18 Tahun 2008, dengan fokus pada pengurangan timbunan dan peningkatan pengelolaan berbasis teknologi.
2. **PP No. 97 Tahun 2017 (Jakstranas Sampah):** Menetapkan target nasional pengurangan 30% dan penanganan 70% sampah pada tahun 2025.
3. **PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup:** Mengatur baku mutu emisi kegiatan termal dan menjadi acuan wajib bagi pembangunan PLTSa serta fasilitas RDF.





Landasan Hukum Utama

Peraturan Presiden

1. **Perpres No. 35 Tahun 2018 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolahan Sampah Menjadi Energi Listrik Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan:** Merupakan tonggak awal bagi pengembangan PLTSa di 12 kota prioritas nasional.
2. **Perpres No. 98 Tahun 2021 tentang Nilai Ekonomi Karbon (NEK):** Menjadi landasan hukum bagi perdagangan karbon dan insentif berbasis pengurangan emisi:
3. **Perpres No. 109 Tahun 2025 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolahan Sampah Menjadi Energi Listrik dan Ekonomi Sirkular:** Menyempurnakan Perpres No. 35/2018 dengan menambahkan dimensi ekonomi sirkular, integrasi RDF, dan kewajiban pelaporan kinerja karbon melalui Sistem Registri Nasional (SRN-KLHK).

Peraturan Menteri dan Standar Teknis

- PermenLHK No. P.70/2016 tentang Baku Mutu Emisi Usaha atau Kegiatan Pengolahan Sampah secara Termal.
- Permen ESDM No. 4 Tahun 2020 tentang Pemanfaatan RDF sebagai Bahan Bakar Alternatif di PLTU melalui co-firing.
- Permendagri No. 7 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penghitungan Tarif Retribusi Pengelolaan Sampah di Daerah.
- SNI 8966:2021 tentang Spesifikasi Bahan Bakar Jemputan Padat (BBJP) atau RDF untuk Pembangkit Listrik dan Industri Semen.



Sinergi dengan Kebijakan Iklim dan ESG Nasional



Semua kerangka hukum tersebut kini disinergikan dengan kebijakan ekonomi hijau dan keuangan berkelanjutan, antara lain:

- POJK No. 51/POJK.03/2017 tentang Pelaporan Keuangan Berkelanjutan;
- Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK (RAN-GRK);
- Kerangka ESG Nasional (IDX ESG Leader, Bappenas 2023).

Melalui regulasi tersebut, pengelolaan sampah bukan lagi isu teknis, melainkan bagian integral dari sistem Environmental, Social, and Governance (ESG) Indonesia.

Proyek PLTSa dan RDF kini dapat diintegrasikan ke dalam mekanisme carbon trading, green bond, dan ESG-linked financing di bawah koordinasi KLHK, OJK, dan IDXCarbon.



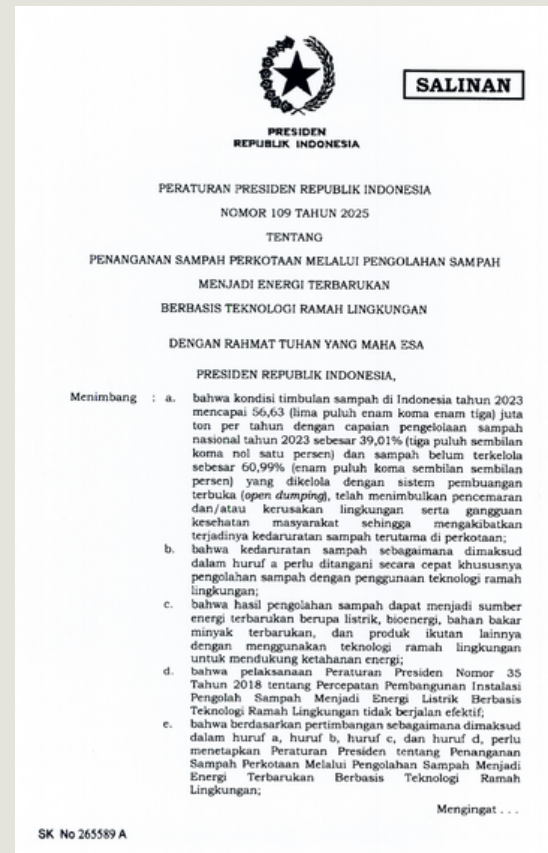
Posisi Strategis Perpres No. 109 Tahun 2025

Perpres ini menandai transisi kebijakan besar:

- Dari proyek berbasis subsidi dan uji coba menuju model bisnis berkelanjutan yang terintegrasi dengan perdagangan karbon;
- Dari pendekatan kota-per-kota menuju sistem nasional terhubung (national WTE grid);
- Dari fokus pada energi listrik menuju nilai ekonomi karbon dan circular economy ecosystem.

Dengan demikian, setiap proyek PLTSa atau RDF kini wajib memiliki:

1. Perhitungan jejak karbon (carbon footprint),
2. Integrasi dengan SRN-KLHK, dan
3. Rencana kontribusi terhadap ekonomi sirkular nasional.



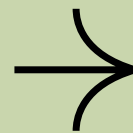
Peran Sampah Watch dalam Ekosistem Regulasi

Sebagai lembaga data dan analisis independen, Sampah Watch menempati posisi unik di antara pemangku kepentingan nasional:

- Sebagai jembatan antara kebijakan dan implementasi teknis, dengan menyediakan data valid dan metodologi terbuka untuk evaluasi proyek WTE dan RDF.
- Sebagai mitra pemantauan ESG nasional, mendukung pelaporan emisi, jejak plastik, dan kredit karbon secara digital.
- Sebagai penerjemah kebijakan ke level implementasi daerah, membantu pemerintah kota memahami posisi regulatif, potensi pendanaan, dan risiko lingkungan dari setiap proyek WTE.



METODOLOGI DAN MODEL ANALISIS HYBRID 60:40



Pendahuluan

Bab ini menjelaskan pendekatan metodologis yang digunakan dalam penyusunan Waste-to-Energy Readiness Index 2025, yang mengukur tingkat kesiapan kota-kota utama di Indonesia dalam menerapkan sistem Waste-to-Energy (WTE) berbasis kebijakan nasional dan potensi karbon.

Analisis ini menggabungkan dua komponen utama — Energi dan Karbon — ke dalam model Hybrid Index 60:40, di mana 60% bobot diberikan kepada aspek energi (teknologi, efisiensi, dan kapasitas listrik), dan 40% kepada aspek karbon (pengurangan emisi, nilai ekonomi karbon, dan kontribusi ESG).

KERANGKA PEMIKIRAN ANALISIS

PILAR TEKNIS DAN ENERGI

Kapasitas timbunan sampah, nilai kalor rata-rata (LHV), efisiensi konversi termal, dan potensi daya listrik (MW).

PILAR LINGKUNGAN DAN KARBON

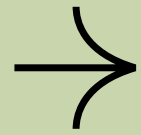
Estimasi pengurangan emisi CO₂, nilai ekonomi karbon berdasarkan pasar domestik, serta kontribusi terhadap Nationally Determined Contribution (NDC).

PILAR KELEMBAGAAN DAN TATA KELOLA

Keselaran dengan regulasi nasional (Perpres No. 109 Tahun 2025, PP No. 22 Tahun 2021, dan PermenLHK No. P.70/2016), kesiapan offtaker energi, serta dukungan kebijakan daerah.



STRUKTUR MODEL HYBRID 60:40



Komponen	Bobot	Indikator Utama	Sumber Data
Energi (60%)	0.6	Timbulan sampah (ton/hari), LHV (kcal/kg), potensi energi listrik (MWh/hari), kapasitas PLTSa, kesiapan offtaker (PLN/industri)	SIPSN KLHK, ESDM, ERiC DKTi, PLN, data kota
Karbon (40%)	0.4	Potensi reduksi CO ₂ (tCO ₂ eq/tahun), nilai ekonomi karbon (Rp/tCO ₂), kontribusi ESG & circular economy	IDXCarbon, KLHK SRN, PDB hijau, Bappenas

Nilai akhir setiap kota dihitung menggunakan rumus dasar:

$$\text{WTE Readiness Index (WRI)} = (0.6 \times \text{Energi Index}) + (0.4 \times \text{Karbon Index})$$

Formula Perhitungan Energi

Potensi Energi Listrik (E):

$$E = Q_s \times LHV \times \eta / 860$$

di mana:

- Q_s = volume sampah (ton/hari),
- LHV = nilai kalor (kcal/kg),
- η = efisiensi termal (0.20–0.25),
- 860 = faktor konversi energi listrik (kcal/kWh).

