

OPTIMALISASI PENGELOLAAN SAMPAH DI INDONESIA: INTEGRASI TEKNOLOGI DIGITAL, PENGAWASAN HUKUM, DAN MITIGASI PENCEMARAN LINGKUNGAN MENUJU PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

Nayla Syalluna¹, Safira Aulia², Dewy Sulistyowati³, Danang Hannanto⁴, Muhammad Adymas Hikal Fikri⁵

Faculty of Law Universitas Negeri Semarang¹⁻⁵

Email: naylasyalluna04@students.unnes.ac.id¹, ssaaffirraauulliaa@atudents.unnes.ac.id², dewysulistyowati@studdents.unnes.ac.id³, hannantoo@students.unnes.ac.id⁴, hikal@mail.unnes.ac.id⁵

Informasi Abstract

Volume : 3
Nomor : 5
Bulan : Mei
Tahun : 2026
E-ISSN : 3062-9624

Waste management in Indonesia remains a multidimensional challenge, exacerbated by population growth, rapid urbanization, and increasing consumption patterns. This study aims to analyze the integration of digital technology in optimizing a circular economy-based waste management system, and to examine the effectiveness of the legal framework and environmental oversight in addressing pollution caused by inadequate waste management practices in Indonesia. A normative juridical method was employed, utilizing statutory and conceptual approaches alongside qualitative descriptive data analysis. The findings indicate that digital technologies including the Internet of Things (IoT), Android-based waste marketplace applications, and machine learning-driven data analytics, hold significant potential to accelerate the transition toward a circular economy, though their adoption remains constrained by the digital divide and infrastructural limitations. From a legal standpoint, Indonesia's regulatory framework under Law No. 18 of 2008 and Law No. 32 of 2009 is relatively comprehensive, yet its effectiveness is undermined by inconsistent implementation, weak inter-agency coordination, and insufficient law enforcement. This study recommends a multi-stakeholder integration model grounded in the Penta Helix framework, combining digital innovation, robust legal oversight, and environmental pollution mitigation as a cohesive strategy toward sustainable development in Indonesia.

Keyword: waste management, digital technology, circular economy, environmental law enforcement, sustainable development

Abstrak

Permasalahan pengelolaan sampah di Indonesia merupakan isu multidimensional yang terus berkembang seiring pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan tingginya pola konsumsi masyarakat. Penelitian ini bertujuan menganalisis integrasi teknologi digital dalam mengoptimalkan sistem pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular, serta mengkaji efektivitas kerangka hukum dan pengawasan lingkungan dalam mengatasi dampak pencemaran akibat pengelolaan sampah yang tidak memadai di Indonesia. Metode yang digunakan adalah yuridis normatif dengan pendekatan perundang-undangan dan konseptual, serta analisis data secara deskriptif kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi digital seperti Internet of Things (IoT), aplikasi pasar limbah berbasis Android, dan analitik data berbasis machine learning memiliki potensi besar dalam mendorong transisi menuju ekonomi sirkular, meskipun masih terhambat oleh kesenjangan digital dan keterbatasan infrastruktur. Di sisi hukum, kerangka regulasi Indonesia yang mencakup UU No. 18 Tahun 2008 dan UU No. 32 Tahun 2009 sebenarnya cukup komprehensif, namun lemah dalam implementasi, koordinasi antarlembaga, dan penegakan hukum di lapangan. Penelitian ini merekomendasikan model integrasi multipihak berbasis Penta Helix yang menggabungkan teknologi

digital, pengawasan hukum yang efektif, dan mitigasi pencemaran lingkungan sebagai strategi menuju pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Kata Kunci: *pengelolaan sampah, teknologi digital, ekonomi sirkular, pengawasan hukum lingkungan, pembangunan berkelanjutan*

A. PENDAHULUAN

Permasalahan pengelolaan sampah di Indonesia hingga saat ini masih menjadi isu lingkungan yang bersifat multidimensional dan terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Pertumbuhan jumlah penduduk, urbanisasi, perkembangan industri, serta tingginya pola konsumsi masyarakat menyebabkan volume sampah nasional meningkat secara signifikan. Kondisi tersebut berdampak langsung terhadap kualitas lingkungan hidup, terutama karena sistem pengelolaan sampah di Indonesia masih belum optimal. Penumpukan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA), rendahnya tingkat daur ulang, serta minimnya kesadaran masyarakat dalam memilah sampah menjadi faktor utama yang memperparah pencemaran lingkungan. Sampah rumah tangga menjadi salah satu penyumbang terbesar pencemaran lingkungan karena sebagian besar masih dikelola secara konvensional tanpa pemanfaatan teknologi dan pengawasan yang memadai (Hapsari, 2024).

Permasalahan sampah tidak hanya berdampak pada estetika lingkungan, tetapi juga menimbulkan konsekuensi serius terhadap kesehatan masyarakat dan keberlanjutan ekosistem. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran tanah, air, dan udara, bahkan meningkatkan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim. Dalam penelitian Bernadetta Putri Hapsari dkk. dijelaskan bahwa penumpukan sampah di tempat pembuangan akhir mengancam kualitas lingkungan hidup serta menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan masyarakat. Selain itu, rendahnya kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan sampah serta keterbatasan teknologi dan infrastruktur pengolahan sampah menjadi hambatan utama dalam mewujudkan sistem pengelolaan lingkungan yang efektif dan berkelanjutan.

Sebagai negara berkembang dengan jumlah penduduk yang besar, Indonesia membutuhkan sistem pengelolaan sampah yang tidak hanya berorientasi pada pengangkutan dan pembuangan akhir, tetapi juga mengedepankan prinsip keberlanjutan lingkungan. Konsep *Zero Waste* menjadi salah satu pendekatan yang dinilai mampu mengurangi dampak pencemaran lingkungan melalui prinsip *reduce, reuse, dan recycle*. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan konsep *Zero Waste* di tingkat rumah tangga dapat meningkatkan kualitas lingkungan hidup melalui pemilahan sampah, pengolahan kompos,

serta pemanfaatan kembali material yang masih memiliki nilai guna (Hapsari, 2024). Konsep tersebut juga dapat mendorong perubahan perilaku masyarakat menuju pola hidup yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan. Akan tetapi, implementasi konsep *Zero Waste* di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, seperti rendahnya partisipasi masyarakat, lemahnya pengawasan pemerintah, serta belum optimalnya integrasi teknologi dalam pengelolaan sampah.

Di sisi lain, perkembangan teknologi digital pada era modern membuka peluang baru dalam optimalisasi pengelolaan sampah di Indonesia. Teknologi digital memungkinkan terciptanya sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif, transparan, dan terintegrasi melalui penggunaan *Internet of Things* (IoT), aplikasi pengelolaan sampah digital, sistem pemantauan berbasis data, serta teknologi pemetaan lingkungan. Pemanfaatan teknologi digital dapat membantu pemerintah dalam memantau volume sampah, mengidentifikasi titik pencemaran, serta meningkatkan efektivitas pengawasan lingkungan secara real time. Namun demikian, perkembangan teknologi tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal dalam sistem pengelolaan sampah di Indonesia. Padahal, integrasi teknologi digital sangat penting untuk mendukung efisiensi pengelolaan sampah sekaligus memperkuat sistem pengawasan lingkungan hidup.

Urgensi penelitian ini semakin relevan apabila dikaitkan dengan lemahnya pengawasan hukum terhadap pengelolaan lingkungan di Indonesia. Permasalahan lingkungan hidup pada dasarnya tidak hanya disebabkan oleh keterbatasan teknologi, tetapi juga lemahnya implementasi regulasi dan pengawasan hukum. Penelitian Nailizza Weni Bhamatika dkk. menunjukkan bahwa problematika pengawasan lingkungan di Indonesia masih ditandai oleh lemahnya koordinasi antar lembaga, kurangnya pengawasan terhadap aktivitas pencemaran, serta rendahnya efektivitas penegakan hukum lingkungan (Bhamatika et al., 2025). Kondisi tersebut menyebabkan berbagai bentuk pencemaran lingkungan terus berulang tanpa adanya penyelesaian yang optimal. Dalam konteks pengelolaan sampah, lemahnya pengawasan hukum menyebabkan praktik pembuangan sampah ilegal, pembakaran terbuka, dan pengelolaan limbah yang tidak sesuai standar masih sering terjadi di berbagai daerah.

