



Tinjauan Yuridis Terhadap Pengelolaan Limbah Baterai Kendaraan Listrik Sebagai Limbah B3 Berdasarkan PP No. 27 Tahun 2020

Dwiyanti Sri¹, Habeahan Binner², Alamsyah Prayudi³, Maulana ihsan⁴, Fikri Romadlon⁵, Edy Santoso⁶, Nugraha Pranadita⁷

Universitas langlangbuana, Indonesia¹⁻⁷

Email Korespondensi: awahyudin010@gmail.com

Article received: 04 Juli 2025, Review process: 13 Juli 2025

Article Accepted: 25 Agustus 2025, Article published: 10 September 2025

ABSTRACT

The rapid advancement of global technology supporting the clean energy transition has driven significant growth in electric vehicle (EV) adoption worldwide, including in Indonesia. This study aims to analyze the legal framework governing EV battery waste management, identify weaknesses in implementing the precautionary principle and extended producer responsibility (EPR), and evaluate the prospects for harmonizing national policies with international instruments. This research employs a normative juridical method using statutory analysis and literature review of national regulations, legal doctrines, and international frameworks. The findings reveal that Indonesia's current legal system lacks comprehensive technical regulations on classification, handling, tracking, and recycling of EV batteries, resulting in regulatory gaps and limited producer accountability. These findings imply the need for lex specialis-based regulatory reforms, strengthened EPR implementation, integration of digital tracking technologies, and harmonization with global standards to achieve sustainable environmental governance and support the success of the energy transition.

Keywords: Electric Vehicles, Battery Waste, EPR, Environmental Law

ABSTRAK

Perkembangan teknologi global dalam mendukung transisi energi bersih mendorong pertumbuhan signifikan penggunaan kendaraan listrik di berbagai negara, termasuk Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaturan hukum terkait pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik, mengidentifikasi kelemahan dalam penerapan prinsip kehati-hatian dan extended producer responsibility (EPR), serta mengevaluasi prospek harmonisasi kebijakan nasional dengan instrumen internasional. Penelitian menggunakan metode yuridis normatif dengan pendekatan perundang-undangan dan studi literatur terhadap peraturan nasional, doktrin, serta kerangka hukum internasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerangka hukum di Indonesia belum memiliki regulasi teknis yang komprehensif untuk mengatur klasifikasi, penanganan, pelacakan, dan daur ulang limbah baterai kendaraan listrik, sehingga menciptakan kesenjangan kebijakan dan lemahnya akuntabilitas produsen. Temuan ini berimplikasi pada perlunya pembaruan regulasi berbasis lex specialis, penguatan implementasi EPR, integrasi teknologi pelacakan digital, dan harmonisasi kebijakan dengan standar global untuk mewujudkan tata kelola lingkungan yang lebih berkelanjutan dan mendukung keberhasilan transisi energi.

Kata Kunci: Kendaraan Listrik, Limbah Baterai, EPR, Hukum Lingkungan

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi global dalam mendukung transisi energi bersih mendorong pertumbuhan pesat kendaraan listrik di berbagai negara, termasuk Indonesia. Inisiatif ini didorong oleh upaya mengurangi emisi karbon, menurunkan ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta mendukung target pembangunan berkelanjutan sesuai agenda United Nations Environment Programme (UNEP, 2023). Kendaraan listrik diyakini sebagai salah satu solusi strategis untuk menekan polusi dan mendukung ekonomi hijau, namun di sisi lain menimbulkan permasalahan baru berupa timbunan limbah baterai litium-ion bekas yang bersifat bahan berbahaya dan beracun (B3). Apabila tidak dikelola secara tepat, baterai bekas ini dapat menyebabkan pencemaran tanah, air, dan udara yang berdampak serius terhadap kesehatan manusia serta keseimbangan ekosistem (OECD, 2023).

Secara normatif, pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik semestinya merujuk pada prinsip-prinsip hukum lingkungan modern, khususnya precautionary principle dan extended producer responsibility (EPR). Prinsip ini telah menjadi pilar penting dalam instrumen internasional seperti Basel Convention dan Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM, 2023) yang menekankan perlunya pendekatan berbasis siklus hidup (life-cycle approach) dalam penanganan limbah berbahaya. Di Indonesia, prinsip-prinsip tersebut sebenarnya telah diadopsi dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, namun penerapannya masih terbatas pada level kebijakan umum tanpa didukung regulasi teknis yang relevan dan memadai. Akibatnya, mekanisme perlindungan lingkungan belum optimal dalam menghadapi tantangan era elektrifikasi kendaraan.

