

KONVERSI SAMPAH PERKOTAAN MENJADI ENERGI LISTRIK: TINJAUAN TEKNOLOGI, PELUANG, DAN TANTANGAN DI INDONESIA

Urip Mudjiono¹⁾, Catur Rakhmad Handoko²⁾, Annas Singgih Setiyoko³⁾

¹Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

²Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

³ Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: urip@ppns.ac.id

Abstract

Urbanisasi pesat di kota-kota Indonesia meningkatkan timbunan sampah sekaligus menekan kapasitas TPA dan kebutuhan listrik, sehingga mendorong evaluasi waste-to-energy (WtE) sebagai solusi integratif. Artikel ini menyajikan review deskriptif (narrative) atas publikasi ilmiah dan dokumen kebijakan periode 2019–2025 untuk menilai kesesuaian teknologi konversi sampah menjadi listrik, kelayakan finansial–institusional, dan tantangan implementasi pada konteks Indonesia. Sintesis menunjukkan bahwa pembakaran langsung (incineration) paling matang secara komersial tetapi mensyaratkan pemilahan di sumber, fuel conditioning (pengeringan/RDF), dan pengendalian emisi berlapis; digestasi anaerobik sesuai dengan dominasi fraksi organik basah dan efektif untuk konfigurasi terdesentralisasi berbasis CHP; sedangkan gasifikasi dan pirolisis menjanjikan pada skenario RDF/plastik dengan spesifikasi bahan bakar yang ketat. Pemilahan di sumber konsisten meningkatkan mutu umpan dan kinerja lingkungan; kelayakan finansial sangat dipengaruhi kombinasi tipping fee, struktur PPA dan kepastian offtake, serta penetapan standar RDF/emisi dan mekanisme pengadaan yang jelas; sedangkan penerimaan sosial bergantung pada transparansi data emisi dan pelibatan pemangku kepentingan. Implikasi praktisnya adalah model implementasi bertahap: klaster digestasi anaerobik di kawasan timbunan organik tinggi yang terintegrasi dengan peningkatan residu menjadi RDF untuk memasok rute termal kota, ditempatkan dalam kerangka ekonomi sirkular yang menegaskan prioritas 3R dan meminimalkan ketergantungan pada TPA.

Keywords: waste-to-energy (WtE); sampah perkotaan; incineration; digestasi anaerobik; gasifikasi; pirolisis; refuse-derived fuel (RDF);

PENDAHULUAN

Urbanisasi pesat di kota-kota Indonesia meningkatkan timbunan sampah perkotaan sekaligus menekan kapasitas TPA dan kebutuhan energi listrik. Dalam konteks ini, waste-to-energy (WtE) diposisikan sebagai solusi integratif yang mengonversi residu non-daur ulang menjadi listrik sembari memperkuat kinerja sistem persampahan. Secara teknis, rute WtE mencakup konversi termal—pembakaran langsung/incineration, gasifikasi, pirolisis—proses biologis berupa digestasi anaerobik (AD), serta pendekatan kimia/fisiko-kimia yang lebih baru; masing-masing memiliki prasyarat mutu umpan, kebutuhan pra-perlakuan, dan profil kinerja yang berbeda (Hung et al., 2023; Liu et al., 2024; Wang et al., 2019; Rotthong et al., 2022; Yu, 2023).

Secara global, WtE dipandang sebagai bagian dari ekonomi sirkular karena dapat menurunkan ketergantungan pada landfill dan memulihkan energi dari residu non-recyclable; sinerginya dengan kebijakan pemilahan terbukti memperbaiki kinerja lingkungan sistem pengelolaan sampah (Kumba et al., 2024; Oyeranmi & Sorokin, 2023; Magrini et al., 2020; Liu et al., 2024). Bukti kebijakan pemilahan menunjukkan bahwa penurunan kelembaban dan kontaminan pada umpan meningkatkan stabilitas operasi rute termal dan menekan beban pengendalian emisi, sementara untuk AD kualitas fraksi organik yang “bersih” turut meningkatkan produktivitas biogas (Liu et al., 2024; Wang et al., 2019).