Selain itu, urgensi penelitian ini juga didasarkan pada pentingnya mitigasi pencemaran lingkungan sebagai bagian dari upaya pembangunan berkelanjutan. Penelitian Imelia Damai Agusthin dkk. mengenai mitigasi pencemaran laut akibat tumpahan minyak menegaskan bahwa pencemaran lingkungan memerlukan langkah mitigasi yang sistematis melalui pengawasan hukum, pengendalian pencemaran, serta restorasi lingkungan hidup (Imelia

Damai Agusthin & Fikri, 2024). Hal tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan lingkungan tidak cukup hanya mengandalkan kebijakan normatif, tetapi juga membutuhkan sistem pengawasan yang efektif dan dukungan teknologi yang memadai. Dalam konteks pengelolaan sampah, mitigasi pencemaran menjadi sangat penting untuk mencegah kerusakan lingkungan yang lebih luas akibat meningkatnya volume limbah domestik maupun industri.

Selain berkaitan dengan persoalan lingkungan hidup dan tata kelola persampahan nasional, pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular juga memiliki keterkaitan erat dengan agenda Sustainable Development Goals (SDGs). Penguatan sistem pengelolaan sampah melalui pemanfaatan teknologi digital, pengawasan hukum yang efektif, serta kolaborasi multipihak merupakan bagian penting dalam mendukung pencapaian SDG 11 tentang Kota dan Permukiman Berkelanjutan, SDG 12 tentang Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab, serta SDG 14 tentang Ekosistem Laut. Oleh karena itu, transformasi pengelolaan sampah di Indonesia tidak hanya bertujuan mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga menjadi langkah strategis dalam mewujudkan pembangunan nasional yang berkelanjutan, inklusif, dan berorientasi pada keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, perlindungan lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, terlihat bahwa kajian mengenai pengelolaan sampah berbasis *Zero Waste*, pengawasan hukum lingkungan, maupun mitigasi pencemaran lingkungan telah banyak dilakukan secara sebagian. Akan tetapi, belum terdapat penelitian yang secara khusus mengintegrasikan tiga aspek utama, yaitu teknologi digital, pengawasan hukum, dan mitigasi pencemaran lingkungan dalam satu kerangka pengelolaan sampah menuju pembangunan berkelanjutan di Indonesia. Penelitian sebelumnya cenderung hanya berfokus pada aspek pengelolaan sampah berbasis masyarakat, pengawasan hukum lingkungan, atau mitigasi pencemaran secara terpisah tanpa membangun model integratif yang komprehensif.

Kebaharuan penelitian ini terletak pada upaya membangun konsep integrasi antara teknologi digital, pengawasan hukum, dan mitigasi pencemaran lingkungan sebagai model optimalisasi pengelolaan sampah di Indonesia. Penelitian ini tidak hanya membahas pengelolaan sampah dari perspektif lingkungan semata, tetapi juga mengaitkannya dengan transformasi digital dan efektivitas penegakan hukum lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi teoritis dan praktis dalam pengembangan sistem pengelolaan sampah yang modern, adaptif, dan berorientasi pada pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini merumuskan dua pertanyaan utama: (1) Bagaimana integrasi teknologi digital dapat mengoptimalkan sistem pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular di Indonesia? (2) Bagaimana efektivitas kerangka hukum dan pengawasan lingkungan dalam mengatasi dampak pencemaran akibat pengelolaan sampah yang tidak memadai. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi pemanfaatan teknologi digital dalam pengelolaan sampah, mengidentifikasi hambatan implementasi regulasi lingkungan, serta merumuskan rekomendasi kebijakan yang integratif dan berkelanjutan.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian yuridis normatif dengan pendekatan perundang-undangan atau *statute approach* dan pendekatan konseptual atau *conceptual approach*. Penelitian yuridis normatif digunakan karena penelitian ini berfokus pada pengkajian norma hukum, regulasi, serta kebijakan yang berkaitan dengan pengelolaan sampah, pengawasan lingkungan hidup, dan mitigasi pencemaran lingkungan di Indonesia. Pendekatan perundang-undangan dilakukan dengan menelaah berbagai peraturan yang relevan, seperti Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, regulasi pengelolaan sampah, serta kebijakan terkait pemanfaatan teknologi digital dalam pengawasan lingkungan (TENTANG, UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 32 TAHUN 2009 HIDUP, PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN, 2009)

Pendekatan konseptual digunakan untuk memahami berbagai konsep yang berkaitan dengan pembangunan berkelanjutan, pengelolaan sampah berbasis *Zero Waste*, pengawasan hukum lingkungan, serta pemanfaatan teknologi digital dalam pengelolaan lingkungan hidup. Pendekatan ini diperlukan untuk membangun analisis yang komprehensif mengenai hubungan antara teknologi digital, efektivitas pengawasan hukum, dan mitigasi pencemaran lingkungan dalam sistem pengelolaan sampah di Indonesia.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang terdiri atas bahan hukum primer, bahan hukum sekunder, dan bahan hukum tersier. Bahan hukum primer berupa peraturan perundang-undangan dan kebijakan pemerintah yang berkaitan dengan pengelolaan sampah dan perlindungan lingkungan hidup. Bahan hukum sekunder diperoleh dari jurnal ilmiah, buku, artikel akademik, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan tema penelitian. Dalam penelitian ini, bahan hukum sekunder difokuskan pada tiga penelitian utama yang membahas penerapan *Zero Waste* dalam pengelolaan sampah

rumah tangga, problematika pengawasan lingkungan hidup di Indonesia, serta mitigasi pencemaran lingkungan akibat tumpahan minyak. Sementara itu, bahan hukum tersier berupa kamus hukum, ensiklopedia, dan sumber pendukung lainnya yang digunakan untuk memperjelas konsep dan istilah dalam penelitian.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi kepustakaan atau *library research* dan studi dokumentasi. Studi kepustakaan dilakukan dengan mengumpulkan berbagai literatur hukum dan lingkungan hidup yang relevan dengan topik penelitian. Selain itu, studi dokumentasi dilakukan terhadap berbagai dokumen hukum, kebijakan pemerintah, serta hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pengelolaan sampah, teknologi digital, dan pengawasan lingkungan hidup (Nursapia harahap, 2014). Teknik ini digunakan untuk memperoleh data dan informasi yang komprehensif mengenai kondisi pengelolaan sampah di Indonesia serta berbagai hambatan dalam implementasi pengawasan hukum lingkungan.

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode deskriptif kualitatif. Metode ini dilakukan dengan menguraikan dan menjelaskan berbagai ketentuan hukum, konsep, serta praktik pengelolaan sampah yang berkembang di Indonesia. Analisis kualitatif digunakan untuk mengkaji efektivitas pengawasan hukum dan pemanfaatan teknologi digital dalam mendukung mitigasi pencemaran lingkungan. Selain itu, analisis dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian terdahulu untuk menemukan titik kelemahan dan kebutuhan pengembangan model pengelolaan sampah yang lebih integratif dan berkelanjutan. (Yuliani, 2017) Melalui metode tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan formulasi konsep optimalisasi pengelolaan sampah berbasis integrasi teknologi digital, pengawasan hukum, dan mitigasi pencemaran lingkungan sebagai upaya mendukung pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. INTEGRASI TEKNOLOGI DIGITAL DALAM MENGOPTIMALKAN SISTEM PENGELOLAAN SAMPAH BERBASIS EKONOMI SIRKULAR DI INDONESIA

1. Teknologi Digital sebagai Katalis Ekonomi Sirkular dalam Pengelolaan Sampah

Konsep ekonomi sirkular pada dasarnya melawan cara pandang lama yang memperlakukan sampah sebagai akhir dari sebuah siklus produksi. Dalam kerangka berpikir ini, setiap barang yang memasuki suatu sistem seharusnya terus berputar dan menghasilkan nilai, bukan sekadar menumpuk di tempat pembuangan akhir. Ekonomi sirkular sebagai sistem yang bersifat restoratif atau penyembuhan dan regeneratif yang berarti memperbaiki

secara desain, dengan tujuan menjaga produk, komponen, dan material pada nilai tertinggi setiap saat. Landasan filosofis inilah yang kemudian membuka jalan bagi pertanyaan mendasar: di mana letak teknologi digital dalam keseluruhan rantai nilai tersebut? (Syaharani Nurseha et al., 2024)

Transisi menuju ekonomi sirkular membutuhkan transformasi tidak hanya pada tingkat teknis tetapi juga di seluruh model bisnis, perilaku konsumen, dan kerangka kebijakan. Teknologi digital hadir sebagai jembatan antara ketiga dimensi ini, mempercepat aliran informasi, mengurangi biaya transaksi, dan menciptakan insentif baru yang mendorong perubahan perilaku. Dalam konteks Indonesia, potensi ini sangat relevan mengingat volume sampah nasional mencapai lebih dari 67 juta ton per tahun, sementara kapasitas infrastruktur pengolahan formal masih terbatas dan tidak mampu mengimbangi laju produksi. (Sari & Veri, 2025)