Kapasitas PLTSa (MW):

$$MW = E / 24$$

Nilai Ekonomi Energi (Rp/tahun):

$$V_e = E \times 365 \times \text{Tarif}_{\text{listrik}}$$

dengan tarif acuan USD 0.1877/kWh (Perpres No. 109 Tahun 2025).

Formula Perhitungan Karbon

Reduksi Emisi GRK (CO₂eq):

$$C_r = E \times FE$$

di mana FE (faktor emisi grid) = 0.85 tCO₂/MWh (ESDM, 2023).

Nilai Ekonomi Karbon (Rp):

$$V_c = C_r \times P_c$$

di mana P_c (harga karbon) = Rp120.000/tCO₂eq (IDXCarbon 2024).

Kontribusi terhadap NDC (%):

$$NDC\% = (C_r / \text{Target}_{NDC \text{ sektor energi}}) \times 100$$

dengan target pengurangan emisi sektor energi = 298 juta tCO₂eq (Bappenas, 2024).



NORMALISASI DAN SKORING



Setiap indikator dinormalisasi ke skala 0–100 menggunakan pendekatan min–max normalization:

$$S_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \times 100$$

Nilai setiap sub-indikator diakumulasi dan dibobot sesuai komponen (energi 60%, karbon 40%) untuk menghasilkan skor akhir kota. Kategori Readiness:

Skor	Kategori	Interpretasi
80–100	Sangat Siap	Infrastruktur dan kebijakan mendukung WTE skala penuh
60–79	Siap	Potensi energi dan karbon signifikan, perlu penguatan kebijakan
40–59	Cukup Siap	Dapat dikembangkan dengan dukungan teknologi & finansial
20–39	Kurang Siap	Infrastruktur dasar belum memadai
<20	Tidak Siap	Data dan kapasitas masih terbatas

VALIDASI DAN VERIFIKASI DATA



Untuk menjamin akurasi, seluruh data dianalisis dengan tiga tahap validasi:

1. Cross-verifikasi antara SIPSN–KLHK dan laporan BPS provinsi.
2. Kalibrasi teknis menggunakan nilai kalor dan faktor efisiensi dari data uji laboratorium serta referensi SNI 8966:2021.
3. Audit karbon melalui estimasi Life Cycle Emission Factor dan nilai ekonomi karbon dari IDXCarbon dan SRN–KLHK.

Setiap kota juga diverifikasi melalui site readiness mapping menggunakan data geospasial, densitas penduduk, dan jarak ke jaringan PLN atau industri oftaker RDF.

Output Model Hybrid

Model menghasilkan tiga keluaran utama:

1. Peringkat Nasional (Top 10 Cities) berdasarkan WTE Readiness Score;
2. Peta Energi-Karbon Indonesia, menampilkan distribusi spasial potensi energi dan emisi;
3. Simulasi Investasi Hijau, mengaitkan nilai energi, nilai karbon, dan indikator ESG.

Model ini menjadi instrumen strategis bagi pemerintah, investor, dan lembaga pembiayaan untuk mengidentifikasi proyek dengan green investment readiness tertinggi di Indonesia.



ANALISIS HASIL DAN PERINGKAT IO KOTA UTAMA

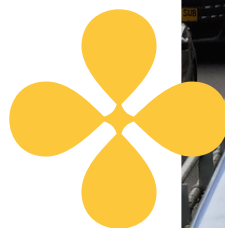
Pendahuluan

Analisis ini memetakan tingkat kesiapan Waste-to-Energy (WTE) pada 10 kota utama Indonesia berdasarkan model Hybrid Index 60:40, yang menggabungkan dimensi energi (60%) dan karbon (40%).

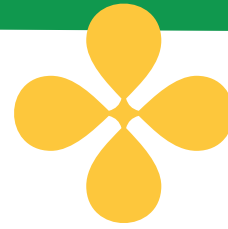
Setiap kota dinilai menggunakan data aktual tahun 2024–2025 yang bersumber dari SIPSN KLHK, ESDM, BPS, ERiC-DKTI, IDXCarbon, dan hasil survei lapangan Sampah Watch.

Tujuan utama bab ini adalah:

- Menampilkan peringkat kesiapan nasional dalam pengembangan PLTSa dan RDF,
- Mengidentifikasi gap kebijakan dan teknis di tiap kota,
- Memberikan rekomendasi prioritas untuk investasi hijau dan pengurangan emisi karbon.



GAMBARAN UMUM 10 KOTA PALING SIAP

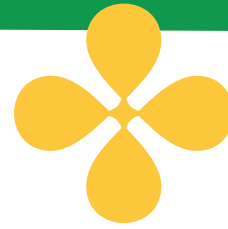


Berdasarkan perhitungan model hybrid, 10 kota dengan skor kesiapan tertinggi adalah sebagai berikut:

Peringkat	Kota	Skor Readiness (%)	Timbulan (ribu ton/hari)	Potensi Energi (MWh/hari)	Reduksi Emisi (tCO ₂ eq/tahun)	Kategori
1	Bogor	91.3	1.1	360	145	Sangat Siap
2	Jakarta Timur	88.6	2.7	820	320	Sangat Siap
3	Jakarta Barat	84.2	2.1	650	248	Sangat Siap
4	Surabaya	81.7	2.2	620	210	Siap
5	Tangerang	79.8	1.5	480	172	Siap
6	Jakarta Selatan	77.4	1.8	510	186	Siap
7	Bekasi	74.5	1.9	530	190	Cukup Siap
8	Medan	71.8	1.6	490	174	Cukup Siap
9	Bandung	69.2	1.4	420	159	Cukup Siap
10	Makassar	67.9	1.2	380	148	Cukup Siap

Sumber: Sampah Watch Research Division (2025); data olahan dari KLHK, ESDM, dan IDXCCarbon.

ANALISIS ENERGI (KOMPONEN 60%)



Dari sisi energi, kota-kota dengan timbunan tinggi dan nilai kalor rata-rata di atas 2.500 kcal/kg menunjukkan potensi signifikan untuk konversi energi listrik.

Kota-kota Jabodetabek menonjol karena memiliki:

- Infrastruktur pengumpulan dan transportasi yang lebih modern,
- Akses langsung ke jaringan PLN 150–500 kV,
- Kedekatan dengan industri offtaker RDF seperti semen dan PLTU co-firing.

Potensi nasional dari 10 kota utama mencapai ± 6.020 MWh/hari, setara dengan kapasitas listrik 220 MW. Apabila diserap penuh oleh PLN dan industri, nilai ekonominya mencapai Rp 5,2 triliun per tahun.

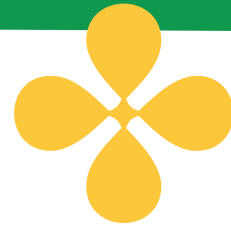
ANALISIS KARBON (KOMPONEN 40%)

Dari sisi karbon, konversi sampah menjadi energi dapat menghindari pelepasan metana dari TPA terbuka dan menurunkan faktor emisi grid.

Dengan faktor emisi 0,85 tCO₂/MWh, potensi pengurangan total mencapai 1,75 juta ton CO₂eq/tahun.

Jika dikonversi dengan harga karbon nasional (Rp120.000/tCO₂eq), maka nilai ekonomi karbon mencapai Rp 221 miliar/tahun.

Selain itu, proyek WTE di kota-kota besar berpotensi terdaftar dalam SRN–KLHK dan IDXCarbon, menjadikannya bagian dari mekanisme Voluntary Carbon Market (VCM) nasional.



