Terbit *online* pada laman web jurnal :http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129|

Artikel Penelitian

Analisis Faktor yang Berpengaruh terhadap *Extended Producer Responsibility* Sampah Elektronik di Indonesia

I Made Wahyu Widyarsana[1)], Hanifah Nurawaliah[1)], Suci Wulandari[2)], Raisa Sevina[3)]*

[1]*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia*

[2]*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia*

[3]*Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Indonesia*

*Koresponden: imww.research@gmail.com

Diterima: 16 November 2025 Diperbaiki: 20 Desember 2025 Disetujui: 20 Januari 2026

ABSTRACT

The increasing volume of electronic waste (e-waste) in Indonesia has heightened the urgency of implementing Extended Producer Responsibility (EPR) to ensure producers take responsibility for end-of-life products. However, its effectiveness depends on identifying and prioritizing the key success factors that shape implementation under Indonesia's institutional and infrastructural conditions. This study aims to map and prioritize the determinants influencing EPR implementation for e-waste in Indonesia using the Analytic Network Process (ANP), a multi-criteria decision-making method that captures interdependencies among complex factors. Data were collected through interviews and structured questionnaires with key stakeholders from government, producers, academia, and civil society. The results show that administrative instruments are the most influential factor (0.368), followed by economic instruments (0.362) and information-based instruments (0.271). At the sub-criteria level, the e-waste collection system is the top priority within the administrative cluster (0.387), while eco-friendly product development subsidies (0.278) and producer outreach activities (0.332) are critical drivers within the economic and information clusters. An EPR scheme coordinated by a Producer Responsibility Organization (PRO) ranks as the highest-priority alternative (0.343), underscoring the need for an operational institutional mechanism that integrates producer compliance, sustainable financing, and national collection system development. These findings contribute to the EPR literature in developing countries and offer policy directions for strengthening regulatory enforcement, designing sustainable financing mechanisms, and establishing accountable PRO governance.

Keyword: electronic waste, EPR, ANP, policy

ABSTRAK

Meningkatnya volume sampah elektronik (*e-waste*) di Indonesia menegaskan urgensi penerapan *Extended Producer Responsibility* (EPR) agar produsen bertanggung jawab atas produk yang telah mencapai akhir masa pakai. Namun, efektivitas EPR bergantung pada kemampuan mengidentifikasi dan memprioritaskan faktor-faktor kunci keberhasilan yang membentuk implementasinya dalam kondisi kelembagaan dan infrastruktur Indonesia. Penelitian ini bertujuan memetakan dan memprioritaskan determinan yang memengaruhi implementasi EPR *e-waste* di Indonesia menggunakan *Analytic Network Process* (ANP), yaitu metode pengambilan keputusan multikriteria yang mampu menangkap keterkaitan antarfaktor yang kompleks. Data dikumpulkan melalui wawancara dan kuesioner terstruktur dengan pemangku kepentingan utama dari pemerintah, produsen, akademisi, dan masyarakat sipil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa instrumen administratif merupakan faktor paling berpengaruh (0,368), diikuti instrumen ekonomi (0,362) dan instrumen berbasis informasi (0,271). Pada level subkriteria, sistem pengumpulan *e-waste* menjadi prioritas utama dalam klaster administratif (0,387), sedangkan subsidi pengembangan produk ramah lingkungan (0,278) dan kegiatan sosialisasi kepada produsen (0,332) menjadi pendorong penting dalam klaster ekonomi dan informasi. Skema EPR yang dikoordinasikan oleh *Producer Responsibility Organization* (PRO) menempati peringkat tertinggi sebagai alternatif implementasi (0,343), yang menegaskan perlunya mekanisme kelembagaan operasional yang mengintegrasikan kepatuhan produsen, pembiayaan berkelanjutan, dan pengembangan sistem pengumpulan. Temuan ini memberikan arah kebijakan untuk memperkuat penegakan regulasi, merancang mekanisme pembiayaan berkelanjutan, dan membangun tata kelola PRO yang akuntabel.

Kata Kunci: sampah elektronik, EPR, ANP, kebijakan

https://doi.org/10.25077/dampak.23.1.13-24.2026 Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil sampah elektronik (e-waste) terbesar di Asia Tenggara. *Global E-Waste Monitor* melaporkan produksi sampah elektronik Indonesia sebesar 1.618 ton pada tahun 2019 dan meningkat menjadi 1.900 ton pada tahun 2022 (Baldé dkk., 2024; Forti dkk., 2020). Pertumbuhan sampah elektronik diperkirakan mencapai 14,91% per tahun (Santoso dkk., 2019) dan total timbulan diproyeksikan meningkat hingga 4,2 juta ton pada tahun 2040 (Widyarsana dkk., 2021). Peningkatan ini menimbulkan risiko lingkungan dan kesehatan masyarakat, terutama karena keterbatasan infrastruktur dan kuatnya praktik pengumpulan serta daur ulang informal (Ghulam & Abushammala, 2023; Rautela dkk., 2021). Salah satu instrumen kebijakan yang relevan untuk mengatasi persoalan sampah elektronik adalah *Extended Producer Responsibility* (EPR). EPR memperluas tanggung jawab produsen hingga tahap akhir siklus hidup produk, termasuk pengumpulan, daur ulang, dan pembuangan akhir (Lindhqvist, 2000). Kebijakan ini dapat memperkuat pengelolaan limbah pasca konsumsi sekaligus mendorong perbaikan desain produk agar lebih mudah didaur ulang dan lebih aman bagi lingkungan (Esenduran dkk., 2019).

Di Indonesia, penerapan EPR untuk sampah elektronik belum didukung oleh regulasi yang komprehensif dan mengikat. Meski demikian, arah kebijakan menuju EPR mulai terlihat melalui kajian akademik yang melibatkan UNDP Indonesia dan Kementerian Perindustrian, serta penetapan sektor elektronik sebagai sektor prioritas dalam Peta Jalan dan Rencana Aksi Nasional Ekonomi Sirkular 2025–2045 (Bappenas, 2024). Hal ini penting mengingat kontribusi industri elektronik terhadap perekonomian nasional dan rendahnya tingkat pemanfaatan serta daur ulang sampah elektronik di Indonesia. Namun, ketiadaan mandat kebijakan yang spesifik menunjukkan masih adanya kesenjangan kelembagaan dalam memastikan pembagian tanggung jawab dan pembiayaan pengelolaan limbah pasca konsumsi (Damanhuri dkk., 2019; Watkins & Gionfra, 2020).

Studi lintas negara menunjukkan bahwa efektivitas EPR sangat dipengaruhi kondisi tata kelola, kesiapan infrastruktur, dan karakteristik aktor pengelolaan di masing-masing negara. Di Tiongkok, koordinasi antara otoritas nasional dan daerah berperan penting dalam penerapan EPR (Peng dkk., 2018). Di Ghana, keterbatasan infrastruktur dan kapasitas logistik menjadi faktor dominan dalam implementasi (Faibil dkk., 2023). Di Indonesia sendiri, instrumen administratif diidentifikasi sebagai faktor yang berpengaruh terhadap kemauan produsen untuk mengadopsi EPR (Ardi & Purwojatmiko, 2019). Temuan ini menunjukkan bahwa strategi EPR perlu disesuaikan dengan kapasitas kelembagaan dan kondisi pasar, termasuk dominasi sektor informal dan keterbatasan sistem pengumpulan (Zheng dkk., 2017).