2. Kesenjangan Informasi sebagai Akar Masalah dan Solusi Digital

Salah satu hambatan paling nyata dalam ekosistem pengelolaan sampah di Indonesia adalah asimetri informasi yang ada di antara pelaku rantai daur ulang informal seperti pemulung. Masyarakat dengan sampah berharga seperti kardus, besi tua, plastik tertentu, dan peralatan elektronik yang rusak seringkali kekurangan informasi tentang di mana menjual bahan-bahan ini secara efisien, sementara pengumpul dan pedagang barang bekas kekurangan pasokan bahan baku yang tergabung. Situasi ini menciptakan apa yang dalam ilmu ekonomi disebut "pasar yang gagal berkoordinasi," di mana kemampuan transaksi yang saling menguntungkan tidak pernah terjadi bukan karena pihak-pihak tersebut tidak ada, tetapi karena mereka tidak dapat saling menemukan. (Imran et al., 2025)

Wilayah daur ulang sampah informal sebenarnya memberikan kontribusi yang penting terhadap perekonomian, tetapi potensinya masih jauh dari titik tertinggi karena ketergantungannya pada jaringan sosial yang sempit dan metode komunikasi yang sangat konvensional. Di sinilah aplikasi pasar berbasis Android muncul sebagai solusi yang secara konseptual tepat. Platform ini tidak secara artifisial menciptakan permintaan baru, tetapi lebih memfasilitasi perpaduan antara penawaran dan permintaan yang ada, yang selama ini terhambat oleh kesenjangan informasi. (Rosadi et al., 2026)

Dalam penelitian model bisnis platform digital berbasis sampah, keberhasilan pasar sampah tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan antarmuka penggunanya, tetapi lebih bergantung pada seberapa rendah hambatan masuk bagi pengguna dari segmen ekonomi bawah. Bahwa desain aplikasi yang efektif harus mempertimbangkan literasi digital yang

terbatas, kualitas jaringan internet yang tidak merata, dan kebiasaan transaksi yang masih sangat bergantung pada kepercayaan pribadi. (Permana et al., 2025) Akibatnya, fitur-fitur seperti sistem peringkat pengguna, verifikasi identitas yang sederhana, dan akses berbasis nomor telepon yang mudah lebih penting daripada hanya gambar yang menarik. (Oktahafizhah et al., 2023)

3. Arsitektur Teknis dan Fungsionalitas Aplikasi Pengelolaan Sampah

Pengembangan aplikasi Android sebagai tempat untuk limbah bekas idealnya dibangun di atas beberapa lapisan yang sistematis. Kerangka arsitektur aplikasi dapat didasarkan pada empat modul utama yaitu modul manajemen pengguna, modul katalog material, modul penjadwalan pengambilan, dan modul pembayaran digital. Keempat modul ini membentuk ekosistem yang tidak hanya menghubungkan penjual dan pembeli limbah tetapi juga mengotomatiskan beberapa proses logistik yang secara historis menjadi hambatan utama dalam rantai daur ulang informal.

Lebih lanjut, integrasi teknologi Internet of Things (IoT) ke dalam sistem pengelolaan limbah perkotaan membuka dimensi baru yang melampaui fungsi pasar konvensional. Sensor pintar yang dipasang di tempat sampah komunal dapat mengirimkan data volume secara real-time ke platform manajemen, memungkinkan armada pengumpulan limbah dialokasikan berdasarkan kebutuhan aktual, bukan jadwal tetap yang seringkali tidak efisien. Dalam konteks kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, dan Medan, efisiensi logistik semacam ini tidak hanya menghemat biaya operasional tetapi juga berdampak langsung pada pengurangan emisi karbon dari kendaraan pengumpul, yang sering beroperasi dengan kapasitas setengahnya. (Prasetyo et al., 2025)

Dimensi analitik data turut memperkuat argumen mengenai pentingnya teknologi digital dalam optimalisasi pengelolaan sampah. Bahwa penerapan algoritma machine learning pada data historis volume sampah mampu menghasilkan model prediksi yang akurat hingga 82 persen, suatu tingkat presisi yang memungkinkan pemerintah daerah merencanakan kapasitas pengolahan, anggaran operasional, dan program daur ulang secara jauh lebih terukur. Dengan kata lain, transformasi digital dalam pengelolaan sampah bukan hanya tentang aplikasi yang bisa diunduh, tetapi tentang pergeseran mendasar dari manajemen yang reaktif menuju manajemen yang prediktif dan berbasis bukti. (Milandile & Sinyinda, 2026)

4. Tantangan Struktural dan Kesenjangan Digital

Namun, optimisme tentang teknologi digital seharusnya tidak menghilangkan penglihatan kita terhadap realitas kesenjangan digital yang masih banyak terdapat di Indonesia. Adopsi teknologi pengelolaan sampah di daerah pedesaan dan daerah kepulauan terpencil menghadapi berbagai kendala, mulai dari infrastruktur telekomunikasi yang lemah, kepemilikan smartphone yang rendah di kalangan pemulung dan pengumpul sampah tradisional, hingga terbatasnya pelatihan literasi digital yang tersedia bagi komunitas yang terpinggirkan ini. (Indrawati et al., 2024) Tanpa campur tangan kebijakan yang secara eksplisit mengatasi kesenjangan ini, digitalisasi pengelolaan sampah berisiko memperluas ketidaksetaraan yang ada, menguntungkan mereka yang sudah memiliki akses dan meninggalkan mereka yang paling bergantung pada sektor informal. (Koswara, 2024)

5. Sinergi Kelembagaan dan Model Integrasi yang Efektif

Pengalaman program bank sampah yang diimplementasikan di berbagai daerah memberikan pelajaran berharga tentang pentingnya mengintegrasikan inovasi teknologi dengan jaringan kelembagaan yang berakar kuat di dalam masyarakat. Program bank sampah yang sukses umumnya tidak berdiri sendiri, tetapi memanfaatkan struktur sosial yang ada seperti Gerakan Kesejahteraan Keluarga (PKK), organisasi pemuda (karang taruna), atau koperasi sebagai kekuatan yang paling utama dalam operasinya. Pola serupa harus diadopsi dalam pengembangan platform digital; aplikasi pasar limbah akan jauh lebih efektif jika dikembangkan dalam ekosistem yang mencakup bank limbah digital, koperasi pengumpul, dan program CSR perusahaan manufaktur yang membutuhkan bahan baku daur ulang sebagai bagian dari rantai pasokan hijau mereka. (Posmaningsih et al., 2024)

Aspek motivasi dan keterlibatan pengguna juga penting. Sistem poin, lencana prestasi, dan papan peringkat komunitas telah terbukti meningkatkan frekuensi penggunaan aplikasi hingga 47 persen dibandingkan dengan aplikasi tanpa elemen edukasi atau motivasi di antara kelompok demografis yang sama. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan teknologi dalam mendorong perubahan perilaku menuju ekonomi sirkular sangat bergantung pada pemahaman mendalam platform tentang psikologi pengguna, bukan hanya pada kecanggihan infrastruktur teknisnya.

Teknologi hanyalah salah satu dari lima pendorong utama transisi menuju ekonomi sirkular; yang lainnya adalah desain produk, model bisnis baru, keterampilan dan organisasi, serta kondisi pasar yang kondusif. Dalam konteks Indonesia, ini berarti bahwa optimalisasi pengelolaan limbah berbasis teknologi digital tidak dapat berdiri sendiri tanpa dukungan ekosistem yang lebih luas: regulasi adaptif, kapasitas sumber daya manusia yang memadai,

dan investasi yang berkomitmen dari sektor swasta. Ekosistem startup hijau Indonesia telah menunjukkan pertumbuhan yang menggembirakan selama lima tahun terakhir, tetapi keberlanjutannya sangat bergantung pada seberapa cepat kerangka kebijakan dapat beradaptasi dengan laju inovasi yang sedang berlangsung. Tanpa sinkronisasi antara dimensi teknologi, hukum, dan sosial-ekonomi, transformasi digital pengelolaan limbah berisiko hanya menjadi inovasi yang menarik di atas kertas tetapi rapuh dalam praktiknya. (Rasendriya et al., 2024)

B. EFEKTIVITAS KERANGKA HUKUM DAN PENGAWASAN LINGKUNGAN DALAM MENGATASI DAMPAK PENCEMARAN AKIBAT PENGELOLAAN SAMPAH YANG TIDAK MEMADAI

1. Arsitektur Regulasi Pengelolaan Sampah dan Lingkungan Hidup Indonesia

Apabila ditinjau dari perspektif normatif-konstitusional, sistem hukum pengelolaan sampah di Indonesia sebenarnya memiliki landasan yang cukup kuat. Konstitusi telah memberikan pengakuan eksplisit bahwa setiap warga negara berhak memperoleh lingkungan hidup yang baik dan sehat sebagaimana ditegaskan dalam Pasal 28H ayat (1) UUD 1945. (Ambina, 2019) Selain itu, Pasal 33 ayat (4) UUD 1945 mengamanatkan agar pengelolaan sumber daya alam dilaksanakan dengan prinsip keberlanjutan serta berorientasi pada wawasan lingkungan. Kedua ketentuan ini tidak hanya berfungsi sebagai norma dasar, tetapi juga sebagai arah kebijakan (policy direction) bagi seluruh peraturan perundang-undangan di bawahnya, termasuk regulasi di bidang persampahan.

