

Penerapan Ekonomi Sirkular pada Daur Ulang Plastik: Tren, Tantangan, dan Prospek Kedepan

Radhiana, Bukhari Usman*, Ilyas, Nasir, Juwita, Abdul Aziz Damilae

Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

*Koresponden email: bukhari.usman@serambimekkah.ac.id

Diterima: 2 Agustus 2026

Disetujui: 10 Agustus 2026

Abstract

The implementation of the circular economy in the plastic recycling industry has gained increasing attention as a strategic approach to reducing waste, improving resource efficiency, and supporting sustainable development. This study aims to analyze the concept of the circular economy, identify implementation trends, evaluate major challenges, and explore future research directions in the plastic recycling industry. A qualitative descriptive approach was employed using a narrative literature review, synthesizing evidence from internationally recognized publications indexed in Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, Google Scholar, and Taylor & Francis Online. The literature was analyzed using narrative and thematic approaches across five major themes. The findings indicate that the advancement of the circular economy is driven by technological innovation, digital transformation, the implementation of Extended Producer Responsibility (EPR), and closed-loop supply chain business models. Nevertheless, its implementation continues to face technical, economic, social, and institutional challenges. This study provides a comprehensive synthesis of current knowledge and highlights future research opportunities to support the transition toward a more sustainable and competitive plastic recycling industry.

Keywords: *circular economy, plastic recycling, sustainability, narrative review*

Abstrak

Penerapan ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik semakin mendapat perhatian sebagai strategi untuk mengurangi limbah, meningkatkan efisiensi sumber daya, dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan menganalisis konsep ekonomi sirkular, mengidentifikasi tren penerapan, mengevaluasi tantangan implementasi, serta mengkaji prospek penelitian pada industri daur ulang plastik. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode narrative literature review melalui sintesis literatur dari berbagai publikasi ilmiah bereputasi internasional yang diperoleh dari Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, Google Scholar, dan Taylor & Francis Online. Analisis dilakukan secara naratif dan tematik berdasarkan lima kelompok pembahasan utama. Hasil kajian menunjukkan bahwa perkembangan ekonomi sirkular didorong oleh inovasi teknologi, digitalisasi, penerapan *Extended Producer Responsibility* (EPR), serta model bisnis berbasis *closed loop supply chain*. Meskipun demikian, implementasinya masih menghadapi kendala teknis, ekonomi, sosial, dan kelembagaan. Penelitian ini memberikan sintesis komprehensif mengenai perkembangan ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik sekaligus mengidentifikasi peluang penelitian masa depan yang mendukung transformasi menuju industri yang lebih berkelanjutan.

Kata Kunci: *ekonomi sirkular, daur ulang plastik, keberlanjutan, narrative review*

1. Pendahuluan

Peningkatan produksi dan konsumsi plastik telah menjadi salah satu konsekuensi dari perkembangan industri modern, terutama pada sektor kemasan, otomotif, konstruksi, elektronik, dan kesehatan [1]. Meskipun plastik memiliki keunggulan berupa ringan, kuat, dan ekonomis, peningkatan penggunaannya juga diikuti oleh bertambahnya volume limbah plastik yang sulit terurai dan menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan lingkungan [2]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem ekonomi linear (*take make dispose*) masih mendominasi pola produksi dan konsumsi sehingga menyebabkan eksploitasi sumber daya alam yang tinggi, rendahnya tingkat pemanfaatan kembali material, serta meningkatnya pencemaran lingkungan akibat akumulasi limbah plastik [3]–[5]. Di sisi lain, tingkat daur ulang plastik secara global masih relatif rendah dibandingkan jumlah plastik yang diproduksi setiap tahun sehingga diperlukan perubahan paradigma menuju sistem yang mampu mempertahankan nilai

material dalam siklus ekonomi lebih lama [6], [7]. Oleh karena itu, konsep ekonomi sirkular (*circular economy*) semakin dipandang sebagai pendekatan strategis untuk mengurangi limbah melalui prinsip *reduce, reuse, recycle, dan recover*, sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dalam mendukung pembangunan berkelanjutan [8], [9].