Meskipun kajian EPR terus berkembang, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada desain instrumen normatif dan evaluasi teknis, terutama pada negara maju yang telah memiliki sistem regulasi dan kelembagaan yang relatif mapan. Sementara itu, bukti empiris mengenai implementasi EPR di negara berkembang masih terbatas, khususnya terkait tantangan kapasitas kelembagaan, pendanaan, penegakan kebijakan, dan relasi formal-informal. Selain itu, kajian yang mengintegrasikan dimensi regulasi, aktor kelembagaan, kesiapan sistem pengumpulan, serta instrumen ekonomi dan informasi dalam satu kerangka analisis terintegrasi masih jarang ditemukan. Kondisi ini menegaskan adanya research gap, yaitu belum tersedianya kajian yang secara sistematis memprioritaskan faktor keberhasilan EPR sampah elektronik yang relevan dengan konteks Indonesia.

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis dan memprioritaskan faktor-faktor kunci yang mempengaruhi implementasi EPR sampah elektronik di Indonesia melalui pendekatan Analytic Network Process (ANP) untuk menyusun prioritas faktor dengan mempertimbangkan keterkaitan antar elemen dalam sistem EPR. Secara teoritis, penelitian ini memperkuat literatur EPR di negara berkembang dengan menegaskan bahwa efektivitas EPR sangat ditentukan oleh fondasi administratif dan kapasitas kelembagaan sebagai prasyarat operasional. Secara praktis, hasil penelitian diharapkan mendukung perumusan strategi EPR yang lebih realistis dan dapat diterapkan, termasuk penguatan peran produsen dan Producer Responsibility Organization (PRO), pengembangan sistem pengumpulan yang terstandar, serta desain pembiayaan yang berkelanjutan sesuai kondisi Indonesia.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed-methods (gabungan kuantitatif dan kualitatif) dengan analisis kuantitatif menjadi metode utama dan didukung oleh informasi kualitatif dari para ahli (Gomes Soares Alcalá, de Nicolás, López López & Ventosa, 2025). Pendekatan kuantitatif diterapkan melalui metode Analytic Network Process (ANP) untuk memprioritaskan faktor-faktor yang mempengaruhi penegakan implementasi EPR pada pengelolaan sampah elektronik di Indonesia. Sementara itu, pendekatan kualitatif digunakan untuk

mengidentifikasi, menyusun, serta memvalidasi keterkaitan antar faktor melalui wawancara dan konsultasi para pemangku kepentingan

Metode ANP merupakan teknik multi-criteria decision-making (MCDM) yang dirancang untuk menangani sistem kompleks yang melibatkan unsur-unsur saling berkaitan. Berbeda dengan model pengambilan keputusan tradisional yang mengasumsikan kemandirian antar faktor, ANP mengakomodasi hubungan saling mempengaruhi dan mekanisme umpan balik (feedback loops), sehingga lebih sesuai untuk menggambarkan kondisi nyata di mana setiap faktor keputusan saling mempengaruhi (Jorge-García & Estruch-Guitart, 2022).
Kriteria dan subkriteria yang digunakan dalam model ANP disusun melalui telaah literatur, serta wawancara dan konsultasi dengan para ahli untuk memperoleh pemahaman yang sesuai dengan konteks Indonesia (Kadoić, 2018; Prasad, Vithanage, & Borthakur, 2019). Untuk memvalidasi dan menyempurnakan model jaringan tersebut, penelitian ini juga melibatkan partisipasi pemangku kepentingan melalui wawancara mendalam dengan responden yang memiliki keahlian di bidang kebijakan EPR dan sistem pengelolaan sampah.

Responden dipilih menggunakan purposive sampling dengan pendekatan expert-based sampling, karena dalam ANP, validitas penilaian lebih ditentukan oleh kompetensi responden dibanding ukuran sampel statistik (Musyarofah, Tontowi, Masruroh & Wibowo, 2025). Sebanyak 21 responden dipilih untuk mempresentasikan aktor kunci pengelolaan sampah elektronik di Indonesia. Kelompok tersebut terdiri atas ahli pengelolaan sampah (E), pemerintah (G), Asosiasi produsen sampah elektronik (WMA), konsumen (C), dan akademisi (Ac). Responden tersebut memenuhi kriteria di antaranya memiliki pengalaman relevan, posisi strategis, serta keterlibatan langsung dalam kebijakan maupun implementasi pengelolaan sampah elektronik di Indonesia.

2.1. Identifikasi Kriteria dan Subkriteria

Penerapan EPR dapat diterapkan melalui berbagai instrumen atau faktor kebijakan, seperti regulasi pemerintah, insentif ekonomi, serta strategi berbasis informasi (OECD, 2016). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi EPR tidak hanya bergantung pada ketersediaan instrumen-instrumen tersebut secara parsial, tetapi juga pada efektivitas penegakan di semua instrumen. Jika dikoordinasikan dengan baik, instrumen administratif, ekonomi, dan informasi dapat berkontribusi secara sinergis terhadap sistem pengelolaan sampah elektronik yang berkelanjutan (Ogenmungu, Juma, Nyero, Kemigisha, & Onyinyi, 2024). Berdasarkan hasil konsultasi dan diskusi dengan berbagai pemangku kepentingan, penelitian ini mengidentifikasi 3 (tiga) kategori utama faktor yang memengaruhi implementasi EPR untuk sampah elektronik di Indonesia, yaitu: instrumen administratif, instrumen ekonomi, dan instrumen informasi. Kategori ini sejalan dengan arah kebijakan yang digariskan oleh Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, yang menekankan perlunya 3 (tiga) instrumen kebijakan untuk mendukung penerapan EPR secara efektif (Kementerian Perindustrian, 2021).

Tabel 1 berikut merangkum kriteria utama dan subkriteria yang diidentifikasi sebagai faktor-faktor yang mempengaruhi penerapan Extended Producer Responsibility (EPR) terhadap sampah elektronik di Indonesia.

Tabel 1. Kriteria dan subkriteria yang berpengaruh pada penerapan EPR

Kriteria	Subkriteria	Referensi
Administratif (A)	Sistem pengumpulan (A1)	Damanhuri dkk. (2019); Gui, Atasu, Ergun, & Toktay (2018); Kazancoglu, Ozbiltekin, Ozkan Ozen, & Sagnak (2021)
	Tujuan penggunaan kembali dan daur ulang (A2)	Damanhuri dkk. (2019): Fizaine (2020); Horta Arduin dkk. (2019); OECD (2016).
	Standar pengolahan ramah lingkungan (A3)	Damanhuri dkk. (2019)
	Standar kandungan bahan daur ulang minimum (A4)	Damanhuri dkk. (2019); OECD (2016); Yi, Liu, Fu, & Li (2021)
Ekonomi (E)	Pajak bahan/produk (E1)	Damanhuri dkk (2019); Huo dkk. (2021); OECD (2016); Yi dkk. (2021)
	Subsidi pengembangan produk ramah lingkungan (E2)	Bo, Wang, & Wan (2019); Damanhuri dkk. (2019); Faibil, Asante, Agyemang, Addaney, & Baah (2023); OECD (2016)
	Biaya pengolahan dan pengelolaan akhir (E3)	Damanhuri dkk. (2019); OECD (2016)
	Sistem deposit-refund (E4)	Damanhuri dkk. (2019)
Informasi (I)	Sosialisasi kepada produsen (I1)	OECD (2016)
	Pelabelan (I2)	Damanhuri, dkk. (2019)
	Informasi kepada konsumen (I3)	