Dalam konteks Indonesia, komposisi MSW umumnya didominasi fraksi organik berkelembaban tinggi, sehingga rute termal memerlukan pemilahan di sumber dan/atau peningkatan mutu residu menjadi RDF agar nilai kalor stabil, sementara AD di pasar, kawasan kuliner, dan TPST menjadi opsi yang secara intrinsik cocok. Data terbuka SIPSN–KLHK memberi baseline perencanaan kapasitas dan integrasi fasilitas MRF/TPST dengan unit WtE. Pengalaman operasional PLTSa Benowo di Surabaya—dengan kombinasi landfill gas dan gasifikasi yang dilaporkan memasok listrik—menyediakan pelajaran tentang kesiapan teknologi, jaminan pasokan umpan, dan urgensi transparansi data emisi untuk menjaga penerimaan sosial (Azis et al., 2021; UCLG-ASPAC, 2021; Asia News Network, 2025).

Kerangka regulasi nasional memperlihatkan momentum melalui Peraturan Presiden (Perpres) No. 35/2018 tentang percepatan pembangunan PLTSa di kota-kota prioritas dan Perpres No. 112/2022 tentang percepatan pengembangan energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik. Kendati demikian, realisasi proyek masih menghadapi tantangan yang disorot literatur: keekonomian (CAPEX/OPEX tinggi, kebutuhan tipping fee dan kepastian offtake), koherensi tata kelola lintas sektor sampah–kelistrikan, stabilitas kualitas umpan (LHV, kadar air, heterogenitas), serta penerimaan sosial terkait emisi dan kesehatan lingkungan (Umar, 2022; Soeharso & Wicaksana, 2024; Magrini et al., 2020; Okedu et al., 2022). Dengan latar tersebut, ulasan ini bertujuan memetakan kematangan dan kesesuaian teknologi WtE terhadap karakteristik MSW perkotaan Indonesia, mengidentifikasi peluang implementasi pada koridor kebijakan yang berlaku, serta mengkaji tantangan teknis-ekonomi-sosial yang memengaruhi bankability dan keberterimaan; implikasi praktisnya diarahkan pada model penerapan bertahap—klaster AD untuk fraksi organik basah yang terhubung dengan peningkatan residu menjadi RDF bagi rute termal kota—yang diposisikan dalam kerangka ekonomi sirkular dan prioritas 3R.

METODE

Bagian ini menjelaskan pendekatan review deskriptif (narrative review) yang digunakan untuk mengompilasi dan menyintesis pengetahuan tentang konversi sampah perkotaan menjadi energi listrik dengan fokus pada konteks kota-kota Indonesia. Berbeda dari systematic review, studi ini tidak melakukan pelacakan dan penilaian riset secara exhaustif dengan kerangka PRISMA atau metaanalisis; sebagai gantinya, kami melakukan kurasi sumber berbasis relevansi, kredibilitas, dan keterlacakan, kemudian menyajikan sintesis tematik lintas dimensi teknologi, kebijakan, ekonomi, dan sosial.

Ruang lingkup diarahkan pada rute konversi yang lazim dipakai untuk listrik—yakni proses termal (pembakaran langsung/incineration, gasifikasi, pirolisis), biologis (digestasi anaerobik/AD), serta kimia/fisiko-kimia yang relevan—serta integrasinya dengan pemilahan di sumber, peningkatan mutu residu (RDF), dan tata kelola emisi. Konteks geografis adalah kota-kota di Indonesia, dengan perhatian khusus pada karakteristik umpan yang umum (kadar air tinggi, heterogenitas) dan kerangka kebijakan yang berlaku. Periode rujukan utama sekitar 2019–2025 untuk menangkap perkembangan mutakhir, disertai beberapa karya kunci di luar rentang tersebut bila bersifat fundamental. Seluruh sitasi yang sudah ada dipertahankan; jika menambah rujukan, kami membatasi pada sumber resmi dan dapat dilacak (misalnya regulasi, statistik nasional, dan artikel jurnal bereputasi).