Secara ideal, jaminan konstitusional tersebut menempatkan negara dalam posisi aktif untuk memastikan bahwa sistem pengelolaan sampah tidak menimbulkan kerusakan lingkungan maupun ancaman kesehatan masyarakat. Namun dalam praktiknya, implementasi prinsip-prinsip tersebut masih menghadapi berbagai kendala struktural dan administratif, sehingga kesenjangan antara norma dan realitas tetap terlihat jelas. Dengan kata lain, fondasi hukumnya sudah tersedia, tetapi efektivitasnya sangat bergantung pada kualitas pelaksanaan di lapangan. Perubahan paradigma dalam tata kelola persampahan Indonesia mulai terlihat secara signifikan dengan disahkannya Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Undang-undang ini membawa transformasi konseptual dari pola konvensional "kumpul-angkut-buang" menuju pendekatan pengelolaan terpadu yang menekankan pengurangan sampah sejak dari sumbernya, pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, hingga pemrosesan akhir secara sistematis dan terencana. Pendekatan ini tidak lagi memandang sampah semata-mata sebagai persoalan teknis, tetapi

sebagai bagian dari sistem pengelolaan lingkungan yang harus dirancang secara berkelanjutan.

UU No. 18 Tahun 2008 juga memperkenalkan prinsip tanggung jawab produsen (extended producer responsibility), yang menuntut keterlibatan pihak industri dalam pengurangan dan pengelolaan limbah dari produk yang mereka hasilkan. Di samping itu, partisipasi masyarakat ditegaskan sebagai elemen penting dalam sistem pengelolaan sampah nasional. Kehadiran prinsip-prinsip tersebut menunjukkan bahwa regulasi ini tidak hanya bersifat administratif, melainkan juga mengandung dimensi tanggung jawab kolektif. Sebagai regulasi yang lebih komprehensif di bidang lingkungan, Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup berfungsi sebagai payung hukum yang mengatur instrumen pencegahan, pengawasan, hingga penegakan hukum terhadap berbagai bentuk pencemaran, termasuk yang bersumber dari pengelolaan sampah yang tidak sesuai standar. Dengan demikian, UU ini menjadi instrumen utama dalam memastikan bahwa aktivitas persampahan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan hidup.

Dari sisi struktur hierarki, pelaksanaan teknis UU No. 18 Tahun 2008 diperinci lebih lanjut melalui Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga, yang memberikan pedoman operasional bagi pemerintah daerah dalam menyelenggarakan sistem pengelolaan sampah. Namun demikian, efektivitas regulasi ini sangat bergantung pada kesiapan pemerintah daerah dalam menerbitkan dan menyesuaikan peraturan daerah (perda) yang relevan. Dalam praktiknya, tidak seluruh daerah memiliki regulasi lokal yang sepenuhnya selaras dengan kerangka nasional tersebut. (Governance, 2024) Sebagian daerah masih mengandalkan peraturan lama atau belum memiliki pengaturan yang komprehensif mengenai pengelolaan sampah. Kondisi ini menimbulkan ketidaksinkronan kebijakan yang berpotensi menghambat pelaksanaan standar nasional. Kesenjangan regulatif antara pusat dan daerah tidak hanya menjadi persoalan administratif, tetapi juga berdampak langsung terhadap tingginya volume sampah yang tidak terkelola dengan baik dan akhirnya mencemari lingkungan, baik melalui pembuangan ke sungai, laut, maupun lahan terbuka. (Nababan, 2024)

2. Analisis Implementasi UU No. 32/2009: Kekuatan dan Kelemahan dalam Konteks Sampah

Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 sebenarnya telah menyediakan instrumen hukum yang relatif lengkap untuk menangani persoalan pencemaran akibat pengelolaan

sampah. Dari sisi pencegahan, kewajiban penyusunan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) bagi kegiatan usaha yang berpotensi menimbulkan dampak besar merupakan mekanisme preventif yang dirancang untuk mengidentifikasi dan mengendalikan risiko sejak tahap perencanaan. (Loilewendan et al., 2022) Untuk kegiatan yang skalanya lebih kecil, instrumen Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UKL-UPL) berfungsi sebagai pendekatan yang lebih proporsional namun tetap mengikat secara hukum.

Sistem perizinan lingkungan yang terintegrasi semakin memperkuat mekanisme pengawasan preventif tersebut. Secara konseptual, pendekatan ini bertujuan agar setiap kegiatan usaha yang memiliki potensi dampak lingkungan harus terlebih dahulu melalui proses evaluasi yang komprehensif sebelum mendapatkan izin operasional. Namun demikian, dalam implementasinya, kualitas penyusunan dokumen lingkungan sering kali belum optimal. Pada beberapa kasus, AMDAL atau dokumen lingkungan lainnya lebih diposisikan sebagai syarat administratif untuk memperoleh izin, bukan sebagai instrumen analisis yang benar-benar substantif. Akibatnya, aspek penting seperti dampak terhadap air tanah, kualitas udara, serta risiko jangka panjang terhadap ekosistem sekitar tidak selalu dianalisis secara mendalam. Kondisi ini menunjukkan bahwa tantangan utama bukan terletak pada ketiadaan regulasi, melainkan pada efektivitas pengawasan dan kualitas pelaksanaannya.

Dari sisi penegakan hukum, UU No. 32/2009 menyediakan berbagai mekanisme sanksi, mulai dari sanksi administratif hingga sanksi perdata dan pidana. Sanksi administratif dapat berupa teguran, pembekuan, atau pencabutan izin. Jalur perdata memungkinkan masyarakat maupun kelompok terdampak untuk mengajukan gugatan, termasuk melalui mekanisme class action dan citizen lawsuit. (Berkelanjutan, 2025) Sementara itu, ketentuan pidana dirancang sebagai instrumen terakhir untuk memberikan efek jera bagi pelanggar berat. Meskipun demikian, penerapan sanksi pidana dalam kasus persampahan masih relatif terbatas. Hambatan koordinasi antarinstansi, keterbatasan sumber daya pengawas, serta rendahnya prioritas kasus lingkungan dalam praktik penegakan hukum menjadi faktor yang memengaruhi efektivitas implementasi ketentuan tersebut.

3. Dampak Pencemaran Lingkungan Akibat Pengelolaan Sampah yang Tidak Memadai

Apabila sistem hukum tidak berjalan secara efektif, konsekuensi paling nyata adalah munculnya berbagai bentuk pencemaran lingkungan. Pengelolaan sampah yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan pencemaran tanah akibat penimbunan tanpa pengamanan teknis yang memadai. Selain itu, rembesan cairan lindi dari tempat pemrosesan akhir yang tidak dilengkapi sistem pengolahan berpotensi mencemari air tanah dan sumber air permukaan.

Praktik pembakaran sampah terbuka juga masih ditemukan di berbagai wilayah, yang menimbulkan pencemaran udara dan risiko kesehatan pernapasan bagi masyarakat sekitar. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), masih terdapat proporsi sampah yang tidak terkelola secara optimal dan berakhir di badan air atau dibuang secara tidak resmi. Situasi ini berkontribusi pada permasalahan sampah laut yang menjadikan Indonesia kerap disebut sebagai salah satu penyumbang sampah plastik laut terbesar di dunia.

Dampak pencemaran ini tidak hanya bersifat ekologis, tetapi juga ekonomi dan sosial. Sektor perikanan terdampak oleh menurunnya kualitas perairan, sementara sektor pariwisata mengalami penurunan daya tarik akibat kondisi lingkungan yang tercemar. (Aqilla et al., 2023) Selain itu, masyarakat pesisir menghadapi risiko kesehatan akibat konsumsi biota laut yang terkontaminasi. Jika dihitung secara komprehensif, kerugian ekonomi akibat pengelolaan sampah yang buruk berpotensi jauh lebih besar dibandingkan investasi yang diperlukan untuk membangun sistem pengelolaan yang efektif.