Kriteria	Subkriteria	Referensi
	Informasi kepada pengelola daur ulang (I4)	OECD (2016); Huo dkk. (2021)

Dalam mengoperasionalisasikan temuan penelitian ini, digunakan model analisis berbasis jaringan guna menelaah keterkaitan antara faktor-faktor yang berpengaruh dengan pilihan atau alternatif implementasi EPR di Indonesia. Model ini dibangun menggunakan metode Analytic Network Process (ANP), yang memungkinkan analisis terhadap ketergantungan dan hubungan kompleks antar kriteria maupun alternatif. Dalam kerangka tersebut, diidentifikasi 4 (empat) alternatif strategis untuk penerapan EPR di Indonesia, yaitu:

1. Sistem EPR dengan melibatkan Producer Responsibility Organization / PRO (T1)
2. Sistem EPR dengan Fasilitas Pengolahan Limbah terdesentralisasi dan Bank Sampah (T2)
3. Sistem EPR dengan Fasilitas Terpusat untuk Pengolahan Limbah Berbahaya dan Beracun (T3)
4. Kerangka EPR yang Mengintegrasikan Sektor Informal (T4)

Selanjutnya, kriteria, subkriteria dan alternatif digambarkan dalam model jaringan yang dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

2.2. Pengolahan Data dengan ANP

Data yang diperoleh dari kuesioner ANP dianalisis menggunakan perangkat lunak Super Decisions versi 2.10 untuk menentukan bobot prioritas dari variabel-variabel kunci yang memengaruhi implementasi EPR terhadap sampah elektronik di Indonesia sebagaimana tertulis dalam dokumen EPR Sampah Elektronik yang diterbitkan Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. Analisis ini dilakukan melalui serangkaian tahapan sistematis guna memastikan ketelitian metodologis dan konsistensi hasil (Jorge-García & Estruch-Guitart, 2022).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keluaran penelitian disajikan pada **Lampiran 2** yang menggambarkan nilai rata-rata geometrik dan bobot prioritas untuk setiap kriteria dan subkriteria. Tabel pada **Lampiran 2** kemudian divisualisasikan dalam **Gambar 2**. Dari **Gambar 2(a)**, terlihat bahwa instrumen administratif (A) memiliki pengaruh paling kuat terhadap keberhasilan sistem EPR sampah elektronik di Indonesia.

3.1. Klaster Kriteria Prioritas

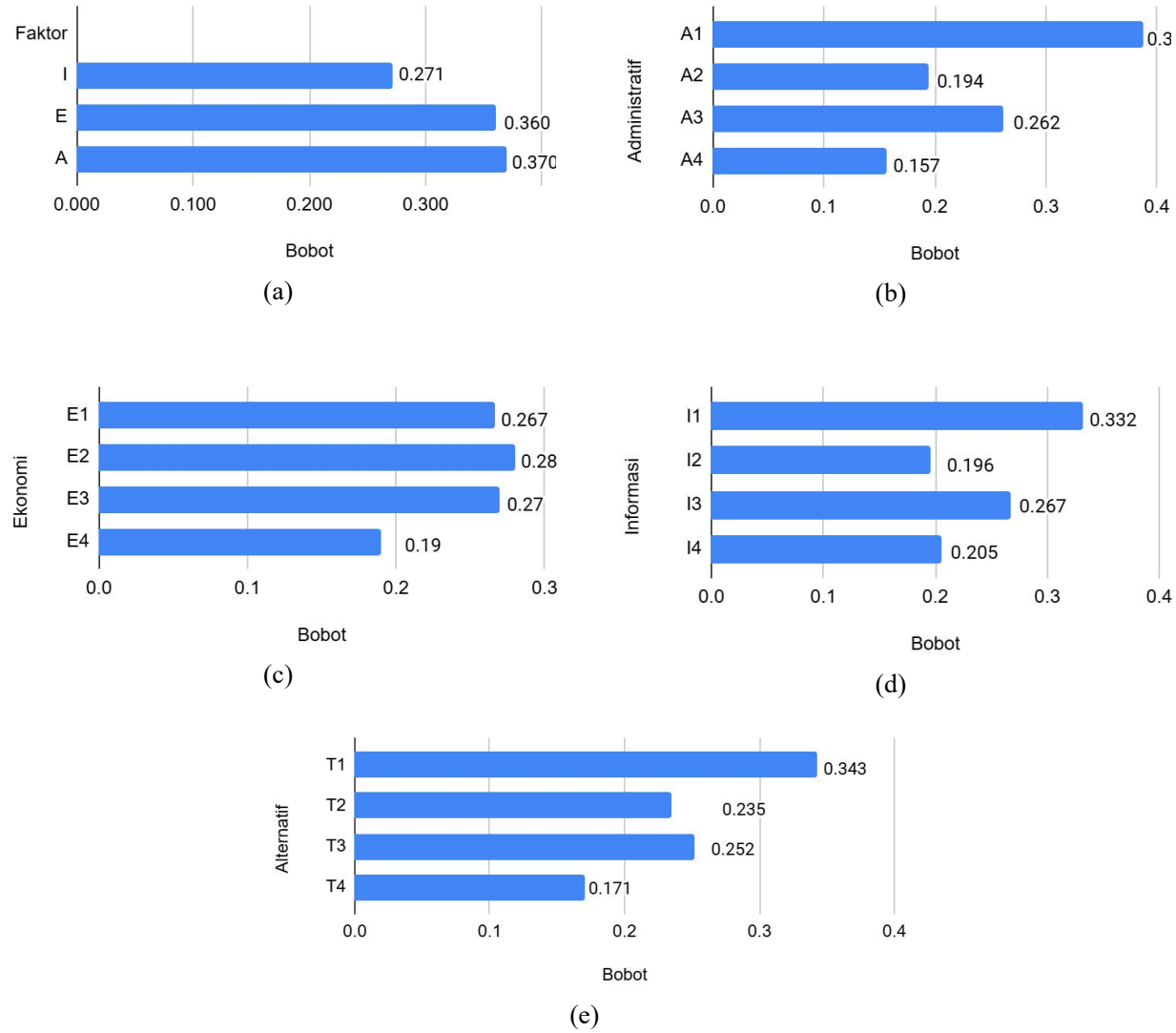
Gambar 2(a) menunjukkan bahwa instrumen administratif (A) memiliki pengaruh paling kuat terhadap keberhasilan implementasi EPR sampah elektronik di Indonesia dengan bobot 0,368 diikuti oleh instrumen informasi dan instrumen ekonomi. Temuan ini mengindikasikan bahwa pada konteks Indonesia, efektivitas EPR lebih ditentukan oleh kejelasan mandat regulasi dan kapasitas penegakan dibanding insentif ekonomi atau kampanye informasi semata. Hasil ini konsisten dengan studi yang menempatkan kerangka regulasi sebagai prasyarat utama EPR, khususnya dalam memastikan kepatuhan produsen, pengaturan kewajiban take-back, serta pembagian tanggung jawab finansial dalam rantai pengelolaan (Zheng dkk., 2017).