Strategi penelusuran dilakukan secara bertahap dan iteratif melalui pangkalan data ilmiah serta repositori kebijakan/teknis, menggunakan kata kunci dwibahasa (Indonesia–Inggris) yang menggabungkan istilah teknologi (incineration, gasification, pyrolysis, anaerobic digestion, RDF), domain (municipal solid waste), keluaran (electricity generation), dan konteks (Indonesia, cities). Penelusuran dilengkapi snowballing ke depan dan ke belakang (menelusuri daftar pustaka dan sitasi artikel kunci), serta judgement pakar untuk memastikan keterwakilan tema. Dokumen yang tidak terlacak asal-usulnya atau tidak relevan dengan konversi MSW→listrik tidak diikuti.

Sintesis dilakukan secara naratif–tematik dengan tiga lensa utama: (i) kecocokan teknologi–umpan (misalnya kebutuhan pra-perlakuan, stabilitas LHV, kontrol emisi), (ii) peluang implementasi (kebijakan, koridor pengadaan, ekonomi sirkular, pembelajaran studi kasus), dan (iii) tantangan kunci (keekonomian, tata kelola, kualitas umpan, penerimaan sosial). Bukti dari artikel penelitian dipadukan dengan dokumen kebijakan dan contoh implementasi untuk menghasilkan gambaran yang kohesif dan berorientasi praktik. Angka,

skema proses, atau tabel ringkas yang disertakan—jika ada—ditujukan sebagai ilustrasi guna membantu pembaca menavigasi tema, bukan sebagai bukti kuantitatif komparatif.

Keterbatasan pendekatan deskriptif ini terutama berkaitan dengan potensi bias seleksi dan keterbatasan generalisasi numerik lintas kota, mengingat keterpaparan data operasional lokal yang belum merata. Oleh karena itu, temuan diposisikan sebagai pemetaan pengetahuan dan prinsip desain yang dapat diadaptasi oleh pemerintah daerah dan operator sesuai kondisi setempat, bukan sebagai taksonomi final atau tolok ukur tunggal.

HASIL DAN DISKUSI

Karakteristik Umpan.

Sampah perkotaan Indonesia umumnya didominasi fraksi organik berkelembaban tinggi dengan heterogenitas komponen yang besar. Kondisi ini menurunkan nilai kalor (LHV) dan menuntut pemilahan di sumber serta pra-perlakuan (pengeringan, *screening*, produksi RDF/SRF) agar operasi rute termal stabil; sebaliknya, rute biologis—khususnya digestasi anaerobik (AD)—secara intrinsik lebih cocok untuk fraksi basah dari pasar, sentra kuliner, dan TPST. Temuan lintas literatur menunjukkan kebijakan pemilahan yang efektif meningkatkan mutu umpan dan kinerja lingkungan seluruh sistem pengelolaan (Liu et al., 2024; Magrini et al., 2020), sementara konfigurasi terintegrasi (misalnya AD untuk organik + rute termal untuk residu) memberi *trade-off* energi-lingkungan yang lebih baik pada konteks Asia Tenggara (Rotthong et al., 2022).

Rute Termal.

Pembakaran langsung (incineration) merupakan teknologi paling matang untuk residu pasca-daun ulang dan mampu memasok listrik beban dasar, tetapi mensyaratkan *fuel conditioning* dan pengendalian emisi berlapis (Liu et al., 2024; Soeharso & Wicaksana, 2024). Gasifikasi menawarkan modularitas dan potensi efisiensi pada skala menengah bila RDF homogen dan *gas cleaning* andal, tetapi sensitif terhadap kadar klorin/abu dan ukuran partikel (Okedu et al., 2022; Rotthong et al., 2022). Pirolisis, terutama *low-temperature pyrolysis* untuk fraksi plastik/polimerik, berpotensi sebagai unit dekat sumber timbunan yang memasok minyak/gas pirolisis untuk pembangkitan, dengan catatan integrasi rantai nilai produknya (Hung et al., 2023; Yu, 2023).