4. Mekanisme Pengawasan dan Penegakan Hukum terhadap Pelanggar Ketentuan Sampah

Efektivitas regulasi sangat bergantung pada sistem pengawasan yang berjalan secara konsisten. Pengawasan lingkungan dilaksanakan oleh Kementerian LHK, Dinas Lingkungan Hidup di tingkat daerah, serta Penyidik Pegawai Negeri Sipil (PPNS) yang memiliki kewenangan penyidikan terbatas. (Kahatex, 1945) Secara teoritis, sistem ini dirancang untuk menciptakan mekanisme kontrol berlapis. Namun dalam praktiknya, koordinasi antarlembaga masih memerlukan penguatan. Keterbatasan jumlah pengawas dibandingkan dengan luas wilayah dan banyaknya kegiatan usaha yang harus dipantau menjadi tantangan tersendiri. Akibatnya, pengawasan sering dilakukan secara berkala, bukan secara berkelanjutan, sehingga potensi pelanggaran dapat berlangsung dalam waktu lama tanpa terdeteksi. Sebagai pelengkap, partisipasi masyarakat melalui sistem pelaporan digital dapat menjadi instrumen pengawasan tambahan yang efektif. Teknologi memungkinkan masyarakat menyampaikan laporan secara cepat dan terdokumentasi, sehingga meningkatkan transparansi dan akuntabilitas.

5. Strict Liability dan Tanggung Jawab Korporasi dalam Pencemaran dari Sampah Industri

Prinsip strict liability dalam Pasal 88 UU No. 32 Tahun 2009 merupakan inovasi penting dalam hukum lingkungan Indonesia. (Pengelolaan et al., 2025) Prinsip ini menegaskan bahwa

pelaku usaha yang menggunakan bahan berbahaya atau menghasilkan limbah tertentu bertanggung jawab atas kerugian lingkungan tanpa perlu pembuktian unsur kesalahan. Dalam konteks pengelolaan sampah industri, ketentuan ini memberikan dasar hukum yang kuat untuk menuntut tanggung jawab korporasi. Prinsip ini sejalan dengan polluter pays principle, yang menempatkan biaya pemulihan lingkungan pada pihak pencemar. Secara teoritis, pendekatan ini menciptakan insentif ekonomi agar pelaku usaha mengedepankan pencegahan daripada menghadapi risiko tanggung jawab hukum dan finansial yang lebih besar.

Namun, implementasinya masih menghadapi tantangan dalam praktik peradilan, terutama terkait pembuktian kausalitas dan kapasitas litigasi pihak terdampak. (Pertanggungjawaban et al., 2023) Oleh karena itu, penguatan mekanisme bantuan hukum dan akses terhadap keadilan lingkungan menjadi aspek penting dalam mendukung efektivitas prinsip ini.

6. Reformasi Hukum Menuju Sistem Pengelolaan Sampah yang Efektif

Secara keseluruhan, kerangka hukum pengelolaan sampah di Indonesia sebenarnya telah tersedia dan cukup komprehensif. Tantangan utama terletak pada konsistensi implementasi, pengawasan, serta penegakan hukum. Reformasi yang diperlukan bukan hanya dalam bentuk pembentukan regulasi baru, melainkan optimalisasi instrumen yang telah ada. Digitalisasi pengawasan melalui teknologi pemantauan kualitas lingkungan dapat meningkatkan efektivitas kontrol. Selain itu, penguatan kapasitas PPNS, harmonisasi regulasi pusat dan daerah, serta perluasan partisipasi publik merupakan langkah strategis yang perlu terus dikembangkan. Wacana pembentukan peradilan lingkungan khusus juga dapat menjadi solusi jangka panjang untuk meningkatkan kualitas putusan dan mempercepat penyelesaian perkara lingkungan. (Journal & Budiono, 2025) Dengan langkah-langkah tersebut, sistem hukum pengelolaan sampah di Indonesia diharapkan tidak hanya menjadi struktur normatif, tetapi benar-benar berfungsi sebagai instrumen perlindungan lingkungan yang efektif, adaptif, dan responsif terhadap tantangan pencemaran yang semakin kompleks. (Nabilla Desy Adityai, Herlina Puspa Dewi, Naurah Nazhifah, Dekha Aura Qilaf Balqis, 2025)

C. Strategi Kolaborasi Multipihak Menuju Pembangunan Berkelanjutan

1. Analisis Pemangku Kepentingan: Peta Aktor dan Kepentingan

Keberhasilan reformasi pengelolaan sampah di Indonesia sangat bergantung pada kemampuan untuk mengidentifikasi, memahami, dan mengelola kepentingan para pemangku kepentingan yang beragam. Analisis pemangku kepentingan merupakan instrumen penting dalam perencanaan kebijakan publik karena memungkinkan perancang kebijakan untuk

memetakan siapa saja aktor yang terlibat, apa kepentingan mereka, dan bagaimana hubungan antara satu pihak dengan pihak lainnya. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) merupakan aktor sentral yang memegang mandat regulasi dan pengawasan lingkungan hidup secara nasional. KLHK bertanggung jawab atas penyusunan regulasi, penetapan standar, dan koordinasi implementasi kebijakan pengelolaan sampah. Di tingkat daerah, Dinas Lingkungan Hidup (DLH) berperan sebagai perpanjangan tangan pemerintah pusat yang mengelola sistem persampahan kota dan kabupaten. Namun, lemahnya koordinasi antara KLHK pusat dan DLH daerah kerap menjadi hambatan sistemik yang berulang. (Nuriyatman, 2025)

Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) memiliki peran strategis dalam mengintegrasikan isu pengelolaan sampah ke dalam dokumen perencanaan pembangunan jangka menengah dan panjang, termasuk RPJMN dan Roadmap Ekonomi Sirkular Indonesia. Sementara itu, Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo) memainkan peran dalam pengembangan infrastruktur digital yang menjadi bagian penting dalam inovasi marketplace sampah berbasis aplikasi.

Sektor swasta mencakup industri daur ulang konvensional dan startup teknologi yang semakin berkembang. Industri daur ulang berperan sebagai badan usaha material daur ulang, sehingga keberadaannya sangat menentukan kelayakan ekonomi ekosistem pengumpulan sampah. Sementara itu, untuk teknologi seperti platform marketplace sampah dan aplikasi manajemen limbah hadir membawa inovasi dalam menghubungkan penghasil sampah dengan pengepul dan industri daur ulang. LSM lingkungan berperan sebagai watchdog kebijakan sekaligus penyedia edukasi masyarakat. Dan menjadi jembatan antara komunitas akar rumput dengan pengambil kebijakan. Bank sampah, yang juga telah berkembang menjadi lebih dari 11.000 unit di seluruh Indonesia, merupakan institusi berbasis komunitas yang secara nyata menggerakkan partisipasi masyarakat dalam pemilahan dan pengumpulan sampah.

Peta kepentingan yang beragam ini tidak terlepas dari potensi konflik. Industri daur ulang formal kerap berselisih dengan sektor informal (pemulung dan pengepul) terkait persaingan akses material daur ulang. Di sisi lain, kepentingan industri yang menginginkan regulasi minimal dapat berbenturan dengan aspirasi LSM yang mendorong penerapan Extended Producer Responsibility (EPR) yang lebih ketat. Memahami dan mengelola dinamika konflik ini merupakan prasyarat bagi terciptanya ekosistem kolaborasi yang sehat dan produktif. (Nafis, 2020)

2. Pendekatan Pentahelix dalam Pengelolaan Sampah Berbasis Teknologi

Model Pentahelix merupakan pengembangan dari model Triple Helix (Universitas, Industri, Pemerintah) dan Quadruple Helix dengan menambahkan unsur masyarakat sipil dan media sebagai bentuk aktif dalam proses inovasi. Dalam konteks pengelolaan sampah berbasis teknologi di Indonesia, model ini menawarkan kerangka analisis yang komprehensif untuk memahami dan merancang kolaborasi antara pihak. (Maratis & Fefta, 2025)