Temuan ini juga menegaskan pentingnya kesiapan kelembagaan (institutional capacity) dalam implementasi EPR di negara berkembang, terutama ketika sistem pengumpulan formal belum mapan dan sektor informal masih dominan dalam rantai pasok pengumpulan sampah elektronik. Dalam konteks ini, instrumen administratif tidak hanya berfungsi memberikan kepastian hukum, tetapi juga menjadi mekanisme koordinasi lintas aktor antara pemerintah, produsen, pendaur ulang, termasuk sektor informal agar aliran sampah elektronik dapat dikendalikan dalam sistem yang aman dan sesuai standar. Studi di berbagai konteks menunjukkan bahwa keberhasilan EPR pada negara berkembang sangat dipengaruhi oleh kemampuan pemerintah membangun kerangka administratif yang adaptif, termasuk perizinan, standar operasional, pengawasan, dan penegakan hukumnya (Mallick dkk., 2024).

Dibandingkan dengan negara-negara yang sistem EPR-nya telah matang, seperti Jepang atau Korea Selatan, posisi instrumen administratif yang dominan pada Indonesia menunjukkan bahwa tahap implementasi masih berada pada fase pembangunan fondasi sistem (system-building). Negara-negara tersebut umumnya telah memiliki mandat take-back, peran produsen yang jelas, mekanisme pelaporan, serta pengawasan yang lebih stabil sehingga instrumen ekonomi dan desain insentif dapat berfungsi lebih optimal. Sebaliknya, pada negara berkembang dengan tantangan kelembagaan dan dominasi sektor informal, instrumen administratif cenderung menjadi determinan utama karena berfungsi sebagai "pengunci" (enabling condition) agar kepatuhan produsen dan struktur kelembagaan seperti Producer Responsibility Organization (PRO) dapat berjalan secara efektif (Leclerc & Badami, 2020; Park, Díaz-Posada & Mejía-Dugand, 2018; Compagnoni, 2022).

Implikasi dari temuan ini bagi desain sistem EPR nasional Indonesia adalah perlunya prioritas kebijakan pada penguatan instrumen administratif yang mencakup: (1) penetapan regulasi EPR sampah elektronik yang

mengikat, termasuk definisi cakupan produk dan kewajiban produsen; (2) mekanisme registrasi, pelaporan, dan target pengumpulan; (3) pengakuan dan penguatan peran Producer Responsibility Organization (PRO) sebagai skema kepatuhan kolektif; serta (4) sistem perizinan dan audit bagi pelaku pengumpulan serta pengolahan untuk memastikan standar keselamatan, lingkungan, dan keterlacakan. Tanpa fondasi administratif yang kuat, instrumen ekonomi dan informasi berisiko tidak efektif karena tidak mampu mengatasi ketidakpatuhan, tumpang tindih tanggung jawab, serta celah kebijakan yang memungkinkan praktik ilegal tetap berlangsung (Leclerc & Badami, 2020; Murthy & Ramakrishna, 2022; Systemiq, 2023; Kementerian Perindustrian, 2021).



Gambar 2. Hasil prioritas kriteria (a); administratif (b); ekonomi (c); informasi (d); alternatif (e)

3.2. Klaster Prioritas Subkriteria dan Alternatif

3.2.1. Prioritas Subkriteria dalam Instrumen Administratif

Instrumen administratif memiliki peran fundamental dalam memastikan EPR dapat dijalankan sebagai kebijakan berbasis kewajiban (mandatory), karena aspek administratif menentukan kejelasan mandat, standar pelaksanaan, serta mekanisme pengawasan kepatuhan. Tanpa regulasi yang terdefinisi dengan baik dan dapat ditegakkan, penerapan EPR berisiko berhenti pada tingkat normatif dan tidak menghasilkan perubahan sistem pengelolaan sampah elektronik secara nyata (Omar & Bullu, 2022). Dalam penelitian ini, instrumen administratif mencakup subkriteria utama yang menopang fungsi pelaksanaan EPR, yaitu sistem pengumpulan limbah, target penggunaan kembali dan daur ulang, standar pengolahan ramah lingkungan, serta ketentuan mengenai kandungan minimum bahan daur ulang.

Hasil ANP yang menunjukkan bahwa sistem pengumpulan (A1) merupakan subkriteria dengan prioritas tertinggi (bobot: 0,387), sedangkan ketentuan kandungan minimum bahan daur ulang (A2) memperoleh prioritas terendah, yaitu 0,194. Dominasi A1 mengindikasikan bahwa dalam konteks Indonesia, keberhasilan EPR sangat ditentukan oleh kemampuan membangun operasional berupa jaringan pengumpulan yang mampu

mengalirkan sampah elektronik dari sumber menuju rantai pengelolaan formal. Tanpa sistem pengumpulan yang memadai, faktor administratif lainnya seperti penetapan target reuse/recycle maupun standar pengolahan tidak dapat tercapai karena bahan baku sampah elektronik tidak masuk ke sistem resmi, sehingga tidak tersedia basis data, aliran material, maupun pembiayaan untuk mendukung kinerja EPR.

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Zheng dkk. (2017), yang menyoroti bahwa keterbatasan infrastruktur pengumpulan dan daur ulang di banyak negara berkembang telah menjadi hambatan utama dalam keberhasilan penerapan EPR. Hal serupa juga dikemukakan oleh Sagnak dkk. (2021), yang menegaskan peran penting titik-titik pengumpulan (collection points) sebagai simpul utama dalam rantai pasok logistik balik (reverse logistics) dan sistem daur ulang.

Temuan tersebut juga relevan dengan kondisi Indonesia, di mana sistem pengumpulan masih menjadi titik lemah dalam rantai pengelolaan sampah elektronik. Beberapa praktik di daerah seperti DKI Jakarta dan sekitarnya telah menunjukkan upaya membangun mekanisme pengumpulan melalui layanan penjemputan, drop-box, serta skema berbasis komunitas dan bank sampah, namun cakupan dan standarisasinya belum merata secara nasional (Soesanto dkk., 2022). Hal ini menunjukkan bahwa penguatan pengumpulan bukan hanya isu teknis, tetapi juga merupakan persoalan desain sistem EPR yang membutuhkan pembagian peran yang jelas antar aktor (pemerintah daerah, produsen/PRO, pengelola, dan masyarakat) untuk memastikan aliran sampah elektronik masuk ke jalur pengolahan yang aman dan terkendali (Wibowo dkk., 2021).

Namun demikian, efektivitas sistem pengumpulan di Indonesia masih menghadapi hambatan struktural seperti lemahnya penegakan regulasi, keterbatasan infrastruktur, rendahnya kesadaran masyarakat, serta konsentrasi fasilitas pengolahan di Pulau Jawa yang menyebabkan wilayah lain kurang terlayani (Anityasari & Nur, 2016; Raharjo & Utomo, 2021; Widyarsana dkk., 2021). Kondisi ini berdampak pada praktik pembuangan sampah elektronik bersama sampah rumah tangga lainnya atau masuk ke aliran informal yang tidak selalu memenuhi standar keselamatan dan lingkungan, sehingga memperbesar risiko pencemaran dan paparan zat berbahaya (Rimantho, Syaiful, Nurfaida, & Sulandari, 2022).