Rute Biologis.

AD sangat kompatibel dengan dominasi fraksi organik basah Indonesia. Dengan segregasi yang konsisten, AD menghasilkan biogas untuk genset/CHP dan menekan emisi metana dari landfill; keberhasilan operasi bergantung pada mutu umpan serta pengelolaan bau/visual guna menjaga penerimaan sosial (Wang et al., 2019; Soeharso & Wicaksana, 2024).

Rute Kimia/Fisiko-kimia dan opsi pendukung.

Supercritical water oxidation (SCWO) relevan untuk umpan sangat basah/lumpur namun tingkat kedewasaannya masih berkembang dan CAPEX-nya relatif tinggi (Anggraeni et al., 2021; Rotthong et al., 2022). Pada fase awal pengembangan, *co-processing* RDF di kiln semen dapat berfungsi sebagai jembatan *de-risking* dengan menstabilkan kualitas bahan bakar dan arus kas sistem (Okedu et al., 2022).

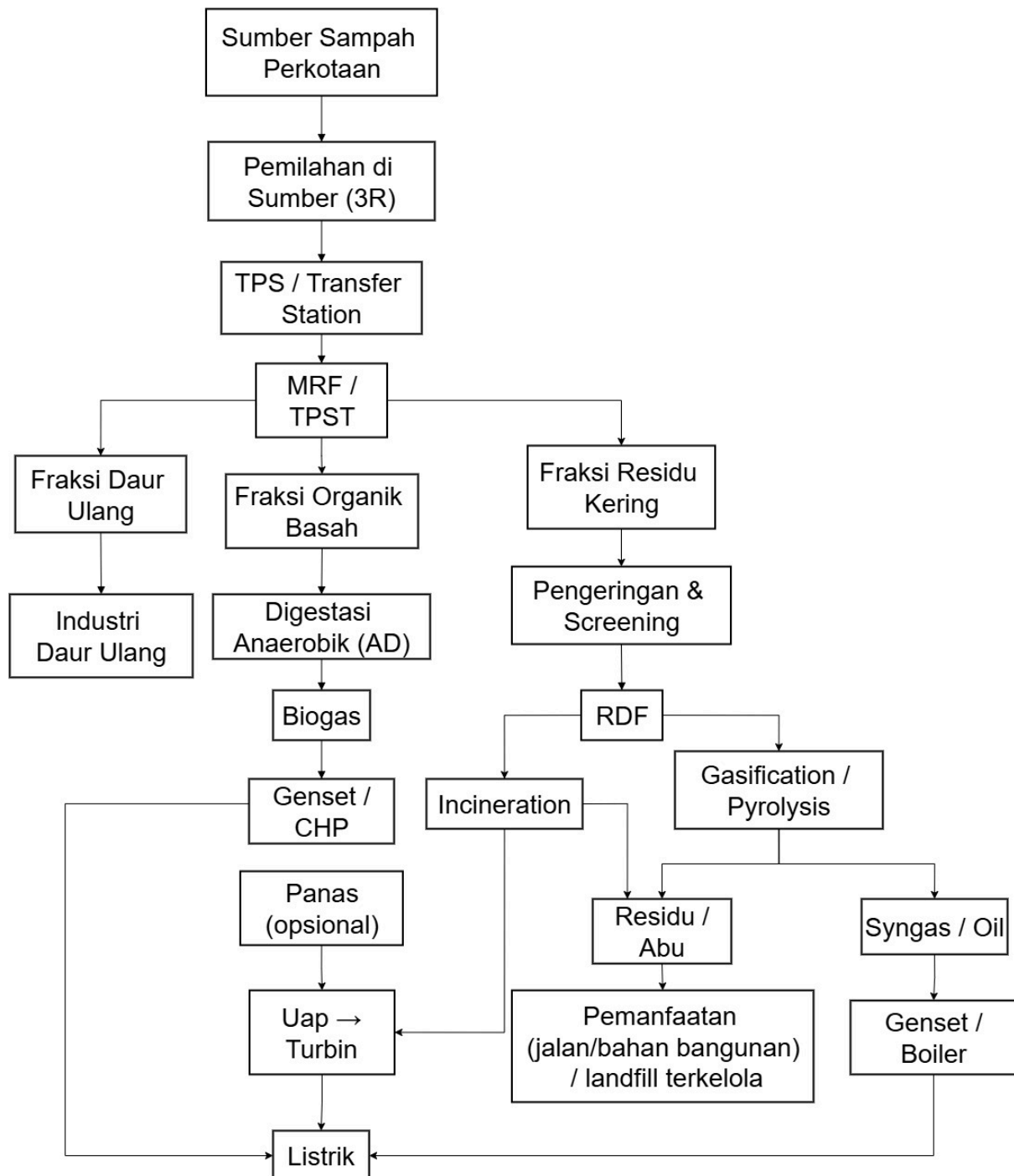
Kinerja energi–lingkungan dan peran pemilahan.