Permasalahan utama terletak pada ketiadaan regulasi sektoral yang secara eksplisit mengatur klasifikasi, penanganan, pelaporan, dan pelacakan limbah baterai kendaraan listrik sebagai bagian dari kategori limbah B3. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2020 sebenarnya telah mengatur pengelolaan limbah spesifik, tetapi ketentuannya masih bersifat umum dan belum merespons karakteristik unik limbah baterai yang mengandung logam berat seperti litium, kobalt, dan nikel. Kekosongan norma ini memunculkan potensi lemahnya pengawasan, rendahnya akuntabilitas produsen, dan keterbatasan kapasitas lembaga dalam melakukan mitigasi risiko lingkungan (European Environment Agency, 2024). Kondisi tersebut menempatkan Indonesia pada posisi rentan menghadapi dampak jangka panjang jika kebijakan dan perangkat hukum tidak segera diperkuat.

Studi internasional dan nasional juga menunjukkan urgensi pembaruan sistem hukum dalam pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik. Penelitian Sopha, Yuliastri, & Wahyudi (2022) menegaskan bahwa implementasi strategi ekonomi sirkular pada pengelolaan baterai bekas sangat krusial untuk meminimalkan pencemaran dan mendukung keberlanjutan energi. Di sisi lain, praktik terbaik di negara-negara maju seperti Jepang dan Uni Eropa menunjukkan

keberhasilan integrasi sistem pelabelan digital, sistem pengumpulan terintegrasi, serta kewajiban EPR berbasis regulasi yang ketat (European Parliament, 2023). Perbandingan tersebut menegaskan adanya kesenjangan signifikan antara kebijakan Indonesia dengan standar internasional, yang dapat berdampak pada lemahnya diplomasi lingkungan dan posisi tawar Indonesia di tingkat global.

Selain itu, ketiadaan harmonisasi peraturan domestik dengan standar global menjadi tantangan besar dalam mengatasi dampak ekologis dari kendaraan listrik. Indonesia sebagai negara pihak dalam Basel Convention memiliki kewajiban hukum untuk menyesuaikan kerangka regulasi nasional dengan praktik internasional dalam pengelolaan limbah lintas batas. Sayangnya, hingga kini upaya harmonisasi kebijakan tersebut belum diimplementasikan secara optimal (UNEP, 2023). Apabila kondisi ini terus berlanjut, Indonesia berpotensi menghadapi disfungsi sistem hukum, penurunan kredibilitas internasional, dan peningkatan risiko pencemaran akibat limbah baterai yang tidak tertangani dengan baik.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis pengaturan hukum di Indonesia terkait klasifikasi dan pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik sebagai limbah B3 berdasarkan PP No. 27 Tahun 2020; (2) mengidentifikasi kelemahan serta tantangan implementatif dalam pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik ditinjau dari prinsip-prinsip hukum lingkungan modern; dan (3) mengevaluasi prospek pembaruan dan harmonisasi sistem hukum lingkungan nasional dengan instrumen internasional. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi konseptual dan praktis terhadap penguatan regulasi serta peningkatan kapasitas kelembagaan dalam menghadapi tantangan ekologi dan transisi teknologi di Indonesia.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode yuridis normatif dengan pendekatan perundang-undangan dan studi literatur untuk menganalisis pengaturan, kelemahan, dan prospek pembaruan hukum terkait pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik di Indonesia. Data primer diperoleh melalui kajian peraturan perundang-undangan, seperti Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Sampah Spesifik, serta Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Selain itu, penelitian ini menelaah instrumen hukum internasional, termasuk Basel Convention dan Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM) sebagai kerangka acuan global. Bahan hukum sekunder diperoleh dari doktrin, buku ajar, artikel ilmiah nasional dan internasional, serta laporan riset relevan. Analisis data dilakukan secara deskriptif-analitis dengan menafsirkan norma-norma hukum positif dan mengevaluasi kesesuaiannya dengan prinsip precautionary principle dan extended producer responsibility (EPR) dalam konteks keberlanjutan lingkungan. Penarikan kesimpulan menggunakan penalaran deduktif, yakni menurunkan jawaban atas permasalahan dari norma umum menuju kasus konkret.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesenjangan Regulasi Pengelolaan Limbah Baterai Kendaraan Listrik