Dalam beberapa tahun terakhir, penerapan ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik berkembang secara signifikan seiring meningkatnya perhatian terhadap keberlanjutan (*sustainability*), *target net-zero emission*, serta implementasi *Sustainable Development Goals* (SDGs). Perkembangan teknologi seperti *mechanical recycling, chemical recycling, plastic upcycling*, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) untuk pemilahan limbah, serta digitalisasi rantai pasok telah meningkatkan efisiensi proses daur ulang dan menghasilkan produk dengan nilai tambah yang lebih tinggi [10], [11]. Selain inovasi teknologi, berbagai negara juga mulai memperkuat kebijakan melalui penerapan *Extended Producer Responsibility* (EPR), pengembangan standar desain produk yang mudah didaur ulang (*design for recycling*), serta insentif bagi industri yang menerapkan prinsip ekonomi sirkular. Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa industri daur ulang plastik tidak lagi dipandang hanya sebagai pengelolaan limbah, tetapi telah menjadi bagian penting dari transformasi sistem industri menuju ekonomi yang lebih efisien, rendah karbon, dan berkelanjutan [12].

Meskipun demikian, implementasi ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik masih menghadapi berbagai tantangan yang kompleks. Hambatan utama meliputi rendahnya kualitas dan kontinuitas pasokan limbah plastik, tingginya biaya investasi teknologi, keterbatasan infrastruktur pemilahan, fluktuasi harga plastik daur ulang, serta rendahnya kesadaran masyarakat dalam melakukan pemilahan sampah dari sumbernya [13]–[15]. Selain itu, daur ulang plastik tidak dapat diposisikan sebagai solusi tunggal terhadap pencemaran plastik karena efektivitasnya masih dipengaruhi oleh desain produk, perilaku konsumen, sistem pengumpulan limbah, serta konsistensi kebijakan pemerintah [16]. Di sisi lain, perkembangan teknologi daur ulang lanjutan (*advanced recycling*) juga masih menghadapi tantangan terkait efisiensi energi, kelayakan ekonomi, serta evaluasi dampak lingkungan secara menyeluruh. Oleh sebab itu, penerapan ekonomi sirkular memerlukan pendekatan multidisiplin yang mengintegrasikan aspek teknologi, ekonomi, sosial, kelembagaan, dan kebijakan agar mampu menghasilkan sistem pengelolaan plastik yang berkelanjutan.

Walaupun jumlah publikasi mengenai ekonomi sirkular dan daur ulang plastik meningkat secara signifikan dalam lima tahun terakhir, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek tertentu, seperti inovasi teknologi, analisis *life cycle assessment*, kebijakan pengelolaan limbah, maupun evaluasi rantai pasok secara terpisah [17], [18]. Kajian yang mengintegrasikan perkembangan konsep ekonomi sirkular, tren implementasi, berbagai tantangan multidimensi, serta prospek penelitian ke dalam satu sintesis komprehensif masih relatif terbatas, khususnya dalam bentuk tinjauan naratif (*narrative review*). Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*), yaitu belum tersedianya telaah yang mampu menyatukan berbagai hasil penelitian terbaru sehingga memberikan gambaran utuh mengenai arah perkembangan ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik, termasuk hubungan antara inovasi teknologi, kebijakan, model bisnis, dan keberlanjutan industri. Sintesis semacam ini penting sebagai landasan untuk merumuskan agenda penelitian baru dan mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti (*evidence-based decision making*).