Dibandingkan negara yang telah menerapkan EPR lebih matang, sistem pengumpulan umumnya ditopang oleh mandat take-back yang jelas, titik pengumpulan resmi yang luas (misalnya melalui retailer atau fasilitas publik), serta mekanisme pelaporan yang memungkinkan pengawasan dan pencapaian target. Hal ini menegaskan bahwa penguatan sistem pengumpulan adalah prasyarat administratif untuk mendorong fungsi instrumen EPR lainnya berjalan efektif.

Berdasarkan hasil ini, desain EPR sampah elektronik di Indonesia perlu memprioritaskan penguatan sistem pengumpulan melalui kebijakan yang lebih operasional, seperti pengembangan jaringan pengumpulan terstandar (drop-box dan collection point resmi), kewajiban take-back di saluran distribusi tertentu, serta skema koordinasi yang dikelola oleh produsen atau PRO untuk menjamin kesinambungan pembiayaan reverse logistics. Strategi ini perlu disertai edukasi publik yang terarah dan dukungan pemerintah daerah dalam penyediaan infrastruktur serta integrasi pengumpulan berbasis komunitas agar pengumpulan tidak hanya terpusat di kota besar, melainkan merata secara nasional (Widyarsana dkk., 2021).

Selain berfungsi sebagai titik masuk utama, sistem pengumpulan yang terstandar juga menjadi prasyarat untuk mendukung subkriteria administratif lainnya. Pengumpulan yang kuat akan meningkatkan keterlacakan aliran sampah elektronik sehingga mempermudah penerapan standar pengolahan ramah lingkungan, sekaligus menyediakan pasokan material yang dapat mendorong pencapaian target daur ulang /penggunaan kembali dan mendukung pengaturan kandungan minimum bahan daur ulang secara lebih realistis dalam jangka menengah.

3.2.2. Prioritas Subkriteria dalam Instrumen Ekonomi

Instrumen berbasis informasi, yang mencakup sosialisasi kepada produsen, pelabelan produk, edukasi konsumen, serta panduan teknis bagi pelaku daur ulang, berperan sebagai pengungkit perilaku (behavioural lever) dalam implementasi EPR sampah elektronik. Instrumen ini meningkatkan pemahaman pemangku kepentingan mengenai risiko lingkungan dan kesehatan dari pembuangan sampah elektronik yang tidak tepat, sekaligus mendorong perubahan perilaku di sepanjang siklus hidup produk, mulai dari perancangan, konsumsi, hingga pengembalian produk pada akhir masa pakai (Patil & Ramakrishna, 2020; Ogenmungu dkk., 2024). Dalam konteks negara berkembang, instrumen informasi menjadi penting karena kesenjangan pengetahuan seringkali menyebabkan rendahnya partisipasi masyarakat dalam pengembalian produk serta rendahnya kepatuhan produsen dalam memaknai EPR sebagai kewajiban sistemik (mandatory), bukan sekadar kegiatan sukarela (voluntary).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sosialisasi kepada produsen (I1) merupakan subkriteria paling berpengaruh dalam klaster instrumen informasi, dengan bobot 0,332, diikuti oleh informasi bagi konsumen (I3) dengan bobot 0,267, informasi/panduan bagi pelaku daur ulang (I4) dengan bobot 0,205, dan pelabelan produk

(I2) dengan bobot 0,196. Prioritas tertinggi (I1) menunjukkan bahwa pada tahap awal pembangunan sistem EPR di Indonesia, hambatan utama bukan hanya terletak pada kurangnya kesadaran publik, tetapi juga pada belum kuatnya komitmen produsen terhadap kewajiban EPR. Ketika produsen memiliki pemahaman yang memadai mengenai prosedur kepatuhan, target pengumpulan, mekanisme pembiayaan, dan peran PRO, maka produsen lebih mungkin berinvestasi dalam penguatan sistem pengumpulan, mendukung integrasi rantai pasok reverse logistics, serta memperjelas jalur pengolahan formal. Temuan ini sejalan dengan literatur yang menekankan bahwa kampanye dan komunikasi produsen yang rutin dan terarah dapat meningkatkan efektivitas program pengumpulan dan memperkuat akuntabilitas lingkungan produsen dalam ekosistem EPR (Pazoki & Zaccour, 2021).

Sosialisasi produsen juga dapat dipahami sebagai faktor penghubung antara instrumen informasi dan instrumen administratif maupun ekonomi. Sosialisasi yang kuat berperan sebagai "pemicu kepatuhan" karena menjelaskan mandat administratif (misalnya kewajiban take-back, pelaporan, dan target) dan pada saat yang sama menjembatani penerapan instrumen ekonomi (misalnya biaya pengelolaan atau mekanisme insentif). Dalam mekanisme sistem, produsen yang terinformasi akan lebih mampu mengadopsi strategi daur ulang yang efektif melalui pembentukan sistem mandiri, kerja sama dengan distributor dan pengecer, maupun kemitraan dengan pihak ketiga seperti pelaku pengumpulan dan pengolah berizin (Zhao dkk., 2020). Selain itu, lingkungan kebijakan yang menekankan transparansi dan keterlibatan pemangku kepentingan secara terbuka cenderung memiliki peluang keberhasilan yang lebih besar dalam mengembangkan model EPR yang inovatif meskipun menghadapi tantangan implementasi (Leclerc & Badami, 2020). Oleh karena itu, instrumen informasi pada produsen tidak dapat dipandang sebagai aktivitas pendukung semata, tetapi sebagai bagian dari strategi perubahan sistem yang berdampak pada fungsi pengumpulan, kepatuhan, dan pembiayaan.

Rendahnya prioritas pelabelan produk dibanding subkriteria lainnya dapat diinterpretasikan bahwa pelabelan memerlukan prasyarat implementasi berupa standardisasi, pengawasan pasar, dan keterhubungan dengan sistem pengumpulan serta pengolahan formal. Pada konteks Indonesia, ketika sistem pengumpulan dan pengelolaan formal belum merata, pelabelan ramah lingkungan belum otomatis diikuti oleh perubahan perilaku pengembalian produk jika konsumen tidak memiliki akses ke titik pengumpulan dan produsen belum memiliki mekanisme take-back yang jelas. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen pelabelan lebih efektif sebagai strategi lanjutan (next-stage policy) setelah sistem pengumpulan dan kepatuhan produsen mulai stabil.

Pengalaman negara lain menunjukkan bahwa komunikasi yang terstruktur dapat meningkatkan efektivitas sistem pengumpulan. Sebagai contoh, kampanye "Charge Up to Recycle" di Amerika Serikat menjadi ilustrasi bahwa penyampaian informasi yang tepat sasaran dapat memengaruhi perilaku pengembalian produk pada kelompok konsumen tertentu (OECD, 2001). Namun dalam konteks Indonesia, tantangan utama masih terletak pada rendahnya pemahaman sebagian produsen terkait tanggung jawab EPR, sehingga dibutuhkan lokakarya, seminar industri, serta platform edukasi digital untuk memperjelas prinsip, prosedur implementasi, dan manfaat ekonomi-lingkungan dari sistem EPR (Ardi & Purwojatmiko, 2019). Dengan demikian, strategi informasi yang efektif pada tahap awal implementasi EPR perlu difokuskan pada peningkatan literasi dan komitmen produsen, disertai edukasi konsumen dan panduan teknis bagi pelaku daur ulang sebagai ekosistem pendukung guna membangun sistem pengelolaan sampah elektronik yang lebih aman, terlacak, dan berkelanjutan (Zheng dkk., 2017).