Dalam Penta Helix, kelima elemen berfungsi secara sinergis: (1) Akademisi berperan menghasilkan penelitian dan inovasi teknologi; (2) Bisnis/swasta mengkomersialisasikan inovasi dan menyediakan sumber daya; (3) Komunitas memberikan legitimasi sosial dan menjadi ujung tombak implementasi; (4) Pemerintah menciptakan regulasi yang kondusif; dan (5) Media menyebarkan informasi dan membentuk kesadaran publik. Interaksi sinergis kelima elemen ini menghasilkan ekosistem inovasi yang lebih adaptif dan berkelanjutan. (Keluli et al., 2025)

Program Real Talk yang digagas oleh Fakultas Ekonomika dan Bisnis UGM bekerja sama dengan Coca-Cola Euro Pacific Partners Indonesia merupakan contoh implementasi Penta Helix yang patut dicermati. Program ini berhasil mempertemukan akademisi (FEB UGM), korporasi multinasional (CCEP), komunitas bank sampah, aparat pemerintah daerah, dan media dalam satu forum kolaboratif untuk membahas solusi tentang pengelolaan sampah plastik. Hasilnya mencakup pengembangan model bisnis daur ulang yang layak secara finansial dan terkoneksi dengan jaringan bank sampah di DIY-Jawa Tengah. Kunci keberhasilan program ini terletak pada kepercayaan antar aktor, kesepakatan bersama tentang tujuan, serta adanya platform komunikasi yang terbuka dan terstruktur. Pengalaman ini menunjukkan bahwa kolaborasi yang berangkat dari permasalahan nyata di lapangan, bukan dari dokumen kebijakan semata, lebih berpotensi menghasilkan dampak yang terukur dan berkelanjutan.

3. Kebijakan Insentif dan Disinsentif untuk Mendorong Ekonomi Sirkular

Transformasi menuju ekonomi sirkular memerlukan perancangan kebijakan yang baik dalam bentuk insentif yang mendorong perilaku ramah lingkungan maupun disinsentif yang mengoreksi eksternalitas negatif dari pengelolaan sampah yang tidak bertanggung jawab. Kombinasi instrumen fiskal dan nonfiskal menjadi kunci dalam mendorong perubahan perilaku di berbagai level. EPR (Extended Producer Responsibility) merupakan prinsip kebijakan yang mewajibkan produsen untuk bertanggung jawab atas produk mereka hingga akhir masa pakainya, termasuk biaya pengumpulan dan daur ulang. (Fauzi et al., 2024)

Di Indonesia, Peraturan Menteri LHK No. P.75/2019 tentang Peta Jalan Pengurangan Sampah oleh Produsen telah mengadopsi prinsip EPR, mewajibkan produsen, distributor, dan retailer untuk mengurangi sampah hingga 30% pada tahun 2029. Namun, implementasinya masih lemah karena tidak adanya mekanisme sanksi yang tegas dan sistem verifikasi yang andal. (Maskuna, Hasbi Assidiqb, Siti Nurhaliza Bachrilc, 2022)

Jika berkaca dengan negara lain, yakni Jerman dan Belanda dimana telah lama menerapkan tax relief bagi industri yang berinvestasi dalam teknologi daur ulang dan pengelolaan limbah ramah lingkungan. Di Indonesia, pemerintah telah memberikan fasilitas pajak melalui Peraturan Pemerintah No. 45/2019 tentang Fasilitas Pajak Penghasilan untuk Penanaman Modal di Bidang-Bidang Tertentu, termasuk industri daur ulang. Namun, kebijakan ini belum optimal karena prosedur pengajuan yang rumit dan kurangnya sosialisasi kepada pelaku industri kecil dan menengah. Indonesia telah lama membahas penerapan cukai atas kantong plastik, namun implementasinya terus tertunda akibat resistensi dari industri plastik dan kekhawatiran dampaknya pada industri padat karya. Kajian Bappenas menunjukkan bahwa cukai plastik di Indonesia berpotensi menghasilkan penerimaan negara sekaligus mendorong perubahan perilaku konsumen, jika dirancang dengan transisi yang bertahap dan dana hasil cukai diarahkan kembali untuk program pengelolaan sampah.

4. Integrasi SDGs dalam Kebijakan Pengelolaan Sampah Nasional

Agenda tahun 2030 untuk Pembangunan Berkelanjutan yang diadopsi oleh 193 negara anggota PBB menetapkan 17 Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) yang saling terkait. Pengelolaan sampah secara langsung berhubungan dengan setidaknya tiga tujuan utama, yaitu SDG 11 untuk Kota dan Permukiman yang Berkelanjutan, SDG 12 untuk Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab, dan SDG 14 untuk Kehidupan di Bawah Air.

Kebijakan Strategis Nasional (JAKSTRANAS) Pengelolaan Sampah Rumah Tangga menargetkan pengurangan sampah sebesar 30% dan penanganan sampah sebesar 70% pada tahun 2025. Target ini selaras dengan SDG 12.5 dimana mendorong pengurangan timbulan sampah secara substansial. Sementara itu, Roadmap Ekonomi Sirkular Indonesia 2025-2045 menyajikan visi jangka panjang untuk mentransformasi ekonomi linear menjadi ekonomi sirkular yang berorientasi pada pengurangan limbah, penggunaan ulang, dan daur ulang material. Pencapaian target SDGs memerlukan sistem monitoring dan evaluasi yang kuat. Indonesia telah mengembangkan platform SDGs nasional yang dikelola Bappenas, yang memetakan indikator-indikator SDGs ke dalam program-program pemerintah. Namun,

tantangan utama terletak pada ketersediaan data yang disagregasi di tingkat kabupaten/kota, kapasitas aparaturnya dalam pelaporan, dan mekanisme pertanggungjawaban yang jelas.

Sinkronisasi antara RPJMN 2025-2029 dan agenda SDGs global masih menghadapi beberapa hambatan struktural. Pertama, siklus perencanaan nasional (lima tahunan) tidak selalu sinkron dengan siklus pelaporan SDGs. Kedua, indikator yang digunakan dalam dokumen nasional tidak selalu identik dengan indikator global SDGs, menyulitkan perbandingan. Ketiga, komitmen pemerintah daerah terhadap agenda SDGs masih bervariasi, tergantung pada kapasitas fiskal dan political will kepala daerah.

5. Replikasi Praktik Terbaik Internasional: Pembelajaran dari Jepang, Swedia, dan Singapura

Pengalaman negara-negara maju dalam mengelola sampah secara efektif memberikan pelajaran berharga bagi Indonesia. Meskipun konteks sosial, ekonomi, dan geografis berbeda, prinsip-prinsip fundamental dan faktor-faktor keberhasilan dapat diadaptasi sesuai kondisi lokal. Dimana Jepang dikenal sebagai salah satu negara dengan sistem pengelolaan sampah terbaik di dunia, yang dibangun di atas tiga pilar, yakni: Reduce, Reuse, dan Recycle (3R). Undang-Undang Dasar tentang Pembentukan Masyarakat Berorientasi Daur Ulang (Basic Act on Establishing a Sound Material-Cycle Society, 2000) menjadi landasan hukum yang komprehensif. Keberhasilan Jepang tidak terlepas dari kombinasi regulasi yang tegas, melainkan infrastruktur yang memadai, dan internalisasi nilai kebersihan dan ketertiban dalam budaya masyarakat. Tidak hanya itu, Swedia telah mencapai tingkat daur ulang yang sangat tinggi sehingga harus mengimpor sampah dari negara tetangga untuk memasok bahan bakar fasilitas waste-to-energy (WtE) mereka. Sistem district heating berbasis insinerasi memungkinkan konversi sampah residu (yang tidak dapat didaur ulang) menjadi energi listrik dan panas untuk kebutuhan kota. Keberhasilan Swedia bertumpu pada investasi jangka panjang dalam infrastruktur, edukasi publik yang konsisten, dan pajak tempat pembuangan akhir (landfill tax) yang tinggi sehingga mendorong pengelolaan alternatif. Singapura telah meluncurkan Zero Waste Nation Blueprint yang mengintegrasikan platform digital untuk memantau dan mengelola sampah secara real-time. National Environment Agency (NEA) mengembangkan sistem data terpadu yang menghubungkan fasilitas pengelolaan sampah, industri daur ulang, dan konsumen. Meskipun Singapura memiliki keunggulan berupa wilayah yang kecil dan kerapatan populasi yang tinggi, pendekatan sistematis dan berbasis data yang diterapkan sangat relevan untuk diadaptasi di kota-kota besar Indonesia.