Sintesis literatur menekankan efek pengungkit pemilahan: menurunnya kelembaban dan kontaminan menaikkan LHV, menurunkan beban APC pada rute termal, dan meningkatkan produktivitas biogas pada AD (Liu et al., 2024; Wang et al., 2019). Dengan demikian, pemilahan dan pra-perlakuan bukan sekadar isu hulu, tetapi *design variable* yang menentukan performa hilir fasilitas WtE.

Tabel 1.
Ringkasan rute WtE dan kecocokan untuk kota-kota Indonesia

Rute	Umpan dominan	Keluaran energi	Kematangan	Kendali proses kunci	Kelebihan	Tantangan utama (konteks Indonesia)
Incineration (grate/mass-burn)	Residu pasca-pemilahan / RDF	Uap → turbin → listrik	Komersial	Stabilitas LHV & kelembaban; APC berlapis	Pengurangan volume; <i>baseload</i>	LHV rendah → perlu pengeringan/RDF; isu emisi & penerimaan sosial (Liu et al., 2024; Soeharso & Wicaksana, 2024)
Gasification	RDF homogen	Syngas → genset/boiler/GT	Demo–komersial	Ukuran partikel; <i>gas cleaning</i> ;	Modular; skala menengah	Sensitif kualitas RDF; O&M terampil

Rute	Umpan dominan	Keluaran energi	Kematangan	Kendali proses kunci	Kelebihan	Tantangan utama (konteks Indonesia)
				kandungan Cl/abu		(Okedu et al., 2022; Rotthong et al., 2022)
Pyrolysis	Plastik/bio massa kering	Minyak pirolisis + gas → listrik	Demo–niche	Inerting; kondensasi fraksi; mutu produk	Dekat sumber; kurangi logistik	Rantai nilai produk & integrasi sistem (Hung et al., 2023; Yu, 2023)
Digestasi anaerobik (AD)	Organik basah (pasar/TPST)	Biogas → genset/CHP	Komersial	pH, TS, HRT, desulfurisasi	Sesuai komposisi lokal; tekan metana landfill	Perlu segregasi sumber & manajemen bau (Wang et al., 2019; Soeharso & Wicaksana, 2024)
SCWO/lanjutan	Lumpur/organik sangat basah	Panas/energi sekunder	R&D–pilot	T/P tinggi; material tahan korosi	Tangani polutan sulit	CAPEX/OPEX tinggi; kedewasaan teknologi (Anggraeni et al., 2021; Rotthong et al., 2022)



Gambar 1. Skema sistem WtE terintegrasi untuk kota-kota Indonesia

Diagram di atas menegaskan arsitektur sistem: pemilahan sebagai prasyarat mutu umpan; AD untuk organik basah di lokasi timbunan tinggi; peningkatan residu menjadi RDF guna menstabilkan LHV untuk rute termal; serta jalur hilir pengelolaan residu/abu. Skema ini memfasilitasi desain bertahap—mulai dari klaster AD lalu ekspansi termal—serta kompatibel dengan kerangka ekonomi sirkular (Liu et al., 2024; Wang et al., 2019; Magrini et al., 2020).