Temuan ini menunjukkan bahwa instrumen informasi berperan sebagai pengungkit perubahan perilaku aktor, namun efektivitasnya tetap bergantung pada keberadaan instrumen administratif yang memastikan kepatuhan serta instrumen ekonomi yang menjamin keberlanjutan pembiayaan. Oleh karena itu, desain EPR nasional perlu menempatkan strategi komunikasi produsen sebagai intervensi awal yang terintegrasi dengan penguatan sistem pengumpulan dan skema pendanaan.

3.2.3. Prioritas Alternatif

Berdasarkan hasil analisis ANP (**Gambar 2(e)**), alternatif dengan prioritas tertinggi adalah penerapan sistem EPR yang dikoordinasikan oleh Producer Responsibility Organization (PRO) dengan skor 0,343. Prioritas ini menunjukkan bahwa kebutuhan utama implementasi EPR sampah elektronik di Indonesia bukan hanya keberadaan regulasi, melainkan tersedianya mekanisme kelembagaan operasional yang mampu menjalankan fungsi kepatuhan, pembiayaan, dan koordinasi lintas aktor secara kolektif. Konsultasi pemangku kepentingan dan hasil penilaian ANP secara konsisten menegaskan PRO sebagai tulang punggung kelembagaan karena EPR sampah elektronik melibatkan kompleksitas rantai pasok balik (reverse logistics), biaya pengumpulan dan pengolahan yang relatif tinggi, serta kebutuhan pelaporan dan keterlacakan aliran limbah yang tidak mudah dikelola oleh produsen secara individual (Kementerian Perindustrian, 2021).

Secara kausal, tingginya prioritas PRO dapat dipahami sebagai konsekuensi dari dominasi faktor administratif dan kebutuhan penguatan sistem pengumpulan dalam hasil penelitian. Ketika subkriteria seperti sistem pengumpulan menjadi prioritas tertinggi pada instrumen administratif, maka dibutuhkan institusi yang mampu mengoperasionalkan jaringan pengumpulan, melakukan kontrak dengan pelaku pengelolaan, serta memastikan standar pengolahan dipatuhi. Dalam praktik global, PRO berperan sebagai agregator dan system operator yang mengelola kewajiban produsen secara kolektif, termasuk pengumpulan biaya kepatuhan, pengembangan jaringan pengumpulan, pemilihan mitra pengangkutan dan pengolahan, serta pengawasan kinerja dan pelaporan. Dengan demikian, PRO bukan hanya pilihan kelembagaan, melainkan mekanisme yang menghubungkan mandat administratif dengan keberlanjutan pembiayaan dan efektivitas implementasi di lapangan (Kunz dkk., 2018; OECD, 2016).

Pengalaman internasional dari Jepang, Belanda, dan sejumlah negara Uni Eropa menunjukkan bahwa keberadaan PRO dapat meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi, memperbaiki tingkat pengumpulan dan daur ulang, serta mengurangi beban koordinasi yang harus ditanggung produsen secara individu (Kunz dkk., 2018; Okukpon, 2021). Berbagai studi kasus juga menunjukkan keterbatasan pendekatan individual producer responsibility ketika produsen tidak memiliki kapasitas teknis, finansial, dan logistik untuk memenuhi kewajiban EPR secara mandiri. Hal ini menjadi semakin relevan bagi negara berkembang yang menghadapi tantangan kelembagaan, keterbatasan infrastruktur, serta ketidakteraturan aliran sampah elektronik akibat dominasi sektor informal dalam pengumpulan.

Dalam konteks Indonesia, belum adanya kerangka hukum formal yang secara spesifik mewajibkan pembentukan PRO untuk sampah elektronik menyebabkan implementasi EPR cenderung bersifat sukarela dan fragmentaris. Meskipun terdapat inisiatif seperti Indonesia Packaging Recovery Organisation (IPRO) yang mendukung pelaksanaan peta jalan pengurangan sampah oleh produsen, ruang lingkupnya masih terbatas pada sampah kemasan dan belum mencakup sampah elektronik (Bappenas, 2024; Systemiq, 2023). Oleh karena itu, untuk mendukung implementasi EPR sampah elektronik secara nasional, dibutuhkan PRO yang memiliki dasar hukum dan kapasitas operasional yang kuat agar dapat menjalankan fungsi strategis, termasuk memastikan kepatuhan produsen, mengelola pembiayaan, memperluas jaringan pengumpulan, serta meningkatkan transparansi dan keterlacakan aliran sampah elektronik (Kementerian Perindustrian, 2021; OECD, 2016).

Implikasi praktis dari temuan ini adalah bahwa desain EPR nasional Indonesia perlu menempatkan PRO sebagai instrumen kelembagaan utama dengan mandat yang jelas, antara lain: (1) mekanisme registrasi dan pelaporan produsen sebagai basis kepatuhan; (2) skema pengumpulan biaya EPR dan pengelolaan dana yang akuntabel untuk pembiayaan pengumpulan dan pengolahan; (3) pengembangan jaringan collection point dan reverse logistics yang terstandar lintas wilayah; (4) pengaturan kemitraan dengan pelaku pengumpulan dan pengolah formal, termasuk strategi integrasi formal–informal secara bertahap; serta (5) sistem monitoring dan audit untuk memastikan pencapaian target serta mencegah praktik pengelolaan yang tidak aman. Namun demikian, pembentukan PRO juga perlu disertai mekanisme tata kelola yang kuat untuk mencegah risiko konflik kepentingan dan rendahnya transparansi, sehingga PRO benar-benar berfungsi sebagai pelaksana sistem EPR yang efektif dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini memprioritaskan faktor-faktor kunci yang mempengaruhi implementasi *Extended Producer Responsibility* (EPR) pada sampah elektronik di Indonesia menggunakan *Analytic Network Process* (ANP). Penelitian ini tidak hanya terletak pada identifikasi faktor, tetapi juga pada penyusunan urutan prioritas yang menggambarkan faktor mana yang paling menentukan keberhasilan kebijakan EPR dalam konteks negara berkembang dengan tantangan kapasitas kelembagaan dan infrastruktur yang belum merata. Temuan ini memperkaya literatur EPR dengan menegaskan bahwa keberhasilan EPR tidak cukup ditopang oleh desain kebijakan normatif, melainkan membutuhkan fondasi kelembagaan yang mampu mengoperasionalkan kebijakan menjadi sistem yang berjalan. Hasil menunjukkan instrumen administratif menjadi faktor paling dominan (0,368), terutama melalui penguatan sistem pengumpulan sebagai simpul awal implementasi (0,387), sementara subsidi pengembangan produk (0,278) dan sosialisasi kepada produsen (0,332) berperan penting dalam mendorong perubahan hulu serta peningkatan kepatuhan. Temuan strategis penelitian ini adalah bahwa alternatif paling prioritas ialah penerapan EPR yang dikoordinasikan oleh *Producer Responsibility Organization*/PRO (0,343), yang dipandang sebagai mekanisme kelembagaan paling realistis untuk mengintegrasikan kepatuhan, pembiayaan, pengumpulan, dan koordinasi lintas aktor dalam skala nasional. Oleh karena itu, implementasi EPR sampah elektronik di Indonesia perlu difokuskan pada penguatan kerangka

regulasi dan penegakan, pembentukan PRO yang akuntabel, pengembangan infrastruktur pengumpulan dan pengolahan sampah elektronik, serta sistem pendanaan dan komunikasi/sosialisasi kebijakan yang terintegrasi.