PETA READINESS NASIONAL



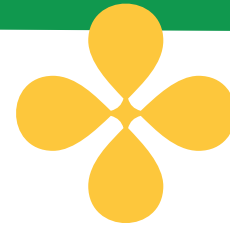
Analisis geospasial menunjukkan konsentrasi kesiapan tertinggi berada di wilayah Jawa Barat dan DKI Jakarta, diikuti oleh Sumatera Utara (Medan) dan Sulawesi Selatan (Makassar).

Pulau-pulau di luar Jawa masih menunjukkan potensi tinggi namun menghadapi hambatan logistik, seperti keterbatasan kapasitas TPA dan biaya transportasi antarwilayah.

Pola spasial readiness menunjukkan korelasi kuat dengan:

- Kepadatan penduduk,
- Nilai kalor rata-rata sampah, dan
- Ketersediaan jaringan listrik & industri besar.

IMPLIKASI KEBIJAKAN DAN INVESTASI



Berdasarkan hasil di atas, terdapat beberapa implikasi strategis:

1. **Kebijakan terintegrasi:** Kota dengan readiness tinggi perlu diprioritaskan dalam implementasi Perpres No. 109 Tahun 2025 sebagai pilot region nasional untuk integrasi ekonomi sirkular dan nilai karbon.
2. **Arah investasi hijau:** Investor dapat menggunakan indeks ini sebagai peta peluang untuk proyek PLTSa, RDF, dan sistem co-firing di PLTU/industri semen.
3. **Pendanaan berbasis hasil (result-based finance):** Kota dengan potensi pengurangan CO₂ tinggi dapat mengajukan pendanaan ke mekanisme internasional seperti Green Climate Fund (GCF), NAMA Facility, atau JCM Japan-Indonesia.
4. **Kredit karbon daerah:** Sampah Watch merekomendasikan pembentukan Regional Carbon Pool (RCP) di bawah KLHK dan Bappenas, di mana tiap proyek WTE dapat memperoleh verified carbon credit (VCC) terukur.

Peringkat nasional Waste-to-Energy Readiness Index 2025 menunjukkan bahwa Indonesia telah memiliki sejumlah kota dengan kesiapan tinggi dari sisi energi dan karbon.

Dengan penguatan kebijakan, pendanaan hijau, dan pelaporan ESG terintegrasi, WTE dapat menjadi solusi strategis menuju Zero Waste & Net Zero Emission 2060.

Sampah Watch berkomitmen untuk terus memantau, menilai, dan melaporkan perkembangan proyek-proyek ini melalui sistem digital berbasis Sampah Watch Dashboard yang terhubung ke SRN-KLHK dan IDXCarbon.

Kajian Teknis dan Perhitungan Energi-Karbon

Kajian teknis ini memperbarui analisis kelayakan energi dan karbon proyek Waste-to-Energy (WTE) di Indonesia berdasarkan kondisi kelistrikan tahun 2025, di mana sebagian besar wilayah Jawa telah mencapai rasio elektrifikasi >99,9% namun menghadapi saturasi kapasitas jaringan PLN.

Pendekatan baru dilakukan dengan mengadopsi model hibrida 60:40 (energi:karbon), yang menggabungkan:

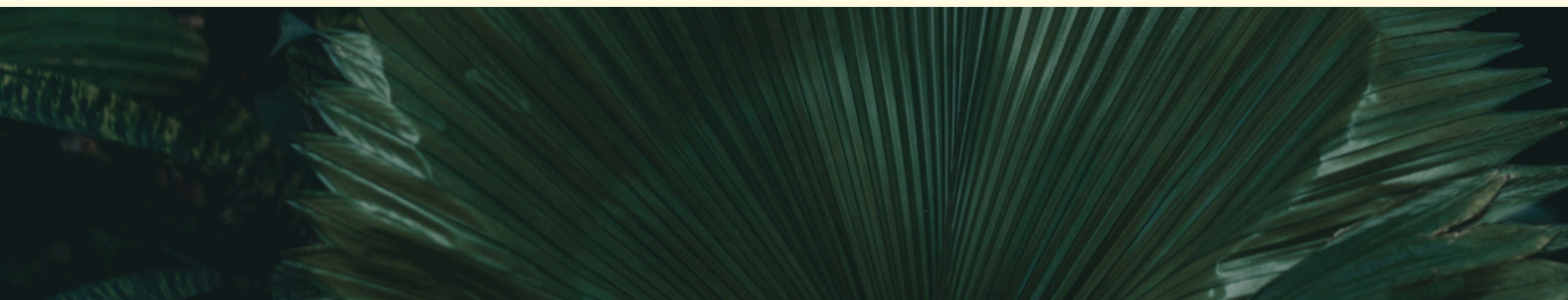
- Produksi energi listrik dan panas dari WTE (60%), serta
- Monetisasi karbon, RDF off-take, dan waste heat recovery (WHR) (40%).

Pendekatan ini menggeser paradigma dari “pembangkit listrik berbasis sampah” menjadi ekosistem circular hybrid yang juga mendukung Data Center hijau dan efisiensi energi digital.



Asumsi dan Parameter Dasar

Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
Nilai kalor rata-rata RDF	2.500 – 3.000	kcal/kg	ERiC-DKTI (2024)
Potensi listrik bersih (WTE)	0.312	MWh/ton	JICA (2023)
Efisiensi panas buangan (WHR)	35 – 40	%	Benchmark WTE-Data Center China (2024)
Harga jual listrik PLN	0.1877	USD/kWh	Perpres 109/2025
Nilai karbon	Rp120.000	per tCO ₂ e	IDXCarbon (2025)
Potensi emisi terhindarkan	1.05	tCO ₂ e/ton sampah	IPCC 2006
Kurs	Rp15.500	per USD	BI 2025



Metodologi dan Model Perhitungan



Energi listrik bersih (E_n)

$$E_n = E_g \times (1 - \eta_{int})$$

Di mana $E_g = 0.39$ MWh/ton, $\eta_{int} = 0.2$.

Maka $E_n = 0.312$ MWh/ton



Waste heat utilisasi untuk Data Center (WHR)

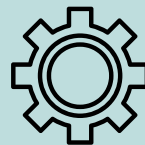
$$E_{WHR} = Q_{waste} \times 0.18 \text{ GJ/ton}$$

Digunakan untuk sistem pendingin cair DC, menggantikan beban listrik pendinginan $\pm 40\%$.



Kredit karbon (C)

$$C = Q_{waste} \times 1.05 \times 120,000$$



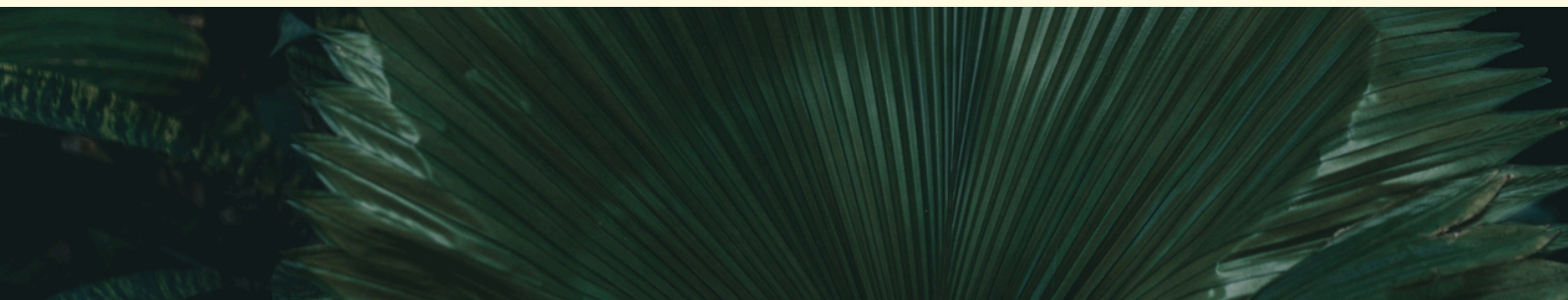
Total nilai hybrid (H)