Artikel ini menganalisis secara komprehensif konsep ekonomi sirkular dalam industri daur ulang plastik, mengidentifikasi tren implementasi yang berkembang, mengevaluasi berbagai tantangan yang dihadapi, serta mengkaji prospek penelitian di masa depan melalui pendekatan tinjauan naratif. Kontribusi utama artikel ini adalah menyajikan sintesis literatur terkini yang mengintegrasikan berbagai perspektif teknologi, ekonomi, lingkungan, dan kebijakan sehingga mampu memperkaya pemahaman mengenai implementasi ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik. Selain itu, artikel ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan penelitian dengan mengidentifikasi tema-tema yang masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut, sekaligus menjadi referensi bagi akademisi dalam menyusun agenda penelitian berikutnya, bagi pelaku industri dalam merancang strategi implementasi ekonomi sirkular yang lebih efektif, serta bagi pemerintah dalam menyusun kebijakan yang mendukung transformasi menuju sistem pengelolaan plastik yang lebih berkelanjutan. Selanjutnya, pembahasan artikel diawali dengan konsep ekonomi sirkular dalam daur ulang plastik, diikuti analisis tren implementasi, tantangan penerapan, prospek penelitian, dan diakhiri dengan kesimpulan sebagai sintesis utama hasil kajian.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode review literatur dan analisis naratif (narrative literature review) untuk mengkaji penerapan ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik, khususnya yang berkaitan dengan perkembangan konsep, tren implementasi, tantangan, serta prospek penelitian di masa depan. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan sintesis konseptual yang komprehensif terhadap berbagai hasil penelitian terdahulu, sekaligus mengintegrasikan perspektif teknologi, ekonomi, lingkungan, kebijakan, dan manajemen keberlanjutan dalam satu kerangka analisis. Melalui pendekatan naratif, penelitian tidak hanya mendeskripsikan perkembangan ekonomi sirkular, tetapi juga mengidentifikasi hubungan antar konsep, perkembangan tren penelitian, serta berbagai kesenjangan penelitian (*research gap*) yang masih memerlukan kajian lebih lanjut.

Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur terhadap artikel ilmiah, buku, laporan lembaga internasional, serta dokumen penelitian yang diperoleh dari berbagai basis data akademik, seperti Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, Google Scholar, dan Taylor & Francis Online. Literatur yang digunakan diprioritaskan pada publikasi bereputasi internasional yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir, dengan tetap mempertimbangkan beberapa referensi klasik yang memiliki kontribusi fundamental terhadap perkembangan konsep ekonomi sirkular. Proses penelusuran literatur menggunakan kombinasi kata kunci seperti *circular economy*, *plastic recycling*, *plastic waste management*, *mechanical recycling*, *chemical recycling*, *closed-loop supply chain*, *extended producer responsibility*, *plastic circularity*, *sustainability*, dan *circular business model*.

Selanjutnya, seluruh literatur yang relevan diklasifikasikan ke dalam beberapa tema utama penelitian, yaitu: (a) konsep ekonomi sirkular dalam industri daur ulang plastik, (b) tren penerapan ekonomi sirkular, (c) tantangan implementasi ekonomi sirkular, (d) prospek penelitian dan arah pengembangan di masa depan, serta (e) implikasi ekonomi, lingkungan, dan kebijakan terhadap pengembangan industri daur ulang plastik yang berkelanjutan. Pengelompokan tematik tersebut bertujuan untuk mempermudah proses sintesis literatur sekaligus membangun hubungan konseptual antarhasil penelitian.

Analisis data dilakukan secara naratif dan tematik (*thematic narrative analysis*) dengan membandingkan, mengintegrasikan, serta menginterpretasikan berbagai temuan penelitian terdahulu untuk mengidentifikasi pola perkembangan, persamaan hasil penelitian, perbedaan pendekatan, serta peluang penelitian lanjutan. Selain itu, penelitian ini menggunakan tabel sintesis literatur untuk memperlihatkan kontribusi masing-masing referensi terhadap pengembangan konsep ekonomi sirkular, sehingga menghasilkan kerangka analisis yang lebih sistematis mengenai tren, tantangan, dan prospek penerapan ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai transformasi industri daur ulang plastik menuju sistem produksi yang lebih efisien, rendah karbon, dan berkelanjutan.