Untuk konteks kota-kota Indonesia, konfigurasi hibrida—klaster AD yang menangkap organik basah dipadukan dengan fasilitas termal berbasis RDF untuk residu—paling sejalan dengan karakteristik umpan, kebutuhan keandalan pasokan listrik, serta target pengurangan ke TPA. Keberhasilan teknis bergantung pada konsistensi pemilahan, standar mutu RDF, dan pengendalian emisi yang transparan; aspek-aspek ini dibahas lebih lanjut pada peluang implementasi dan tantangan di bab berikutnya (Hung et al., 2023; Liu et al., 2024; Okedu et al., 2022; Rotthong et al., 2022; Wang et al., 2019; Soeharso & Wicaksana, 2024; Yu, 2023).

4. Peluang Implementasi di Kota-Kota Indonesia

Kerangka kebijakan nasional memberi momentum implementasi. Peraturan Presiden No. 35/2018 menetapkan percepatan pembangunan PLTSa di sejumlah kota prioritas, sementara Peraturan Presiden No. 112/2022 menyediakan koridor pengadaan listrik EBT yang relevan bagi *offtake* PLN dan struktur tarif/penunjukan proyek; kombinasi keduanya memperjelas peran institusi, proses pengadaan, dan sinyal pasar yang dibutuhkan untuk meningkatkan *bankability* (Government of Indonesia, 2018, 2022). Pada ranah teknis, dominannya fraksi organik membuka peluang klaster AD di pasar, kawasan kuliner, dan TPST, sedangkan residu kering dapat ditingkatkan menjadi RDF untuk rute termal—sebuah pendekatan yang selaras dengan temuan bahwa pemilahan di sumber memperbaiki kinerja energi-lingkungan sistem (Wang et al., 2019; Hung et al., 2023; Liu et al., 2024; Rotthong et al., 2022; Magrini et al., 2020). Pengalaman PLTSa Benowo di Surabaya memperlihatkan potensi kontribusi listrik dan pembelajaran implementasi, tetapi juga menegaskan perlunya transparansi emisi dan pelibatan pemangku kepentingan guna menjaga legitimasi sosial (Azis et al., 2021; UCLG-ASPAC, 2021; Asia News Network, 2025). Dalam kerangka ekonomi sirkular, integrasi MRF–RDF, opsi pemanfaatan panas/steam, dan kemitraan industri menyediakan jalur monetisasi yang lebih beragam sekaligus menurunkan ketergantungan pada TPA (Kumba et al., 2024; Oyeranmi & Sorokin, 2023).

5. Tantangan dan Risiko Implementasi

Hambatan utama berada pada empat simpul. Pertama, keekonomian dan pembiayaan: CAPEX tinggi, volatilitas OPEX (termasuk bahan kimia APC dan pengelolaan residu), serta kebutuhan *tipping fee* dan kepastian PPA/*offtake* sering mengurangi kelayakan proyek; strategi bertahap yang dimulai dari klaster AD dan meningkatkan residu menjadi RDF dapat menurunkan

kebutuhan modal serta risiko *learning curve* (Umar, 2022; Okedu et al., 2022; Hung et al., 2023; Wang et al., 2019). Kedua, tata kelola: koordinasi lintas sektor persampahan-kelistrikan dan kejelasan standar mutu RDF, ambang emisi, serta pedoman pengadaan perlu dipertegas agar desain teknis, kontrak, dan operasi berjalan selaras (Magrini et al., 2020; Okedu et al., 2022). Ketiga, kualitas umpan: kadar air tinggi dan kontaminan menurunkan nilai kalor dan menaikkan beban APC; kebijakan pemilahan di sumber menjadi determinan teknis sekaligus lingkungan (Liu et al., 2024; Rotthong et al., 2022). Keempat, dimensi sosial: kekhawatiran publik terkait udara/abu dan kesehatan menuntut transparansi data emisi, pemantauan berkelanjutan, dan mekanisme komunikasi risiko/aduan yang kredibel untuk menjaga *social license to operate* (Soeharso & Wicaksana, 2024).