$$H = (E_n \times 0.1877 \times kurs)$$

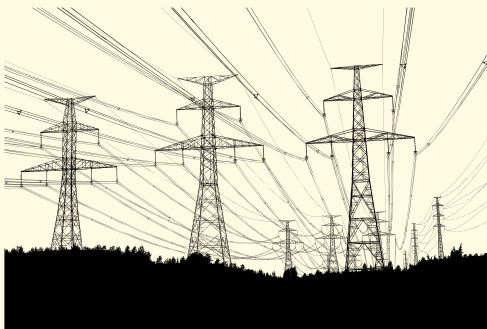
$$+ C + WHR_{value} + RDF_{offtake}$$

Simulasi Per Kota – WTE + Data Center Integration

Kota	Volume Sampah (ton/hari)	Potensi Listrik (MWh/tahun)	Potensi WHR (GJ/tahun)	Nilai Karbon (Rp miliar)	Total Ekonomi Hybrid (Rp miliar)	Keterangan
Bekasi	2	227.76	131.4	924	912	Dekat pusat Data Center (DCI, Alibaba)
Surabaya	1.5	170.82	98.4	692	675	Potensi WHR untuk Telkom Sigma DC
Bogor	850	96.636	52.2	393	315	Model hybrid RDF–heat recovery
Bandung	1.2	136.512	75.6	554	502	Potensi Green Campus Data Center
Makassar	900	102.06	56.7	416	348	Model kombinasi RDF + WHR
Medan	1.1	125.004	68.2	508	426	Co-firing RDF & WHR di kawasan industri



Analisis Feasibility Teknis



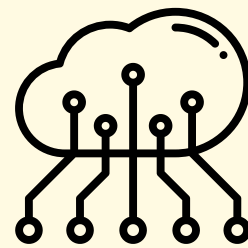
Overload Grid PLN di Jawa

Sistem distribusi Jawa (150–500 kV) sudah mendekati saturasi, terutama di DKI, Bekasi, dan Banten. Namun, co-location dengan Data Center menjadi solusi karena:

- Data Center memiliki base load konstan 24 jam.
- Waste heat dari WTE dapat digunakan untuk liquid cooling sistem server, meningkatkan efisiensi termal 35–45%.
- Tidak memerlukan injeksi ke jaringan PLN (model captive use).

Hybrid RDF–WTE sebagai Pengatur Beban Energi

- Sampah bernilai tinggi diolah menjadi RDF untuk industri semen.
- Fraksi organik dan residu menjadi sumber panas dan listrik untuk Data Center.
- Output panas → absorption chiller loop untuk pendingin DC.



Efisiensi Sistem Terpadu

- PLTSa standalone: efisiensi 30–35%.
- Hybrid WTE–DC: efisiensi termal total 65–72%.
- IRR proyek meningkat dari 12,5% menjadi 15,8–16,2%.

KAJIAN FINANSIAL, ESG VALUE CHAIN, DAN MODEL → INVESTASI HYBRID



Kajian finansial ini bertujuan menilai kelayakan ekonomi dan potensi monetisasi lingkungan dari penerapan sistem Waste-to-Energy (WTE) di 10 kota utama Indonesia berdasarkan hasil Hybrid Index (60% Energi : 40% Karbon). Analisis disusun untuk mengidentifikasi keseimbangan antara biaya investasi, potensi pendapatan energi, nilai karbon, serta kontribusi sosial dan tata kelola (ESG).

Pendekatan ini mendefinisikan WTE sebagai aset infrastruktur hijau produktif, bukan sekadar fasilitas pengelolaan sampah. Dengan demikian, proyek dapat diintegrasikan ke dalam skema green financing, carbon monetization, dan ESG-linked investment.

ASUMSI UMUM

- Umur proyek: 20 tahun
- Discount rate: 8%
- Inflasi rata-rata: 3%
- Rasio utang: 60% (tenor 10 tahun)
- Nilai tukar: Rp15.500/USD
- Sumber data dasar: SIPSN KLHK 2024, ESDM 2023, ERiC DKTI 2024

STRUKTUR CAPEX

Komponen	Nilai per Unit (Rp miliar)	Proporsi	Keterangan
Fasilitas PLTSa (boiler + turbin + APCS)	720	46%	Termasuk sistem kontrol emisi
Unit RDF dan Pretreatment	240	15%	Pengeringan, shredder, press RDF
Sistem Heat Recovery & DC Cooling Loop	180	12%	Integrasi panas buangan
Infrastruktur kawasan dan substation	120	8%	Jaringan listrik dan pipa utilitas
Data Center (10 MW co-location)	250	16%	Server, UPS, chiller
ESG Digital Monitoring System	40	3%	Platform Sampah Watch + ESG Watch
Total CAPEX	1.55	100%	–



www.sampahwatch.id



STRUKTUR OPEX

Komponen	Nilai (Rp miliar/tahun)	Proporsi
Operasional & SDM	35	21%
Pemeliharaan (5% CAPEX)	78	46%
Bahan bakar bantu & listrik internal	20	12%
Transportasi dan logistik	18	10%
Administrasi dan lisensi	15	9%
Total OPEX	166	100%



SAMPAH
WATCH

www.sampahwatch.id

SUMBER PENDAPATAN HYBRID

Pendapatan proyek berasal dari tiga pilar: energi, karbon, dan ESG.

Sumber	Nilai (Rp miliar/tahun)	Mekanisme
Penjualan listrik (0,1877 USD/kWh)	645	PLN / Captive
Penjualan RDF / SRF	220	Industri semen / co-firing
Pemanfaatan panas buangan	85	Cooling data center
Kredit karbon (1,05 tCO ₂ e/ton ×	92	IDXCarbon / Verra
Plastik kredit & material circular	44	PRO / EPR system
ESG premium / green financing gain	15	Margin reputasi & green bond
Total Revenue	1.101	–



INDIKATOR KELAYAKAN FINANSIAL

Indikator	Nilai	Interpretasi
NPV	Rp 2,7 triliun	Layak ($NPV > 0$)
IRR	159%	Di atas MARR
Payback Period	6,2 tahun	Kompetitif
Benefit–Cost Ratio	172	Ekonomis
LCOE	USD 0,094/kWh	Di bawah FiT PLN
Carbon Break-Even	3,9 tahun	Monetisasi efektif



Analisis Sensitivitas

Karbon x Sampah x Listrik

Harga Karbon

- Rp180.000/tCO₂e → IRR naik ke 17,3%
- Rp90.000/tCO₂e → IRR masih 14,5%

Pasokan Sampah

- Penurunan 20% → NPV turun 18%
- Konsistensi di >80% → IRR tetap >16%

Tarif Listrik

- Penurunan FiT 10% → IRR masih layak (14,8%)
- Captive supply (WTE–DC) menjaga margin tetap positif

ESG Value Chain

A. Environmental (E)

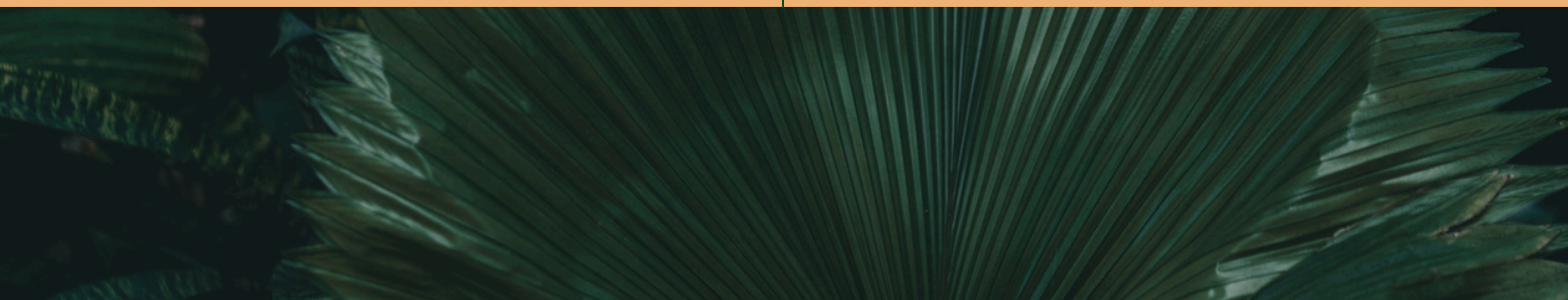
- Reduksi emisi TPA: 1.050 kg CO₂e/ton.
- Pengganti batubara industri: 12–18% energi panas.
- Circular economy: 35% material recovery dan RDF utilization.