Pertumbuhan pesat kendaraan listrik di Indonesia telah membawa dampak signifikan terhadap peningkatan konsumsi baterai litium-ion yang memiliki potensi menghasilkan limbah berbahaya dan beracun (B3). Sayangnya, kebijakan hukum nasional masih tertinggal dalam memberikan kerangka regulasi yang jelas dan komprehensif terkait pengelolaan baterai kendaraan listrik. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Sampah Spesifik hanya memuat ketentuan umum tanpa pengaturan rinci mengenai klasifikasi, penyimpanan, penanganan, dan daur ulang baterai kendaraan listrik. Ketidakjelasan regulasi ini berimplikasi pada lemahnya pengawasan dan ketidakpastian hukum bagi produsen, konsumen, serta pemangku kepentingan lainnya dalam sistem manajemen limbah nasional (OECD, 2023). Kondisi ini memperburuk risiko pencemaran lingkungan, karena limbah baterai yang mengandung litium, nikel, dan kobalt dapat meresap ke dalam tanah, mencemari air, serta membahayakan kesehatan masyarakat.

Jika dibandingkan dengan negara-negara maju, kesenjangan regulasi Indonesia semakin terlihat jelas. European Parliament (2023) melalui Battery Regulation 2023/1542 telah menetapkan standar teknis rinci yang mencakup kewajiban produsen dalam pengelolaan siklus hidup baterai, mulai dari produksi, distribusi, penggunaan, hingga tahap akhir pembuangan dan daur ulang. Negara-negara Uni Eropa juga memanfaatkan teknologi digital untuk melacak pergerakan baterai secara real-time melalui sistem barcode dan digital twin, yang memungkinkan transparansi dan akuntabilitas dalam rantai pasok limbah. Model ini terbukti meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah sekaligus mendorong tercapainya target ekonomi sirkular (European Environment Agency, 2024). Sebaliknya, Indonesia belum memiliki instrumen serupa, sehingga sistem pelacakan limbah baterai masih sangat terbatas dan bergantung pada laporan manual dari produsen.

Selain regulasi yang belum memadai, Indonesia juga menghadapi persoalan lemahnya penerapan prinsip precautionary principle dalam kebijakan teknisnya. Prinsip ini menuntut negara untuk mengambil tindakan preventif terhadap potensi risiko pencemaran bahkan sebelum bukti ilmiah lengkap tersedia (UNEP, 2023). Negara-negara maju telah memasukkan prinsip ini ke dalam sistem manajemen risiko lingkungan berbasis teknologi dan database global, sedangkan Indonesia masih mengandalkan kebijakan yang bersifat responsif, bukan preventif. Ketidaksiapan pemerintah dalam menetapkan pedoman teknis membuat risiko kontaminasi logam berat dan bahan kimia beracun dari baterai bekas semakin besar, terutama di daerah perkotaan dengan volume limbah tinggi. Ketiadaan instrumen mitigasi dini membuat potensi kerusakan ekosistem semakin sulit dihindari.

Temuan ini diperkuat oleh studi Sopha, Yuliastri, & Wahyudi (2022) yang menunjukkan bahwa lebih dari 65% limbah baterai kendaraan listrik di Indonesia belum dikelola melalui fasilitas resmi dan cenderung dibuang secara bebas.

Sebagian besar limbah baterai bahkan ditangani oleh sektor informal yang tidak memiliki akses terhadap teknologi pengolahan limbah aman, sehingga berpotensi menyebabkan kontaminasi air tanah dan udara akibat pembakaran tidak terkontrol. Rendahnya tingkat kepatuhan produsen dan kurangnya fasilitas pengelolaan limbah membuat masalah ini semakin kompleks, apalagi belum ada sistem insentif yang mendorong masyarakat dan industri untuk mengembalikan baterai bekas ke pusat pengelolaan resmi.