DAFTAR PUSTAKA

Anityasari, M., & Nur, Y. S. (2016). Analysis of Success Factors for E-Waste Collection in Indonesia. Applied Mechanics and Materials, 842, 467–472. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.842.467

Ardi, R., & Purwojatmiko, B. H. (2019). Producer Perspective on Extended Producer Responsibility Concept: An Indonesian Case Study. Proceedings of the 2019 5th International Conference on Industrial and Business Engineering, 91–95. Hong Kong Hong Kong: ACM. https://doi.org/10.1145/3364335.3364341

Balde, C. P., Kuehr, R., Yamamoto, T., McDonald, R., D'Angelo, E., Althaf, S., … Wagner, M. (2024). Global E-waste Monitor 2024. Geneva/Bonn: International Telecommunication Union (ITU) and United Nations Institute for Training and Research (UNITAR).

Bappenas. (2024). Peta Jalan dan Rencana Aksi Nasional Ekonomi Sirkular Indonesia 2025-2045. Diambil dari https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2023/07/Optimal-EPR-in-Indonesia-v3-june2023-EDITED.pdf

Battay, M., Fodor, Z. J., & Dunay, A. (2025). Product responsibility in the digital age: The impact of the EPR regulation on Hungarian SMEs and the online commerce sector. Journal of Infrastructure, Policy and Development, 9(1), 10331. https://doi.org/10.24294/jipd10331

Bo, Y., Wang, Y., & Wan, Z. (2019). Optimizing the WEEE Recovery Network Associated with Environmental Protection Awareness and Government Subsidy by Nonlinear Mixed Integer Programming. Journal of Advanced Transportation, 2019, 1–21. https://doi.org/10.1155/2019/9858670

Compagnoni, M. (2022). Is Extended Producer Responsibility living up to expectations? A systematic literature review focusing on electronic waste. Journal of Cleaner Production, 367, 133101. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133101

Damanhuri, E., Dewiandratika, M., & Hamdi, W. (2019). Electronic-Electrical Waste Extended Producer Responsibility Final Report. UNDP & Ministry of Industry.

Esenduran, G., Atasu, A., & Van Wassenhove, L. N. (2019). Valuable e-waste: Implications for extended producer responsibility. IISE Transactions, 51(4), 382–396. https://doi.org/10.1080/24725854.2018.1515515

Faibil, D., Asante, R., Agyemang, M., Addaney, M., & Baah, C. (2023). Extended producer responsibility in developing economies: Assessment of promoting factors through retail electronic firms for sustainable e-waste management. Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy, 41(1), 117–142. https://doi.org/10.1177/0734242x221105433

Fizaine, F. (2020). The economics of recycling rate: New insights from waste electrical and electronic equipment. Resources Policy, 67, 101675. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101675

Forti, V., Bel, G., Baldé, C. P., & Kuehr, R. (2020). The Global E-waste Monitor 2020 (hlm. 120).

Ghulam, S. T., & Abushammala, H. (2023). Challenges and Opportunities in the Management of Electronic Waste and Its Impact on Human Health and Environment. Sustainability, 15(3), 1837. https://doi.org/10.3390/su15031837

Gomes Soares Alcalá, S., de Nicolás, V. L., López López, A. J., & Ventosa, M. (2025). A multi-criteria and empirical study for determining the influencing factors of generative artificial intelligence adoption in companies. Systems Research and Behavioral Science. https://doi.org/10.1002/sres.3215

Gui, L., Atasu, A., Ergun, Ö., & Toktay, L. B. (2018). Design Incentives Under Collective Extended Producer Responsibility: A Network Perspective. Management Science, 64(11), 5083–5104. https://doi.org/10.1287/mnsc.2017.2897

Gupt, Y., & Sahay, S. (2015). Review of extended producer responsibility: A case study approach. Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy, 33(7), 595–611. https://doi.org/10.1177/0734242x15592275

Horta Arduin, R., Grimaud, G., Martínez Leal, J., Pompidou, S., Charbuillet, C., Laratte, B., … Perry, N. (2019). Influence of scope definition in recycling rate calculation for European e-waste extended producer responsibility. Waste Management, 84, 256–268. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.12.002

Huo, L., Wang, J., Huang, Y., Li, Y., Pan, W., Li, Z., & Shi, H. (2021). Research on the tax support policy for implementing the Extended Producer Responsibility – Taking End-of-Life Vehicle Collecting and Dismantling Enterprises as an Example. E3S Web of Conferences, 245, 02013. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124502013

Jorge-García, D., & Estruch-Guitart, V. (2022). Comparative analysis between AHP and ANP in prioritization of ecosystem services—A case study in a rice field area raised in the Guadalquivir marshes (Spain). Ecological Informatics, 70, 101739. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101739

Kadoić, N. (2018). Characteristics of the Analytic Network Process, a Multi-Criteria Decision-Making Method. Croatian Operational Research Review, 9(2), 235–244. https://doi.org/10.17535/crorr.2018.0018

Kazancoglu, Y., Ozbiltekin, M., Ozkan Ozen, Y. D., & Sagnak, M. (2021). A proposed sustainable and digital collection and classification center model to manage e-waste in emerging economies. Journal of Enterprise Information Management, 34(1), 267–291. https://doi.org/10.1108/jeim-02-2020-0043

Kementerian Perindustrian. (2021). Extended Producer Responsibility (EPR) dalam Mendukung Pengelolaan Sampah Elektronik. Diambil dari https://sipsn.menlhk.go.id/download/ewaste2021/Kemenperin_Bahan_E-Waste_14Okt2021.pdf

Kumar, A., & Dixit, G. (2018). An analysis of barriers affecting the implementation of e-waste management practices in India: A novel ISM-DEMATEL approach. Sustainable Production and Consumption, 14, 36–52. https://doi.org/10.1016/j.spc.2018.01.002

Kunz, N., Mayers, K., & Van Wassenhove, L. N. (2018). Stakeholder Views on Extended Producer Responsibility and the Circular Economy. California Management Review, 60(3), 45–70. https://doi.org/10.1177/0008125617752694

Leclerc, S. H., & Badami, M. G. (2020). Extended producer responsibility for E-waste management: Policy drivers and challenges. Journal of Cleaner Production, 251, 119657. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119657

Lindhqvist, T. (2000). Extended Producer Responsibility in Cleaner Production: Policy Principle to Promote Environmental Improvements of Product Systems (Doctoral Thesis (monograph)). Lund University.