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI

WtE merupakan komponen strategis dalam tata kelola sampah perkotaan Indonesia sekaligus sumber listrik beban dasar dari residu non-daur ulang. Incineration paling matang namun mensyaratkan pra-perlakuan dan kontrol emisi ketat; AD sangat sesuai dengan fraksi organik basah dan efektif untuk konfigurasi terdesentralisasi; gasifikasi/pirolisis menawarkan modularitas pada feed RDF/plastik dengan spesifikasi ketat. Keberhasilan implementasi ditentukan oleh kualitas umpan, koherensi kebijakan dan koridor pengadaan, kelayakan finansial, serta penerimaan sosial (Hung et al., 2023; Liu et al., 2024; Wang et al., 2019; Rotthong et al., 2022; Yu, 2023; Government of Indonesia, 2018, 2022; Soeharso & Wicaksana, 2024).

Implikasi kebijakan yang paling mendesak bagi pemerintah kota adalah menempatkan pemilahan di sumber sebagai instrumen utama, karena peningkatan mutu umpan berdampak langsung pada stabilitas operasi dan kinerja lingkungan fasilitas WtE. Dalam praktik, strategi yang paling adaptif adalah model bertahap: penangkapan fraksi organik basah melalui klaster AD di pasar/TPST yang terhubung ke genset/CHP, disertai peningkatan residu menjadi RDF untuk memasok rute termal kota. Pendekatan ini perlu ditopang penjabaran teknis Perpres 35/2018 dan 112/2022 ke pedoman operasional daerah yang jelas mengenai standar mutu RDF, ambang emisi, struktur PPA, serta pembagian risiko pasokan dan kinerja. Kejelasan tersebut penting untuk *bankability*, mengingat kelayakan finansial WtE sangat dipengaruhi kombinasi *tipping fee*, tarif listrik, dan kepastian *offtake*. Sepanjang siklus proyek, transparansi emisi melalui CEMS, *dashboard* publik, dan audit independen menjadi prasyarat menjaga kepercayaan masyarakat; komunikasi risiko berbasis bukti dan partisipasi bermakna terbukti

memperkuat dukungan publik. Mengintegrasikan WtE ke dalam ekonomi sirkular—dengan menegaskan peran WtE untuk residu pasca-3R dan tidak menggantikan daur ulang—membantu kota-kota mencapai pengurangan ke TPA sekaligus memperkuat ketahanan energi perkotaan (Liu et al., 2024; Magrini et al., 2020; Wang et al., 2019; Kumba et al., 2024; Oyeranmi & Sorokin, 2023; Government of Indonesia, 2018, 2022; Soeharso & Wicaksana, 2024)

Ke depan, kebutuhan riset mencakup standarisasi RDF nasional dan teknologi pengeringan hemat energi untuk iklim lembap, penilaian siklus hidup (LCA) yang berimbang antara skenario AD+RDF dan *mass burn*, serta evaluasi dampak kesehatan lingkungan jangka panjang termasuk *fate* abu dan emisi mikro-polutan. Karena keterpaparan data operasional lokal masih terbatas dan desain studi beragam, generalisasi angka kinerja harus hati-hati; temuan dalam ulasan ini hendaknya dipandang sebagai prinsip desain dan panduan implementasi yang dapat diadaptasi sesuai konteks masing-masing kota (Rotthong et al., 2022; Umar, 2022; Okedu et al., 2022).