Masalah kesenjangan regulasi juga diperparah dengan belum adanya harmonisasi kebijakan lintas sektor di tingkat nasional. Saat ini, pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik melibatkan berbagai lembaga, termasuk Kementerian Lingkungan Hidup, Kementerian Perindustrian, dan Kementerian Energi, namun koordinasinya masih lemah dan tumpang tindih kewenangan. Hal ini menyebabkan keterlambatan penerbitan pedoman teknis dan kurangnya konsistensi kebijakan di tingkat daerah. Berbeda dengan pendekatan cross-sectoral integration di Uni Eropa yang menekankan kerangka kebijakan terpadu antarotoritas, Indonesia masih berjalan sendiri-sendiri, sehingga efektivitas pengelolaan limbah menjadi rendah (European Commission, 2023).

Situasi ini juga berdampak pada ketercapaian target pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals / SDGs), khususnya tujuan ke-12 tentang pola produksi dan konsumsi berkelanjutan. Kurangnya regulasi yang tegas menyebabkan Indonesia berpotensi gagal memenuhi komitmen internasionalnya dalam hal pengelolaan limbah berbahaya secara bertanggung jawab (UNSD, 2024). Kegagalan memenuhi indikator global ini bukan hanya menurunkan kredibilitas Indonesia di mata dunia, tetapi juga membatasi akses pendanaan internasional yang mendukung transisi energi dan mitigasi perubahan iklim.

Praktik terbaik internasional menunjukkan bahwa pendekatan risk-based regulation dapat menjadi solusi strategis bagi Indonesia. Jepang, misalnya, telah menerapkan sistem pengawasan berbasis barcode tracking dan pelabelan elektronik yang memungkinkan pemerintah melacak pergerakan baterai sejak diproduksi hingga tahap daur ulang. Dengan sistem ini, transparansi dan akuntabilitas lebih terjamin karena data disimpan dalam basis data nasional yang terhubung ke sistem global (OECD, 2024). Indonesia dapat mengadopsi pendekatan serupa dengan menyesuaikannya terhadap konteks sosial, ekonomi, dan kapasitas teknologi dalam negeri.

Dengan mempertimbangkan kondisi tersebut, diperlukan pembaruan kebijakan nasional yang lebih progresif dan adaptif. Pemerintah perlu menetapkan kerangka *lex specialis* dalam bentuk peraturan teknis sektoral mengenai limbah baterai kendaraan listrik yang selaras dengan instrumen internasional. Kebijakan baru harus mengintegrasikan prinsip kehati-hatian, transparansi data, serta kewajiban *extended producer responsibility* (EPR) untuk memastikan bahwa pengelolaan limbah dilakukan secara akuntabel, efisien, dan berkelanjutan. Tanpa regulasi yang kuat, Indonesia berpotensi mengalami krisis lingkungan di tengah transisi teknologi energi global.

Implementasi Extended Producer Responsibility (EPR) dalam Konteks Nasional

Prinsip Extended Producer Responsibility (EPR) menempatkan tanggung jawab penuh pada produsen untuk mengelola seluruh siklus hidup produknya, mulai dari perancangan, produksi, distribusi, penggunaan, hingga pembuangan limbah. Di Indonesia, meskipun prinsip EPR telah dikenal melalui kebijakan nasional, implementasinya masih jauh dari optimal karena belum ada perangkat hukum yang mengikat secara jelas. Tidak adanya kewajiban hukum menyebabkan tingkat kepatuhan produsen terhadap pengumpulan dan pengolahan limbah baterai rendah, sementara volume baterai bekas terus meningkat seiring pertumbuhan pasar kendaraan listrik (OECD, 2023). Kondisi ini memperlihatkan adanya kesenjangan serius antara kebijakan normatif dan praktik di lapangan.

Dibandingkan dengan Uni Eropa, Indonesia tertinggal jauh dalam penerapan EPR. European Parliament (2023) melalui EU Battery Regulation menetapkan standar yang ketat mengenai kewajiban produsen, termasuk pembiayaan program pengumpulan dan daur ulang baterai. Negara-negara anggota Uni Eropa juga mengembangkan mekanisme digital berbasis blockchain untuk melacak pergerakan baterai dan memastikan transparansi rantai pasok. Sementara itu, Jepang menggunakan pendekatan reverse logistics berbasis digital, di mana produsen, konsumen, dan pemerintah bekerja sama memantau penggunaan dan pengembalian baterai bekas (UNEP, 2023). Indonesia dapat belajar dari praktik terbaik tersebut untuk memperkuat tata kelola lingkungannya.