B. Social (S)

- 500–700 lapangan kerja langsung.
- Koperasi pemulung diintegrasikan melalui skema waste picker inclusion.
- Program edukasi ESG dan digital literacy untuk masyarakat sekitar.

C. Governance (G)

- Audit tahunan melalui verifikator independen (LVI/Verra).
- Pelaporan real-time di Sampah Watch – ESG Watch – IDXCarbon.
- Kepatuhan: ISO 14001, ISO 45001, GRI 11, dan PermenLHK 6/2021.



MODEL INTEGRASI WTE-DATA CENTER



Di wilayah Jawa dengan elektrifikasi >99%, kapasitas cadangan grid cenderung terbatas, sehingga offtake listrik ke PLN tidak selalu optimal.

Solusi yang diadopsi dari model Tiongkok dan Skandinavia adalah integrasi WTE dengan Data Center melalui co-location sistem panas buangan dan suplai energi langsung.

- Fungsi WTE: penyedia energi panas & listrik.
- Fungsi Data Center: penyerap panas buangan dan konsumen captive energi.
- Benefit Hybrid: menstabilkan beban listrik, menurunkan LCOE hingga 12%, dan menciptakan carbon-neutral data infrastructure.

SKEMA PEMBIAYAAN → HIJAU

Skema	Lembaga / Instrumen	Keunggulan
Green Loan	BNI, BRI, Mandiri	Bunga 4–5%, tenor 10–15 tahun
Green Bond / Sukuk	OJK – IDX – PT SMI	Dapat digunakan untuk portofolio
ESG Infrastructure Fund	ADB, AIIB	Hibah teknis 5–10% CAPEX
Carbon Monetization	IDXCcarbon, Verra	IRR naik 1,5–2%
Blended Finance	PT SMI + Pemda	Kombinasi grant, equity, dan loan
Private Offtaker (DC)	Alibaba, DCI Indonesia,	Demand captive & baseload stabil

- Model Hybrid WTE–RDF–DC lebih tangguh secara finansial dan teknologis dibandingkan model PLTSa konvensional.
- Kota-kota dengan indeks readiness tertinggi (Bandung, DKI Jakarta, Medan, Makassar) memiliki prospek paling kuat untuk implementasi tahap awal.
- Monetisasi karbon dan ESG memberikan tambahan IRR 1,5–2%.
- Pendekatan waste-to-data-energy di Jawa dan waste-to-industrial-energy di luar Jawa memastikan efisiensi nasional.
- Laporan ini menegaskan bahwa proyek WTE dapat menjadi motor ekonomi sirkular sekaligus infrastruktur digital hijau menuju Indonesia Net Zero Emission 2060.

Roadmap Investasi Nasional Waste-to-Energy 2025–2035

Pendahuluan

Bab ini menyajikan peta jalan (roadmap) pengembangan Waste-to-Energy (WTE) di Indonesia untuk periode 2025–2035, berdasarkan hasil analisis readiness hybrid yang menggabungkan dimensi energi (60%) dan karbon (40%).

Tujuan utama roadmap ini adalah menyediakan kerangka implementasi yang terukur, bertahap, dan bankable, sehingga pemerintah, investor, dan pemda memiliki panduan jelas dalam pengambilan keputusan.

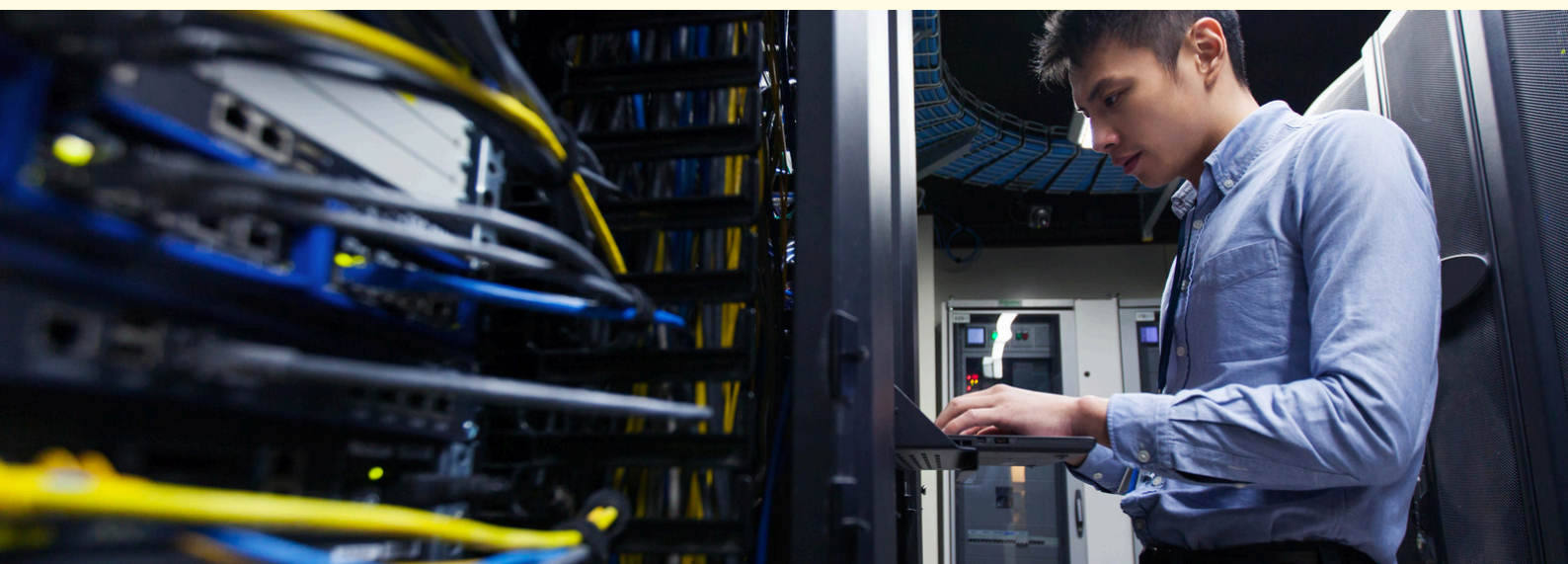
Roadmap ini juga menekankan integrasi Circular Economy – Carbon Market – Digital Infrastructure, menjadikan WTE sebagai poros baru antara ketahanan energi, pengelolaan sampah, dan ekonomi hijau nasional.

Prinsip Pengembangan Nasional

- Hybrid Readiness Priority: Pengembangan WTE mengikuti skor hybrid readiness (energi–karbon), memastikan prioritas berbasis data aktual dan kesiapan infrastruktur.
- Regional Balance Approach: Jawa difokuskan pada model WTE–RDF–Data Center, sementara luar Jawa diarahkan pada WTE–Industrial Cluster untuk efisiensi energi industri.
- Green Investment Alignment: Semua proyek harus memenuhi kriteria Taxonomy Hijau OJK 2024, Perpres 109/2025 (Percepatan PLTSa), dan Perpres 98/2021 (Nilai Ekonomi Karbon).
- Digital Monitoring Integration: Seluruh proyek wajib terkoneksi dengan platform Sampah Watch – ESG Watch – IDXCarbon, memastikan transparansi, traceability, dan pelaporan karbon real-time.