Daftar Pustaka

- Anggraeni, R., Ramadani, R., Mauludi, M., Al-Maududi, A., Saifullah, M., & Al-Irsyad, M. (2021). Generating electricity through waste burners: An alternative solution for reducing waste. *KnE Life Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kls.v0i0.8896>
- Azis, M. M., Kristanto, J., & Purnomo, C. W. (2021). A techno-economic evaluation of municipal solid waste-to-energy (WtE) in Indonesia. *Sustainability*, 13(13), 7232. <https://doi.org/10.3390/su13137232>
- Government of Indonesia. (2018). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2018 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolah Sampah Menjadi Energi Listrik Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan*. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/73958/perpres-no-35-tahun-2018>
- Government of Indonesia. (2022). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik*. <https://peraturan.bpk.go.id/Download/219946/Perpres%20Nomor%20112%20Tahun%202022.pdf>
- Hung, Y., Ho, C., Chen, L., Ma, S., Liu, T., & Shen, Y. (2023). Using a low-temperature pyrolysis device for polymeric waste to implement a distributed energy system. *Sustainability*, 15(2), 1580. <https://doi.org/10.3390/su15021580>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2024). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN): Komposisi & timbulan sampah*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public>

- Kumba, H., Makepa, D., Charamba, A., & Olanrewaju, O. (2024). Towards circular economy: Integrating waste management for renewable energy optimization in Zimbabwe. *Sustainability*, 16(12), 5014. <https://doi.org/10.3390/su16125014>
- Liu, T., Wang, P., Zhang, Q., Cao, J., & Wu, Y. (2024). Changes in the environmental impacts of the waste-management system after implementing the waste-sorting policy: A Beijing case study. *Journal of Industrial Ecology*, 28(4), 828–839. <https://doi.org/10.1111/jiec.13495>
- Magrini, C., D’Addato, F., & Bònoli, A. (2020). Municipal solid waste prevention: A review of market-based instruments in six European Union countries. *Waste Management & Research*, 38(1_suppl), 3–22. <https://doi.org/10.1177/0734242X19894622>
- Okedu, K., Barghash, H., & Nadabi, H. (2022). Sustainable waste management strategies for effective energy utilization in Oman: A review. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, 825728. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.825728>
- Oyeranmi, S. G., & Sorokin, P. (2023). Interaction between waste management and energy generation systems in terms of material properties and environmental impact in the European Union. *International Journal of Progressive Research in Engineering Management and Science*, 02(12), 30–40. <https://doi.org/10.58257/ijprems30525>
- Rotthong, M., Takaoka, M., Oshita, K., Rachdawong, P., Gheewala, S. H., & Prapasongsa, T. (2023). Life cycle assessment of integrated municipal organic waste management systems in Thailand. *Sustainability*, 15(1), 90. <https://doi.org/10.3390/su15010090>
- Soeharso, S. Y., & Wicaksana, S. A. (2024). The role of social acceptance as a mediator variable in the influence of environmental awareness on willingness to pay for waste to energy. *RSF Conference Series: Business, Management and Social Sciences*, 4(3), 16–23. <https://doi.org/10.31098/bmss.v4i3.905>
- UCLG-ASPAC. (2021, June 26). Surabaya—Breaking through challenges, launching the first waste-to-energy plant in Indonesia. <https://uclg-aspac.org/surabaya-breaking-through-challenges-launching-first-waste-to-energy-plant-in-indonesia/>
- Umar, T. (2022). Sustainable energy production from municipal solid waste in Oman. *Proceedings of the ICE—Engineering Sustainability*, 175(1), 3–11. <https://doi.org/10.1680/jensu.21.00040>
- Wang, T., Wang, F., & Hu, Y. (2019). Environmental impact analysis of food waste anaerobic digestion and products utilization process. *E3S Web of Conferences*, 118, 04025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911804025>
- Yu, C. (2023). Renewable fuel instead of landfill and incineration: A novel pyrolysis technology for waste petrochemical polymers. *Progress in Petrochemical Science*, 4(5). <https://doi.org/10.31031/PPS.2023.04.000600>
- Asian News Network. (2025, July 30). Waste-to-energy plant blamed for severe air pollution in Indonesia’s Surabaya. <https://asianews.network/waste-to-energy-plant-blamed-for-severe-air-pollution-in-indonesias-surabaya/>