Saat ini, implementasi EPR di Indonesia masih terbatas pada program percontohan dan inisiatif sukarela. Pemerintah belum menyediakan regulasi yang mengikat maupun insentif fiskal bagi produsen yang patuh. Akibatnya, industri kendaraan listrik di Indonesia belum memiliki kewajiban jelas untuk menarik kembali baterai bekas atau mendaur ulangnya. Selain itu, ketiadaan sistem pelaporan digital dan basis data nasional membuat pemerintah kesulitan memantau peredaran baterai dan memproyeksikan volume limbah masa depan (IEA, 2024). Situasi ini menegaskan perlunya peraturan operasional yang jelas agar implementasi EPR dapat berjalan secara efektif.

Efektivitas EPR di negara maju juga didukung oleh kebijakan berbasis insentif dan penalti. Korea Selatan, misalnya, menerapkan sistem pajak berbasis kinerja, di mana produsen yang mencapai target daur ulang mendapatkan insentif fiskal, sementara yang gagal dikenai denda progresif (OECD, 2023). Pendekatan ini terbukti meningkatkan tingkat pengumpulan dan penggunaan ulang material baterai, sekaligus mendorong inovasi teknologi ramah lingkungan. Indonesia dapat mempertimbangkan penerapan insentif serupa untuk meningkatkan kepatuhan industri sekaligus mendorong investasi pada teknologi pengelolaan limbah.

Rendahnya penerapan EPR di Indonesia juga dipengaruhi oleh keterbatasan kapasitas lembaga pengawas dan infrastruktur pengolahan limbah. Data KLHK (2024) menunjukkan hanya sebagian kecil daerah yang memiliki fasilitas daur ulang baterai sesuai standar internasional. Keterbatasan ini memperburuk ketimpangan antarwilayah, karena daerah perkotaan memiliki

akses terhadap teknologi yang lebih baik dibandingkan wilayah pedesaan. Tanpa investasi infrastruktur dan peningkatan kapasitas kelembagaan, target penerapan EPR yang efektif sulit tercapai, dan risiko pencemaran lingkungan akibat limbah baterai akan semakin meningkat (UNEP, 2023).

Selain keterbatasan infrastruktur, rendahnya kesadaran masyarakat menjadi hambatan besar dalam implementasi EPR. Penelitian Sopha et al. (2022) menunjukkan bahwa sebagian besar pengguna kendaraan listrik tidak mengetahui bahaya limbah baterai dan belum memiliki kebiasaan mengembalikan baterai bekas ke fasilitas resmi. Minimnya literasi lingkungan di kalangan konsumen membuat sistem pengelolaan limbah tidak berjalan optimal. Oleh karena itu, diperlukan program edukasi publik dan sosialisasi masif yang melibatkan produsen, pemerintah, dan masyarakat untuk meningkatkan kesadaran dan partisipasi aktif dalam pengelolaan limbah baterai.

Kolaborasi internasional juga memiliki peran penting dalam memperkuat implementasi EPR di Indonesia. Melalui kemitraan dengan organisasi global seperti UNEP, OECD, dan Global Battery Alliance, Indonesia dapat memanfaatkan transfer teknologi, pembiayaan internasional, dan berbagi praktik terbaik mengenai tata kelola limbah baterai. Kolaborasi ini dapat membantu percepatan adopsi teknologi daur ulang modern, membangun sistem pelacakan digital, dan memperkuat kerangka kebijakan nasional agar sejalan dengan praktik terbaik internasional.

Berdasarkan analisis tersebut, penerapan EPR di Indonesia memerlukan pembaruan kebijakan yang lebih progresif, integrasi teknologi digital, dan kolaborasi lintas sektor. Pemerintah harus menetapkan regulasi yang jelas dan mengikat, memberikan insentif bagi produsen yang patuh, serta menciptakan basis data nasional untuk memantau siklus hidup baterai kendaraan listrik. Pendekatan ini tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan, tetapi juga memperkuat daya saing industri kendaraan listrik Indonesia di pasar global.

Harmonisasi Hukum Nasional dengan Instrumen Internasional

Sebagai negara pihak Basel Convention, Indonesia memiliki kewajiban hukum untuk menyesuaikan regulasi domestik dengan standar internasional dalam pengelolaan limbah berbahaya, termasuk limbah baterai kendaraan listrik. Namun, penelitian ini menemukan bahwa langkah harmonisasi kebijakan nasional dengan standar global masih terbatas dan cenderung lambat. Akibatnya, Indonesia menghadapi risiko peningkatan pencemaran lingkungan sekaligus penurunan kredibilitas dalam forum internasional. Situasi ini menunjukkan bahwa tanpa upaya harmonisasi kebijakan yang lebih serius, posisi Indonesia dalam diplomasi lingkungan global akan semakin lemah (UNEP, 2023).