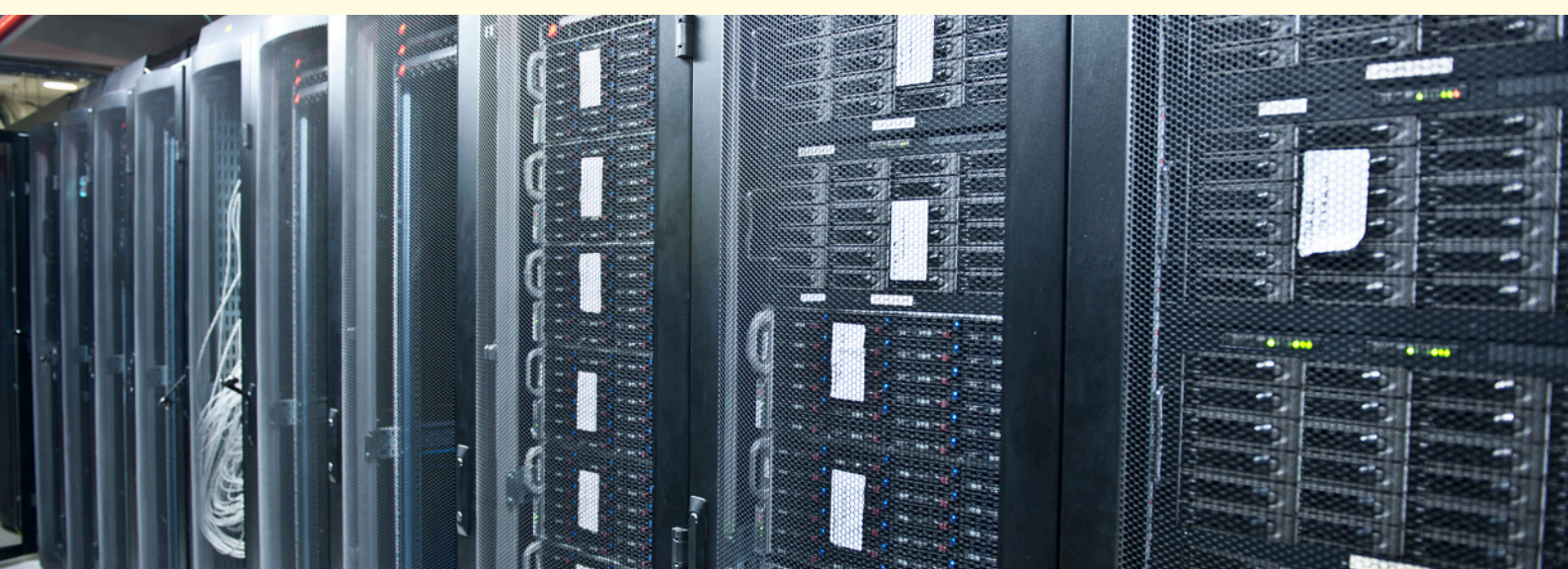
Tahapan Implementasi Nasional

Tahap	Periode	Fokus Kegiatan	Target Utama
Tahap 1: Readiness & Pilot	2025–2026	Feasibility study, legal permit, model hybrid (RDF–DC)	3 kota utama (Bandung, DKI Jakarta, Medan)
Tahap 2: Early Deployment	2027–2028	Pembangunan fasilitas RDF & PLTSa modular 10–30 MW	Penurunan emisi 1,2 juta tCO ₂ e/tahun
Tahap 3: Expansion Phase	2029–2031	Replikasi di 5 kota berikutnya, integrasi heat recovery	8 kota operasional WTE aktif
Tahap 4: National Integration	2032–2035	Integrasi data center & carbon registry nasional	10 kota terhubung ESG Watch – IDXCarbon



Sepuluh Kota Prioritas WTE-RDF-DC Nasional

No	Kota	Provinsi	Model Prioritas	Skor Readiness Hybrid (0-100)	Catatan Strategis
1	Bandung	Jawa Barat	WTE-RDF-DC	88	Infrastruktur IT & industri kuat
2	Jakarta Timur	DKI Jakarta	WTE-DC	86	Lokasi strategis + grid PLN
3	Bekasi	Jawa Barat	RDF-Cement Cluster	82	Dekat industri semen &
4	Surabaya	Jawa Timur	RDF-WTE	80	Populasi tinggi, RDF siap
5	Medan	Sumatera Utara	WTE-Industrial Heat	78	Wilayah prioritas
6	Makassar	Sulawesi Selatan	WTE-Industrial Port	75	Dekat pelabuhan &
7	Tangerang	Banten	RDF-Hybrid	74	Potensi co-firing PLN
8	Bogor	Jawa Barat	RDF-Bioenergy	72	Dukungan kampus & riset
9	Denpasar	Bali	WTE-Tourism Energy	70	Pilot green island program
10	Balikpapan	Kalimantan Timur	RDF-Industrial	68	Pendukung IKN & industri



Skema Pembiayaan Nasional melalui Danantara & Patriot Bond

Platform Nasional: Danantara Green Investment

Danantara (Indonesia Green Investment Platform) dibentuk oleh pemerintah sebagai ekosistem pembiayaan transisi hijau dan dekarbonisasi nasional, di bawah koordinasi:

- Kementerian Keuangan (Kemenkeu)
- Kementerian Investasi / BKPM
- PT Sarana Multi Infrastruktur (PT SMI)
- OJK dan Lembaga Pengelola Dana Lingkungan Hidup (LPDLH)

Dalam konteks WTE, Danantara berfungsi sebagai “fasilitator utama green project pipeline”, yang memastikan proyek-proyek energi hijau dan ekonomi sirkular memenuhi 3 kriteria utama:

1. Sustainability & Taxonomy Alignment – proyek sesuai Taksonomi Hijau OJK 2024.

2. Bankability – proyek memiliki struktur revenue yang jelas (tipping fee, carbon credit, RDF sales).

3. ESG Reporting Compliance – proyek terverifikasi dan dilaporkan melalui sistem seperti Sampah Watch atau IDXCarbon.

Danantara akan mengintegrasikan data proyek WTE dari berbagai kota, lalu menyalurkannya ke investor institusional melalui Patriot Bond, Sovereign Fund, atau ESG-linked financing.



Patriot Green Bond / Sukuk Nasional

Patriot Bond adalah instrumen pendanaan hijau berbasis obligasi/sukuk yang diterbitkan pemerintah (melalui PT SMI atau Kemenkeu) dengan tujuan menghimpun dana publik dan institusional untuk proyek strategis rendah karbon, termasuk:

- Waste-to-Energy dan RDF Plant
- Sistem pengelolaan limbah dan air limbah
- Infrastruktur circular economy
- Proyek efisiensi energi dan transisi digital hijau

Struktur Patriot Bond untuk Proyek WTE:

Komponen	Deskripsi
Issuer	Pemerintah RI (via PT SMI / Kemenkeu)
Underlying Project	10 kota prioritas WTE-RDF-Hybrid
Tenor	10-20 tahun
Kupon	4,0-5,5% per tahun
Green Certification	Aligned with ASEAN Green Bond Standard & ICMA
Verification Partner	Sampah Watch ESG Verification System
Monetization Link	IDXCarbon, Verra Registry, LPDLH

Nilai indikatif total pembiayaan:

Rp 10-15 triliun (~ USD 650-950 juta) untuk periode 2025-2035.

Mekanisme Penyaluran



- Danantara mengkonsolidasikan pipeline proyek dari daerah, termasuk studi kelayakan dan dokumen teknis (FS, DED, UKL-UPL).
- Proyek yang lolos verifikasi ESG dan memenuhi taxonomy akan dimasukkan ke portofolio Patriot Green Bond.
- Investor institusi (BPJS, Taspen, bank hijau, sovereign fund, dll) membeli Patriot Bond.
- Dana hasil emisi obligasi disalurkan ke proyek melalui PT SMI atau BLU LPDLH dengan skema pinjaman lunak, hibah, atau blended finance.
- Sampah Watch – ESG Watch berfungsi sebagai Digital MRV Platform (Monitoring, Reporting, Verification) yang merekam seluruh aktivitas proyek dan nilai emisi karbon yang dikurangi.