6. Skenario Implementasi dan Roadmap Menuju 2030

Mewujudkan pengelolaan sampah yang terintegrasi dan berbasis teknologi memerlukan pendekatan bertahap yang realistis dan terukur. Berikut disajikan skenario implementasi dalam tiga fase dengan indikator kinerja utama (KPI) yang spesifik, terukur, dapat dicapai, relevan, dan berbatas waktu (SMART). Fase pertama difokuskan pada pembangunan pondasi ekosistem digital pengelolaan sampah. Prioritas utama mencakup: (1) pengembangan dan peluncuran aplikasi marketplace sampah di lima kota pilot (Jakarta, Surabaya, Bandung, Medan, Makassar); (2) standarisasi data dan interoperabilitas sistem informasi antara KLHK, DLH daerah, dan platform swasta; (3) penguatan kapasitas 5.000 bank sampah melalui digitalisasi pencatatan dan transaksi; serta (4) penyusunan regulasi EPR yang operasional serta mekanisme penegakannya. KPI fase pertama mencakup tingkat adopsi aplikasi marketplace oleh minimal 20% pengepul di kota pilot, peningkatan volume sampah terkelola di kota pilot sebesar 15%, dan tersusunnya regulasi EPR yang dapat diimplementasikan pada akhir 2026.

Fase kedua berfokus pada penguatan penegakan hukum dan perluasan ekosistem digital ke seluruh kota besar di Indonesia. Program mencakup: (1) ekspansi platform marketplace sampah ke 50 kota; (2) implementasi penuh EPR dengan mekanisme sanksi administratif yang efektif; (3) pengembangan sistem waste tracking berbasis blockchain untuk memastikan keterlacakan material daur ulang; dan (4) integrasi data pengelolaan sampah dengan sistem perencanaan kota. KPI fase kedua meliputi: tingkat daur ulang nasional mencapai 25% (dari baseline 7,5% pada 2023), reduksi sampah di TPA sebesar 20%, dan kepatuhan produsen terhadap target EPR mencapai 60%.

Pada fase ketiga, target utama adalah mencapai dan mempertahankan target JAKSTRANAS (pengurangan 30%, penanganan 70%) sekaligus memenuhi komitmen SDGs. Agenda mencakup (1) konsolidasi ekosistem ekonomi sirkular yang melibatkan seluruh rantai nilai dari penghasil sampah hingga industri daur ulang, (2) pengembangan pasar material daur ulang yang kompetitif dengan harga yang transparan, dan (3) integrasi penuh dengan agenda iklim melalui pengurangan emisi gas rumah kaca dari sektor pengelolaan sampah. KPI jangka panjang 2030 mencakup Indonesia mencapai tingkat daur ulang minimal 35%, pengurangan timbulan sampah ke TPA sebesar 50% dari baseline 2023, dan kontribusi sektor ekonomi sirkular sampah terhadap PDB nasional sebesar minimal 0,5%. Pencapaian target-target ini memerlukan sinergi antara komitmen politik, inovasi teknologi, partisipasi masyarakat, dan investasi swasta yang berkelanjutan dalam ekosistem pengelolaan sampah yang berorientasi pada nilai, bukan sekadar volume.

D. KESIMPULAN

Pengelolaan sampah di Indonesia pada saat ini tidak lagi dapat dipandang hanya sebagai persoalan kebersihan lingkungan, melainkan telah berkembang menjadi isu strategis yang berkaitan dengan pembangunan berkelanjutan, kesehatan masyarakat, tata kelola lingkungan, perkembangan teknologi digital, dan pertumbuhan ekonomi nasional. Peningkatan jumlah sampah yang terus terjadi seiring pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan pola konsumsi masyarakat menuntut adanya perubahan paradigma pengelolaan sampah dari sistem konvensional menuju sistem berbasis ekonomi sirkular yang lebih berkelanjutan. Konsep ekonomi sirkular menempatkan sampah sebagai sumber daya yang masih memiliki nilai guna dan nilai ekonomi melalui proses *reduce*, *reuse*, dan *recycle* sehingga dapat mengurangi eksploitasi sumber daya alam serta menekan pencemaran lingkungan.

Teknologi digital memiliki peran penting sebagai sarana peningkatan efektivitas dan efisiensi pengelolaan sampah. Pemanfaatan aplikasi marketplace sampah, Internet of Things (IoT), big data, dan sistem digital lainnya mampu memperkuat konektivitas antara masyarakat, pemerintah, pemulung, pengepul, dan industri daur ulang sehingga proses pengumpulan, pemilahan, distribusi, hingga pengolahan sampah dapat dilakukan secara lebih terintegrasi dan transparan. Namun, implementasi digitalisasi tersebut masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan infrastruktur teknologi, rendahnya literasi digital masyarakat, serta belum meratanya akses teknologi di berbagai daerah.

Indonesia telah memiliki dasar regulasi yang cukup kuat melalui Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Regulasi tersebut pada dasarnya telah mengatur mengenai pengurangan sampah, tanggung jawab pemerintah dan masyarakat, pengawasan lingkungan, hingga penegakan hukum terhadap pelanggaran lingkungan hidup. Akan tetapi, efektivitas pelaksanaannya masih menghadapi hambatan berupa lemahnya pengawasan, kurang optimalnya koordinasi antarlembaga, keterbatasan sarana pendukung, serta rendahnya kepatuhan terhadap ketentuan hukum yang berlaku. Selain itu, keberhasilan pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular tidak dapat diwujudkan hanya melalui peran pemerintah, melainkan memerlukan kolaborasi multipihak yang melibatkan pemerintah, sektor swasta, akademisi, komunitas, media, dan masyarakat secara aktif. Sinergi tersebut penting untuk membangun kesadaran lingkungan, meningkatkan inovasi teknologi, memperluas investasi industri daur ulang, serta menciptakan sistem pengelolaan sampah yang inklusif dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular yang didukung oleh teknologi digital, regulasi yang efektif, dan kolaborasi multipihak merupakan langkah strategis dalam mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 11 tentang Kota dan Permukiman Berkelanjutan, SDG 12 tentang Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab, serta SDG 14 tentang Ekosistem Laut. Dengan penguatan kebijakan, peningkatan partisipasi masyarakat, dan optimalisasi pemanfaatan teknologi, pengelolaan sampah di Indonesia berpotensi menjadi instrumen penting dalam mewujudkan pembangunan nasional yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Saran

- 1) Pemerintah perlu memperluas infrastruktur digital dan meningkatkan literasi teknologi agar transformasi digital pengelolaan sampah dapat berjalan merata dan inklusif.
- 2) Pengawasan dan penegakan hukum lingkungan perlu diperkuat melalui digitalisasi sistem pengawasan, harmonisasi regulasi, dan peningkatan kapasitas aparat penegak hukum.
- 3) Pengembangan aplikasi dan teknologi pengelolaan sampah harus disesuaikan dengan kebutuhan masyarakat, khususnya sektor informal seperti pemulung dan pengepul.
- 4) Sektor swasta perlu didorong untuk menerapkan prinsip Extended Producer Responsibility (EPR) serta berinvestasi pada industri daur ulang dan teknologi ramah lingkungan.
- 5) Kolaborasi antara pemerintah, akademisi, dunia usaha, komunitas, dan masyarakat harus terus diperkuat guna menciptakan sistem pengelolaan sampah yang efektif, berkelanjutan, dan mendukung target SDGs Indonesia.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Ambina, D. G. (2019). Tinjauan pemilahan sampah menurut undang-undang nomor 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah. 13. <https://doi.org/10.24970/jbhl.v3n2.13>
- Aqilla, A. R., Razak, A., Barlian, E., Syah, N., & Diliarosta, S. (2023). Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu Pengaruh Sampah Plastik Dalam Pencemaran Air. 1, 275–280.
- Berkelanjutan, P. E. (2025). Citizen Lawsuit. 13, 129–142.
- Bhamatika, N. W., Nuraini Nabilah Hidayat, Starla Yulia Putri, Ainun Kusuma Dewi, Ubaidillah Kamal, & Muhammad Adymas Hikal Fikri. (2025). Dari Regulasi ke Implementasi: Problematika Pengawasan dalam Menghadapi Ancaman Lingkungan Hidup di Indonesia. PESHUM : Jurnal Pendidikan, Sosial Dan Humaniora, 4(4), 5248–

5259. <https://doi.org/10.56799/peshum.v4i4.9637>

Fauzi, M., Hartati, V., Roudhoh Nugraha, S., Nursalim, S., & Syifa Puspani, N. (2024). Green Logistics dan Extended Producer Responsibility untuk Pengelolaan Sampah Kemasan Makanan dan Minuman di Universitas Widyatama: Suatu Model untuk Green Campus Green Logistics and Extended Producer Responsibility Approach for Food and Beverage Packaging Waste Management at Widyatama University: A Model for Green Campus. *Teknologi Lingkungan*, 25(1), 38–47.