Mairizal, A. Q., Sembada, A. Y., Tse, K. M., & Rhamdhani, M. A. (2021). Electronic waste generation, economic values, distribution map, and possible recycling system in Indonesia. Journal of Cleaner Production, 293, 126096. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126096

Mallick, P. K., Salling, K. B., Pigosso, D. C. A., & McAloone, T. C. (2024). Designing and operationalising extended producer responsibility under the EU Green Deal. Environmental Challenges, 16, 100977. https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100977

Murthy, V., & Ramakrishna, S. (2022). A Review on Global E-Waste Management: Urban Mining towards a Sustainable Future and Circular Economy. Sustainability, 14(2), 647. https://doi.org/10.3390/su14020647

Musyarofah, S. A., Tontowi, A. E., Masruroh, N. A., & Wibowo, B. S. (2025). Constructing a new index for measuring industrial estate readiness using the analytic network process (ANP) approach. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 11(1), 100467. https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100467

OECD. (2016). Extended Producer Responsibility: Updated Guidance for Efficient Waste Management. OECD. https://doi.org/10.1787/9789264256385-en

OECD. (2024). Extended Producer Responsibility: Basic facts and key principles. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Diambil dari https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/04/extended-producer-responsibility_4274765d/67587b0b-en.pdf

Ogenmungu, C., Juma, S. N., Nyero, A. I., Kemigisha, S., & Onyinyi, B. (2024). Sustainability of Electronic Waste Management in Uganda: Driving Factors for the Extended Producer Responsibility Systems. ORSEA JOURNAL, 14(1), 138–158. https://doi.org/10.56279/orseaj.v14i1.8

Okukpon, I. (2021). Implementing Extended Producer Responsibility (EPR)-based Electronic Waste Institutions in Nigeria: Lessons from the Global North. Dalam C. Eboe-Osuji, E. Emeseh, & O. D. Akinkugbe (Ed.), Nigerian Yearbook of International Law 2018/2019 (hlm. 113–150). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69594-1_6

Omar, H., & Bullu, S. (2022). Solid waste management related legislation: Analysis of its adequacy for implementation of extended producer responsibility schemes in Tanzania. International Journal of Environmental Analytical Chemistry.

Park, J., Díaz-Posada, N., & Mejía-Dugand, S. (2018). Challenges in implementing the extended producer responsibility in an emerging economy: The end-of-life tire management in Colombia. Journal of Cleaner Production, 189, 754–762. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.058

Patil, R. A., & Ramakrishna, S. (2020). A comprehensive analysis of e-waste legislation worldwide. Environmental Science and Pollution Research, 27(13), 14412–14431. https://doi.org/10.1007/s11356-020-07992-1

Pazoki, M., & Zaccour, G. (2021). Dynamic strategic interactions between a municipality and a firm in the presence of an extended producer responsibility regulation. Journal of Cleaner Production, 292, 125966. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125966

Peng, B., Tu, Y., Elahi, E., & Wei, G. (2018). Extended Producer Responsibility and corporate performance: Effects of environmental regulation and environmental strategy. Journal of Environmental Management, 218, 181–189. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.068

Portugaise, M. K., Jóhannsdóttir, L., & Murakami, S. (2023). Extended producer responsibility's effect on producers' electronic waste management practices in Japan and Canada: Drivers, barriers, and potential of the urban mine. Discover Sustainability, 4(1). https://doi.org/10.1007/s43621-023-00124-y

Prasad, M. N. V., Vithanage, M., & Borthakur, A. (2019). Handbook of Electronic Waste Management: International Best Practices and Case Studies. Butterworth-Heinemann.

Raharjo, S., & Utomo, A. H. (2021). Comparative Study of Electronic Waste Management in Developed Countries and Indonesia. Andalasian International Journal of Applied Science, Engineering and Technology, 1(1), 21–32. https://doi.org/10.25077/aijaset.v1i1.4

Rautela, R., Arya, S., Vishwakarma, S., Lee, J., Kim, K.-H., & Kumar, S. (2021). E-waste management and its effects on the environment and human health. Science of The Total Environment, 773, 145623. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145623

Rimantho, D., Syaiful, S., Nurfaida, & Sulandari, U. (2022). Electronic waste bank model as a solution for implementing circular economy: Case study DKI Jakarta-Indonesia. Frontiers in Built Environment, 8. https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.1030196

Santoso, S., Yuri M Zagloel, T., Ardi, R., & Suzianti, A. (2019). Estimating the Amount of Electronic Waste Generated in Indonesia: Population Balance Model. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 219, 012006. https://doi.org/10.1088/1755-1315/219/1/012006

Soesanto, H., Maarif, M. S., Anwar, S., & Yurianto, Y. (2022). Current status of household e-waste management in Jakarta, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1109(1), 012042. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1109/1/012042

Systemiq. (2023). Optimal EPR in Indonesia And Its Synergies With Plastic Excise and Plastics Credits. Diambil dari https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2023/07/Optimal-EPR-in-Indonesia-v3-june2023-EDITED.pdf

Tian, T., Liu, G., Yasemi, H., & Liu, Y. (2022). Managing e-waste from a closed-loop lifecycle perspective: China's challenges and fund policy redesign. Environmental Science and Pollution Research, 29(31), 47713–47724. https://doi.org/10.1007/s11356-022-19227-6

Turaga, R. M. R., & Bhaskar, K. (2017). EPR AND POLICY INSTRUMENTS FOR E- WASTE MANAGEMENT: A REVIEW AND LESSONS FOR INDIA'S NEW E-WASTE REGULATIONS. Diambil dari https://api.semanticscholar.org/CorpusID:212627236

Wagner, T. P. (2013). Examining the concept of convenient collection: An application to extended producer responsibility and product stewardship frameworks. Waste Management, 33(3), 499–507. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.06.015

Wang, Z., Wang, X., Li, B., & Cheng, Y. (2022). Optimal Decisions and Implementation Efficiency of the Extended Producer Responsibility System for E-Waste under Take-Back Legislations. Mathematical Problems in Engineering, 2022, 1–15. https://doi.org/10.1155/2022/7031179

Watkins, E., & Gionfra, S. (2020). HOW TO IMPLEMENT EXTENDED PRODUCER RESPONSIBILITY (EPR). World Wildlife Fund (WWF). Diambil dari https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/how_to_implement_epr___briefing_for_government_and_business.pdf

Wibowo, N., Piton, J. K., Nurcahyo, R., Gabriel, D. S., Farizal, F., & Madsuha, A. F. (2021). Strategies for Improving the E-Waste Management Supply Chain Sustainability in Indonesia (Jakarta). Sustainability, 13(24), 13955. https://doi.org/10.3390/su132413955

Widyarsana, I. M. W., Supramono, D. S., Tambunan, S. A., & Mulyadi, A. A. (2021, April 9). Identification of electronic waste (e-waste) generation from the household and non-household sectors in Indonesia and its sustainable management system. Springer Science and Business Media LLC. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-391423/v1

Yi, Y., Liu, S., Fu, C., & Li, Y. (2021). A joint optimal emissions tax and solid waste tax for extended producer responsibility. Journal of Cleaner Production, 314, 128007. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128007

Zhao, Y., Wang, W., & Ni, Y. (2020). EPR system based on a reward and punishment mechanism: Producer-led product recycling channels. Waste Management, 103, 198–207. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.12.034

Zheng, X., Xu, F., & Feng, L. (2017). Analysis of Driving Factors for Extended Producer Responsibility by Using Interpretative Structure Modelling (ISM) and Analytic Network Process (ANP). Sustainability, 9(4), 540. https://doi.org/10.3390/su9040540

Zhou, W., Zheng, Y., & Huang, W. (2017). Competitive advantage of qualified WEEE recyclers through EPR legislation. European Journal of Operational Research, 257(2), 641–655. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.07.050