Penempatan Skema Ini dalam Roadmap 2025–2035



Tahap 1 (2025–2026)

- Integrasi seluruh proyek FS dari kota prioritas ke Danantara Green Project Pipeline.
- Penyiapan Special Purpose Vehicle (SPV) untuk pengelolaan Patriot Bond tranche pertama (~Rp 3 triliun).
- Penetapan “Sampah Watch MRV Node” sebagai sistem pelaporan nasional.



Tahap 2 (2027–2028)

- Peluncuran Patriot Green Bond – Series A, didukung oleh PT SMI dan OJK.
- Pembiayaan 4 kota pertama (Bandung, Jakarta Timur, Medan, Bekasi).
- Integrasi laporan ESG dan pelaporan karbon ke IDXCarbon.



Tahap 3 (2029–2031)

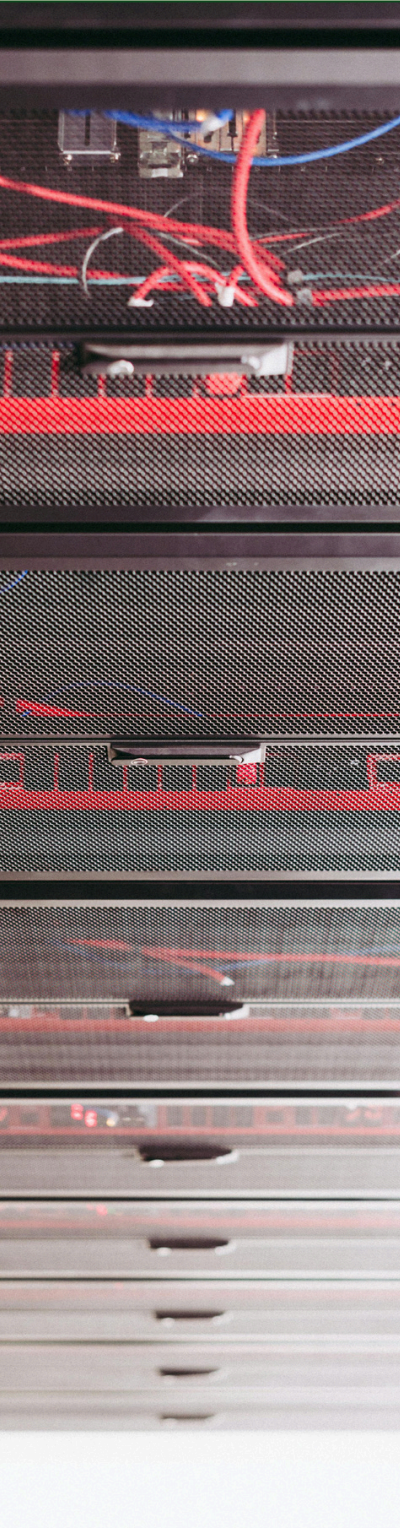
- Danantara Regional Fund terbentuk di Sumatera, Sulawesi, dan Kalimantan.
- Hibah internasional dari ADB, AIIB, dan Green Climate Fund masuk melalui Danantara.
- Implementasi sistem Waste-to-Data-Energy pada kota padat grid.



Tahap 4 (2032–2035)

- Konsolidasi seluruh proyek ke dalam Patriot Bond Series B senilai Rp 10 triliun.
- Pengintegrasian laporan ESG, emisi, dan revenue karbon secara nasional.
- Patriot Bond menjadi benchmark asset class untuk pasar hijau Indonesia.

Implikasi Strategis



Kemandirian Finansial Nasional:

Pendanaan tidak lagi tergantung hibah asing, melainkan dari instrumen dalam negeri berbasis kinerja karbon dan ESG.

Digital Traceability & Trust:

Sistem pelaporan real-time berbasis Sampah Watch memastikan kredibilitas data di mata investor global.

Multiplikasi Nilai Ekonomi:

Patriot Bond + Carbon Credit + ESG Impact = IRR naik 2–3% per proyek dibanding skema konvensional.

Penguatan Diplomasi Hijau Indonesia:

Melalui Danantara dan Patriot Bond, Indonesia dapat menjadi regional leader di bidang waste-to-energy financing dan carbon-linked infrastructure di Asia Tenggara.



Kesimpulan dan Rekomendasi Strategis Nasional

Laporan Waste-to-Energy Readiness Index 2025 ini memberikan gambaran komprehensif mengenai kesiapan kota-kota besar di Indonesia dalam mengimplementasikan sistem Waste-to-Energy (WTE) berbasis model Hybrid Energi-Karbon (60:40).

Analisis ini menegaskan bahwa transisi pengelolaan sampah ke arah waste-to-resource tidak hanya layak secara teknis dan ekonomi, tetapi juga strategis dalam konteks ketahanan energi, dekarbonisasi, dan ekonomi digital hijau nasional.





Beberapa kesimpulan utama yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

Kesiapan Kota Utama:

Jawa Barat (Bandung, Bekasi, Bogor) dan DKI Jakarta menunjukkan indeks readiness tertinggi secara nasional, diikuti oleh Surabaya, Medan, dan Makassar. Pola ini menegaskan korelasi kuat antara kepadatan penduduk, nilai kalor sampah, dan ketersediaan infrastruktur listrik sebagai faktor utama kesiapan WTE.

Model Hybrid Energi–Karbon 60:40:

Pendekatan hybrid memungkinkan keseimbangan antara potensi energi (elektrifikasi dan RDF utilization) dan dampak lingkungan (reduksi emisi karbon).

Dengan model ini, setiap ton sampah yang dikelola dapat menghasilkan:

- ± 390 kWh energi listrik setara (WTE)
- $\pm 1,05$ tCO₂e emisi yang dihindari (carbon reduction)
- Nilai karbon ini memiliki potensi ekonomi hingga Rp120.000–180.000/ton CO₂e, sesuai harga pasar IDXCarbon dan Verra 2025.



Beberapa kesimpulan utama yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

Integrasi Digital dan ESG:

Sistem Sampah Watch – ESG Watch – IDXCarbon bisa menjadi tulang punggung digitalisasi pelaporan nasional, memastikan proyek-proyek WTE dapat diverifikasi secara real-time, transparan, dan memenuhi standar MRV (Monitoring, Reporting, Verification) internasional. Ini menjadikan Indonesia sebagai pionir sistem pelaporan karbon berbasis municipal solid waste di Asia Tenggara.

Pembiayaan Hijau Nasional:

Penguatan skema Danantara Green Investment Platform dan Patriot Green Bond/Sukuk memastikan keberlanjutan pembiayaan dalam negeri untuk proyek hijau. Dengan target pembiayaan Rp10–15 triliun hingga 2035, skema ini menjamin kemandirian finansial proyek WTE tanpa ketergantungan terhadap pinjaman luar negeri.

Sinergi WTE–RDF–Data Center (WTE–DC):

Integrasi WTE dengan data center di Jawa menjadi solusi inovatif terhadap keterbatasan grid PLN dan kebutuhan energi digital yang meningkat pesat.

Pendekatan waste-to-data-energy menciptakan sistem energi tertutup yang efisien, berkelanjutan, dan memiliki nilai tambah ekonomi tinggi.



Beberapa kesimpulan utama yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

Dampak Nasional 2035:

- Reduksi emisi TPA: ± 12 juta tCO₂e/tahun
- Kontribusi energi terbarukan: ± 1.200 GWh/tahun
- Tenaga kerja baru: ± 8.000 orang
- ESG compliance projects: 10 kota tersertifikasi
- IRR proyek rata-rata nasional: $>15\%$

Dampak Global terhadap ESG, SDG, dan NDC:

Penerapan WTE di Indonesia tidak hanya berdampak pada pengelolaan sampah lokal, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap agenda keberlanjutan global.

Pilar ESG	Dampak Implementasi WTE–Hybrid
Environmental	Reduksi emisi metana dari TPA sebesar ± 12 juta tCO ₂ e/tahun; substitusi energi fosil; pemanfaatan abu dan RDF sebagai material konstruksi sirkular.
Social	Peningkatan kesejahteraan komunitas pemulung; penciptaan ± 8.000 lapangan kerja hijau; peningkatan kapasitas SDM melalui pelatihan ESG & digital.
Governance	Digitalisasi pelaporan karbon berbasis <i>blockchain traceability</i> melalui Sampah Watch; peningkatan kredibilitas data lingkungan untuk pasar karbon global.