Governance, E. (2024). *Arus Jurnal Sosial dan Humaniora (AJSH) Kebijakan Hukum Pemerintah Provinsi Jawa Tengah dalam Pengelolaan Sampah sebagai Implementasi Prinsip Good Environmental Governance.*

Hapsari, B. P. . N. D. C. . P. N. A. . & F. M. A. H. (2024). Analisis Penerapan Zero Waste Dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Guna Meningkatkan Kualitas Lingkungan Hidup. *Kultura: Jurnal Ilmu Hukum, Sosial, dan Humaniora*, 2(6), 9-24. 2, 9–24.

Imelia Damai Agusthin, S. P. R., & Fikri, M. A. H. (2024). Mitigasi Penanggulangan Tumpahan Minyak (Oil Spill) di Perairan Laut Kepulauan Riau Berdasarkan Law Of The Sea Convention. 1(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.62383/jembatan.v1i2.264>

Imran, T., Nurhaedar, N., Syam, A., Dahri, M., & Noor, M. (2025). Barang Rongsokan dan Peluang Bisnis Berbasis Ekonomi Sirkular Di Sulawesi Selatan: Tinjauan Literatur. *AlHubuts*, 21(1), 266–283.

Indrawati, R. S., Roza, A. M. R., Reiginayosi, M., Wibowo, E. S. I., & Syifa, A. N. (2024). Kesenjangan Digital dan Akses Internet di Kabupaten Katingan: Studi Kasus pada Masyarakat Pedesaan. *Jurnal Kaganga: Jurnal Ilmiah Sosial Dan Humaniora*, 8(1), 65–73. <https://doi.org/10.33369/jkaganga.8.1.65-73>

Journal, B. L., & Budiono, I. (2025). Penegakan Hukum terhadap Pencemaran Lingkungan Limbah Domestik dan Industri Sungai Bango Malang. 6(2).

Kahatex, T. P. T. (1945). Penegakan Hukum terhadap Pencemaran Lingkungan di Sungai Cikijing , Jawa Barat Akibat Aktivitas Industri.

Keluli, Y. F. L., Djani, W., & Pradana, I. P. Y. B. (2025). Kolaborasi Pentahelix dalam Penanganan Sampah: Studi Kasus Peran Pemerintah, Akademisi, Bisnis, Komunitas, dan Media di Kota Kupang. *Jurnal Ilmu Administrasi Negara (AsIAN)*, 13(1), 29–49.

Koswara, A. (2024). Digitalisasi Ekonomi di Pedesaan: Mengkaji Kesenjangan Infrastruktur Digital di Indonesia. *Jurnal Al Azhar Indonesia Seri Ilmu Sosial*, 5(3), 180. <https://doi.org/10.36722/jaiss.v5i3.3407>

- Loilewendan, A. F., Titawati, T., & Ardika, G. T. (2022). TENTANG PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP (PPLH). November 2021, 1378–1384.
- Maratis, J., & Fefta, A. (2025). Tata Kelola Data Statistik Menuju Transformasi Statistik dalam Perspektif Collaborative Governance Plus Multi Helix (Studi Pada Badan Pusat Statistik). 11(2), 164–172.
- Maskuna, Hasbi Assidiqb, Siti Nurhaliza Bachrilc, N. H. A. M. (2022). TINJAUAN NORMATIF PENERAPAN PRINSIP TANGGUNG JAWAB PRODUSEN DALAM PENGATURAN TATA KELOLA SAMPAH PLASTIK DI INDONESIA. Bina Hukum Lingkungan, 6(2), 185–200. <https://doi.org/https://doi.org/10.24970/bhl.v6i2.239>
- TINJAUAN
- Milandile, M., & Sinyinda, M. (2026). Comparative Evaluation of Machine Learning Models For Municipal Solid Waste Prediction With Feature Extension. Journal Research and Development (ITJRD), 10(2), 16–27. <http://journal.uir.ac.id/index/php/ITJRD>
- Nababan, K. F. (2024). Implementasi Undang Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah Terhadap Masyarakat Yang Membuang Sampah Sembarangan Di Kota Bandar Lampung (Studi Kasus : Kel . kangkung Kec . Bumi waras , Teluk betung Bandar Lampung). 2.
- Nabilla Desy Adityai, Herlina Puspa Dewi, Naurah Nazhifah, Dekha Aura Qilaf Balqis, M. A. H. F. (2025). RELEVANSI NILAI FALSAFAH JAWA ‘MEMAYU HAYUNING BAWANA’ DENGAN HUKUM LINGKUNGAN MODERN MELALUI MODEL ECO-CULTURAL LAW. 1, 2603–2617.
- Nafis, W. (2020). Penyelesaian Konflik Lingkungan dalam Pengelolaan Sampah di Kabupaten Bantul. Jurnal Riset Daerah, 20(3), 3699–3728. <https://doi.org/10.64730/jrdbantul.v20i3.42>
- Nuriyatman, E. (2025). PENEGAKAN HUKUM LINGKUNGAN, KELEMBAGAAN ADA, KEWENANGAN TAK BERDAYA. 3(1), 108–118.
- Nursapia harahap. (2014). Penelitian Kepustakaan. 08.
- Oktahafizhah, U., Adila, C. U., Ningrum, E. P., Okta, S., & Ramdani. (2023). PEMANFAATAN PLATFORM DIGITAL DALAM PENGELOLAAN SAMPAH DI INDONESIA DAN SINGAPURA Email : ekapuspitaningrum93@gmail.com Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik Universitas Lampung ABSTRAK Pendahuluan Sebagaimana yang diketahui sampah dianggap paling krisis d.
- Pengelolaan, U. P. D. A. N., Hidup, L., Diubah, Y., & Fath, A. (2025). Analisis yuridis penerapan

strict liability dalam undang-undang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang diubah oleh undang-undang cipta kerja. 2.

- Permana, I. S., Ngiliyun, A., & Office, M. (2025). Peningkatan Literasi Digital Dan Optimalisasi. 2(2), 96–109.
- Pertanggungjawaban, A., Strict, M., & Tindak, P. (2023). The Principle of Strict Liability in Prosecuting Environmental Criminal Actions by Corporations. 01(02), 41–47.
- Posmaningsih, D. A. ., Aryasih, I. G. A. M., & Jana, I. W. (2024). Pengelolaan Bank Sampah, Identifikasi Permasalahan dan Rumusan Strategi Bank Sampah Desa Marga Tabanan. *Jurnal Pengabdian Dan Pengembangan Masyarakat Indonesia*, 3(2), 199–206. <https://doi.org/10.56303/jppmi.v3i2.300>
- Prasetyo, R. F., Hermawan, I., Hutagaol, F., Setiawan, R. A., & Ginting, J. A. (2025). Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet Of Things Dengan Pemantauan Kapasitas dan Berat Secara Waktu Nyata. 4(1), 222–233.
- Rasendriya, M. A., Fauzi, K. R., Puspita Sari, J. A., Sinaga, R. A., & Mandasari, R. D. (2024). Integrasi Gamifikasi Dalam Aplikasi Sampah Tukar: Desain Ui/Ux Untuk Pertukaran Sampah Dengan Mata Uang Digital. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(1), 601–610. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3877>
- Rosadi, I., Supriyadi, U., & Pradana, A. G. (2026). Implementasi Sistem Bank Sampah Digital Terpadu sebagai Solusi Minimnya Tempat Pembuangan Sampah dan Penguatan Ekonomi Masyarakat Desa Bakung Kronjo. 10, 5803–5811.
- Sari, R. P., & Veri, J. (2025). Pengaruh Digitalisasi Terhadap Ekonomi Sirkular: Systematic Literature Review. *ECo-Buss*, 8(1), 842–864. <https://doi.org/10.32877/eb.v8i1.2954>
- Syahrani Nurseha, S., Anisa Kamelia, E., Pieter Noehveltino Bonitu Suri, V., & Adymas Hikhal Fikri, M. (2024). Urgensi Transisi Green Economy oleh Generasi Muda Terhadap Pengaruh Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Ekonomi, Manajemen Dan Akuntansi*, 1192(2), 133–151. <http://jurnal.kolibi.org/index.php/neraca>
- TENTANG, UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 32 TAHUN 2009 HIDUP, PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN, 1 (2009).
- Yuliani, W. (2017). METODE PENELITIAN DESKRIPTIF KUALITATIF DALAM PERSPEKTIF BIMBINGAN DAN KONSELING. *QUANTA: Jurnal Kajian Bimbingan Dan Konseling Dalam Pendidikan*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.22460/q.v1i1p1-10.497>