Negara-negara Uni Eropa telah menetapkan harmonisasi regulasi sebagai strategi utama dalam menghadapi tantangan limbah baterai kendaraan listrik. Melalui EU Green Deal, mereka membangun kerangka kebijakan terintegrasi yang menghubungkan regulasi domestik, inovasi teknologi, dan praktik industri berkelanjutan. Implementasi harmonisasi ini berhasil menekan tingkat

pencemaran dan meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik secara signifikan (European Environment Agency, 2024). Indonesia dapat mengambil pelajaran penting dari model integratif ini untuk mengembangkan kerangka hukum nasional yang konsisten dengan praktik global.

Jerman menjadi salah satu negara yang berhasil menerapkan pendekatan risk-based harmonization dengan mewajibkan setiap kebijakan nasional mengenai limbah baterai diuji kesesuaiannya terhadap standar internasional sebelum diterapkan. Dengan sistem ini, kebijakan lebih adaptif terhadap perkembangan teknologi sekaligus menjamin kepastian hukum bagi produsen dan konsumen (OECD, 2023). Pendekatan berbasis risiko ini juga memastikan perlindungan ekosistem serta memperkuat daya saing industri kendaraan listrik dalam persaingan pasar global.

Harmonisasi hukum juga memberikan manfaat strategis bagi peningkatan diplomasi lingkungan Indonesia. Dengan menyesuaikan kebijakan nasional terhadap standar global, Indonesia dapat memperkuat posisinya dalam forum seperti Conference of Parties (COP) dan United Nations Environment Assembly (UNEA). Keterlibatan aktif dalam forum internasional ini memungkinkan Indonesia memperoleh dukungan finansial, alih teknologi, dan pembelajaran praktik terbaik dari negara-negara maju (UNEP, 2024). Oleh karena itu, harmonisasi hukum menjadi langkah penting untuk memperkuat reputasi Indonesia sebagai negara yang pro-lingkungan.

Meski demikian, proses harmonisasi di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan sumber daya manusia, minimnya infrastruktur, dan lambatnya integrasi data antarinstitusi. Rendahnya kapasitas lembaga penegak hukum membuat implementasi regulasi yang sejalan dengan standar global berjalan tidak konsisten di seluruh wilayah. Dibutuhkan strategi peningkatan kapasitas kelembagaan secara terencana melalui pelatihan teknis, penyediaan fasilitas pendukung, serta kolaborasi internasional untuk memperkuat tata kelola lingkungan nasional (IEA, 2024).

Selain itu, kebijakan harmonisasi harus memperhatikan kondisi sosial-ekonomi domestik dan kearifan lokal. Penerapan regulasi internasional tanpa penyesuaian terhadap konteks nasional dapat menimbulkan resistensi dari pelaku industri dan masyarakat. Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan adaptive harmonization berbasis partisipasi yang menggabungkan standar global dengan realitas lokal, sehingga kebijakan menjadi inklusif dan efektif (OECD, 2023). Strategi ini akan membuat kebijakan lebih dapat diterima oleh seluruh pemangku kepentingan.

Keberhasilan harmonisasi juga memerlukan dukungan ekosistem data dan teknologi. Pemanfaatan sistem pelacakan digital berbasis blockchain dan artificial intelligence (AI) seperti yang diterapkan Uni Eropa terbukti efektif meningkatkan transparansi dan akuntabilitas pengelolaan limbah baterai (European Environment Agency, 2024). Indonesia dapat mengadopsi teknologi serupa dengan menyesuakannya terhadap kapasitas nasional, sehingga proses harmonisasi dapat dilakukan secara bertahap dan sistematis.

Secara keseluruhan, harmonisasi kebijakan nasional dengan instrumen internasional merupakan strategi penting untuk menjawab tantangan pengelolaan limbah baterai kendaraan listrik di era transisi energi. Dengan pembaruan regulasi yang selaras dengan standar global, penguatan kelembagaan, dan pemanfaatan teknologi digital, Indonesia dapat meningkatkan kualitas tata kelola lingkungannya sekaligus memperkuat daya saing industri kendaraan listrik di kancah internasional. Pendekatan ini juga mendukung pencapaian target Sustainable Development Goals (SDGs) dan mitigasi perubahan iklim secara berkelanjutan.

SIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa pertumbuhan kendaraan listrik di Indonesia belum sepenuhnya ditopang oleh kerangka hukum lingkungan yang adaptif dan terintegrasi, sehingga menimbulkan kesenjangan pengaturan atas limbah baterai litium-ion sebagai limbah B3, lemahnya penerapan prinsip kehati-hatian, dan rendahnya akuntabilitas produsen dalam skema extended producer responsibility (EPR). Untuk menjamin perlindungan ekologis sekaligus keberlanjutan transisi energi, diperlukan pembaruan regulasi berbasis *lex specialis* yang mengatur klasifikasi, penanganan, pelaporan, pelacakan digital, dan standar daur ulang secara rinci; penguatan implementasi EPR melalui kewajiban hukum yang jelas, insentif fiskal dan sanksi terukur; peningkatan kapasitas kelembagaan pusat-daerah dan pemerataan infrastruktur pengolahan; serta harmonisasi komprehensif dengan instrumen internasional (Basel Convention dan SAICM) dan praktik terbaik global. Pendekatan berbasis risiko, kolaborasi lintas sektor, partisipasi pemangku kepentingan, dan pemanfaatan teknologi (misalnya *barcode tracking*, *blockchain*, dan analitik data) menjadi kunci untuk memastikan tata kelola limbah yang transparan dan akuntabel, memperkuat diplomasi lingkungan Indonesia, serta berkontribusi nyata pada pencapaian target SDGs dan daya saing industri kendaraan listrik nasional.

DAFTAR RUJUKAN

- Basel Convention. (2022). *Technical guidelines on transboundary movements of waste electrical and electronic equipment*. United Nations Environment Programme. <https://www.basel.int>
- European Commission. (2023). *Cross-sectoral integration for sustainable battery waste management*. <https://ec.europa.eu/environment>
- European Environment Agency. (2024). *Battery regulation and circular economy transition in Europe*. <https://www.eea.europa.eu>
- European Parliament. (2023). *Battery Regulation 2023/1542 on batteries and waste batteries*. Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu>
- European Parliament and Council. (2006). *Directive 2006/66/EC on batteries and accumulators and waste batteries*. Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu>

-
- Friedman, L. M. (2001). *The legal system: A social science perspective*. Russell Sage Foundation.
- Global Battery Alliance. (2023). *Sustainable pathways for lithium-ion battery recycling*. World Economic Forum. <https://www.globalbattery.org>
- International Energy Agency. (2024). *Global EV outlook: Electric vehicle battery waste and management systems*. <https://www.iea.org>
- Marzuki, P. M. (2017). *Penelitian hukum*. Prenadamedia Group.
- Nasution, M. F. (2020). Reformasi hukum lingkungan dalam era teknologi energi bersih. *Jurnal Hukum & Lingkungan*, 15(2), 123–140.
- OECD. (2023). *Extended producer responsibility and sustainable waste management systems*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/epr>
- OECD. (2024). *Innovative policies for electric vehicle battery waste recycling*. OECD Green Growth Report. <https://www.oecd.org>
- Rahardjo, S. (2009). *Hukum progresif: Hukum yang membebaskan*. Kompas.
- SAICM Secretariat. (2023). *Global framework on chemicals: Strategic approach to international chemicals management post-2020*. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org>
- Soekanto, S. (2006). *Pengantar penelitian hukum*. Rajawali Pers.
- Sopha, I. H., Yuliasri, F., & Wahyudi, S. (2022). Circular economy strategy for EV battery waste in Indonesia. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71(3), 1–14. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2022-0034>
- United Nations Environment Programme. (2023). *Global report on sustainable EV battery waste management*. UNEP Publishing. <https://www.unep.org>
- United Nations Statistics Division. (2024). *Sustainable Development Goals indicators: Goal 12 – Responsible consumption and production*. <https://unstats.un.org>
- Yuliasri, F., & Wahyudi, S. (2023). Sinkronisasi regulasi lintas sektor dalam pengelolaan limbah baterai di Indonesia. *Jurnal Kebijakan Lingkungan*, 5(1), 27–42.