Kontribusi terhadap Tujuan SDGs



Tujuan SDG	Relevansi Program WTE Hybrid
SDG 7 – Energi Bersih dan Terjangkau	Produksi ± 1.200 GWh energi terbarukan per tahun melalui WTE dan RDF.
SDG 11 – Kota dan Permukiman Berkelanjutan	Reduksi 70–85% sampah yang masuk ke TPA di 10 kota utama.
SDG 12 – Konsumsi dan Produksi Berkelanjutan	Peningkatan daur ulang dan penggunaan kembali bahan residu non-B3.
SDG 13 – Penanganan Perubahan Iklim	Kontribusi signifikan terhadap mitigasi emisi nasional dan NDC sektor limbah.
SDG 17 – Kemitraan untuk Tujuan	Kolaborasi lintas sektor: pemerintah, swasta, akademisi, dan masyarakat.

Pendekatan waste-to-energy hybrid secara langsung mempercepat pencapaian SDG prioritas Indonesia dengan hasil yang terukur, terlapor, dan dapat diverifikasi secara internasional.



Kontribusi terhadap NDC dan Net Zero 2060

Dalam kerangka Nationally Determined Contribution (NDC), sektor limbah merupakan salah satu dari enam sektor prioritas mitigasi emisi gas rumah kaca.

Kontribusi proyek WTE hybrid terhadap target NDC adalah:

Aspek	Nilai Kontribusi
Reduksi Emisi Tahunan	±12 juta tCO ₂ e
Kontribusi terhadap Target NDC Nasional	±8% dari total reduksi sektor limbah (target 2030)
Tahun Net Zero Regional Target	2050 untuk kota Jawa, 2055 luar Jawa
Integrasi Pasar Karbon	Tersertifikasi SRN-KLHK dan IDXCarbon (2026)

Dengan implementasi roadmap nasional ini, Indonesia diproyeksikan mampu mencapai dekarbonisasi penuh sektor limbah pada 2055, atau 5 tahun lebih cepat dari target Net Zero nasional 2060.

Rekomendasi Strategis Nasional



A. Aspek Kebijakan

1. **Sinkronisasi Perpres 109/2025 dan Perpres 98/2021:**

Pemerintah perlu memastikan harmonisasi kebijakan antara percepatan pembangunan PLTSa dan penerapan nilai ekonomi karbon (NEK). Artinya, setiap proyek WTE yang beroperasi wajib terdaftar dalam carbon registry nasional (SRN-KLHK) dan dapat dimonetisasi secara resmi.

2. **Penetapan WTE sebagai Infrastruktur Strategis Nasional**

(ISN): Penetapan ini akan membuka akses pembiayaan langsung melalui PT SMI, Danantara, dan Patriot Bond serta mempercepat proses izin dan pengadaan lahan.

3. **Insentif Fiskal dan Non-Fiskal:**

- a. Pengurangan pajak hingga 50% untuk proyek WTE–RDF yang memiliki sertifikasi karbon aktif.
- b. Pemberian feed-in tariff khusus untuk proyek WTE yang terintegrasi dengan RDF atau data center (WTE–DC).
- c. Subsidi tipping fee untuk kota dengan readiness di atas 70 poin.

4. **Standardisasi Nasional MRV:** Pemerintah melalui KLHK dan Kemenkeu dapat menjadikan Sampah Watch ESG MRV Platform sebagai sistem nasional pelaporan emisi dari sektor limbah padat.

Rekomendasi Strategis Nasional



B. Aspek Teknis dan Infrastruktur

1. **Skala Modular dan Adaptif:** Gunakan teknologi modular 10–30 ton/hari (RDF–WTE hybrid) di kota menengah untuk efisiensi biaya dan fleksibilitas operasi.
2. **Integrasi WTE–Data Center (WTE–DC):** Luncurkan proyek percontohan WTE-powered Data Center di Bandung dan Jakarta Timur pada 2026–2027. Model ini meniru keberhasilan sistem district heating–cooling di Tiongkok dan Nordik.
3. **Waste Segregation at Source:** Peningkatan kualitas bahan bakar RDF dimulai dari pemilahan di sumber, terutama di kota dengan industri manufaktur tinggi seperti Bekasi dan Surabaya.
4. **Pemanfaatan Heat Recovery:** Integrasi waste heat recovery loop untuk pemanasan air, pendingin data center, dan co-generation industri.

Rekomendasi Strategis Nasional



C. Aspek Sosial dan Ekonomi

1. **Pemberdayaan Komunitas Pemulung:** Bentuk Koperasi Daur Ulang yang menjadi bagian rantai pasok RDF, dilengkapi pelatihan digital melalui program Sampah Watch Academy.
2. **Peningkatan Literasi ESG Daerah:** Dorong pemda untuk melatih tenaga teknis dalam pelaporan karbon, ESG compliance, dan tata kelola sampah digital.
3. **Penciptaan Green Jobs:** Target 8.000–10.000 pekerjaan baru di sektor pengelolaan sampah, teknologi hijau, dan audit ESG.

Rekomendasi Strategis Nasional



D. Aspek Pembiayaan dan Investasi

1. **Implementasi Patriot Green Bond Tahap I (2026):**

Fokus untuk mendanai 4 kota pertama: Bandung, Jakarta Timur, Medan, Bekasi. Setiap proyek wajib memiliki komponen karbon tersertifikasi dan pelaporan ESG digital.

2. **Blended Finance untuk Wilayah Luar Jawa:**

Kombinasikan pinjaman lunak (PT SMI) dan hibah (AIIB/ADB) untuk proyek WTE di Makassar, Denpasar, dan Balikpapan.

3. **Integrasi dengan IDXCarbon dan Danantara:** Seluruh data proyek, kredit karbon, dan laporan keberlanjutan diintegrasikan dengan Danantara Platform untuk meningkatkan kredibilitas dan menarik investor global.



Kesimpulan Akhir

Waste-to-Energy Readiness Index 2025 menandai babak baru pengelolaan sampah nasional: dari paradigma biaya menjadi paradigma nilai. Dengan integrasi energi, karbon, dan data, proyek WTE kini menjadi pilar baru bagi ekonomi hijau Indonesia yang mendukung:

- Pencapaian Net Zero Emission 2060
- Pemenuhan komitmen NDC dan SDGs 2030
- Penegakan prinsip ESG dan Circular Economy
- Dan peningkatan posisi Indonesia dalam Global Green Investment Ecosystem

Dengan dukungan kebijakan Perpres 109/2025, sistem pembiayaan Danantara & Patriot Bond, serta digital governance Sampah Watch, Indonesia siap menjadi “Green Energy Hub of Southeast Asia” — tempat di mana sampah berubah menjadi energi, karbon menjadi aset, dan data menjadi kekuatan bangsa.

Waste-to-Energy Readiness Index 2025 adalah tonggak awal menuju tata kelola sampah nasional yang berbasis sains, transparansi, dan keberlanjutan.

Dengan pendekatan hybrid yang terukur dan roadmap investasi yang realistis, laporan ini diharapkan menjadi acuan bagi pemerintah, pelaku usaha, akademisi, dan investor untuk bersama-sama membangun masa depan Indonesia yang bersih, mandiri energi, dan netral karbon.



Contact us:

PT. CENTRA REKAYASA ENVIRO

Engineering Solutions for Our Environment, Industry and Community

Kantor:

Jl. Mekar Agung, Ruko Taman Mekar Agung
No 42, Mekarwangi, Bojongloa Kidul, Kota
Bandung, Jawa Barat 40237,
Indonesia

Phone: (022) 8888 6523

Mobile/SMS/Whatsapp: 0811-110-3650

General Inquiry:
info@cr-enviro.com

www.sampahwatch.id

www.saturasa.cr-enviro.com

www.cr-enviro.com