Tabel 1. Sumber Literatur dan Kontribusi dalam Penelitian

Sumber Literatur	Tahun	Kontribusi dalam Penelitian
Vidal et al. <i>Designing a Circular Carbon and Plastics Economy for a Sustainable Future</i>	2024	Menjelaskan konsep ekonomi sirkular sebagai strategi keberlanjutan industri plastik.
Srivastava et al. <i>Innovative Recycling Strategies for Non-Recycled Plastics</i>	2025	Memberikan gambaran perkembangan teknologi dan strategi inovasi daur ulang plastik.
King & Locock. <i>A Circular Economy Framework for Plastics: A Semi-Systematic Review</i>	2022	Menjadi dasar penyusunan kerangka konseptual ekonomi sirkular pada industri plastik.
Alaghemandi. <i>Sustainable Solutions Through Innovative Plastic Waste Recycling Technologies</i>	2024	Menjelaskan perkembangan teknologi mechanical recycling dan chemical recycling.
OECD. <i>Trade Policies to Promote the Circular Economy</i>	2023	Menjelaskan hubungan kebijakan perdagangan dengan implementasi ekonomi sirkular.
Chioatto & Sospiro. <i>Transition from Waste Management to Circular Economy</i>	2023	Menjelaskan tren kebijakan ekonomi sirkular di Uni Eropa.
Ramírez-Rodríguez et al. <i>Toward Sustainable Development Through Industrial Symbiosis</i>	2025	Mengidentifikasi tantangan integrasi ekonomi sirkular pada rantai pasok plastik.
Kirchherr et al. <i>Conceptualizing the Circular Economy (Revisited)</i>	2023	Memberikan landasan konseptual mengenai definisi dan perkembangan ekonomi sirkular.

Sumber Literatur	Tahun	Kontribusi dalam Penelitian
Lakhout. <i>Revolutionizing Urban Solid Waste Management with AI and IoT</i>	2025	Menjelaskan prospek pemanfaatan teknologi digital dalam pengelolaan limbah plastik.
Handoyo & Sueb. <i>Integrating Digital Technologies into the Circular Economy: A Systematic Literature Review</i>	2026	Menjadi dasar analisis prospek penelitian terkait integrasi teknologi digital dan ekonomi sirkular.

3. Konsep Ekonomi Sirkular dalam Daur Ulang Plastik

Ekonomi sirkular (*circular economy*) merupakan paradigma pembangunan ekonomi yang bertujuan mempertahankan nilai produk, material, dan sumber daya selama mungkin dalam siklus produksi dan konsumsi melalui pemanfaatan kembali, perbaikan, manufaktur ulang, dan daur ulang. Berbeda dengan ekonomi linear yang menerapkan pola “*take make dispose*”, ekonomi sirkular berupaya meminimalkan timbulan limbah dengan menjadikan limbah sebagai sumber daya yang dapat dimanfaatkan kembali. Pendekatan ini semakin mendapat perhatian sebagai solusi terhadap meningkatnya konsumsi sumber daya alam, pencemaran lingkungan, dan perubahan iklim. Ekonomi sirkular tidak hanya berorientasi pada pengelolaan limbah, tetapi juga menekankan efisiensi penggunaan sumber daya sepanjang siklus hidup produk [19]. Disamping itu, penerapan ekonomi sirkular pada industri plastik mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku primer sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan material melalui sistem produksi yang lebih berkelanjutan [3].

Konsep ekonomi sirkular dibangun berdasarkan prinsip menjaga nilai material agar tetap berada dalam siklus ekonomi selama mungkin melalui strategi *Refuse, Reduce, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle, dan Recover* [20]. Prinsip tersebut tidak hanya berfokus pada aktivitas daur ulang, tetapi juga mendorong desain produk yang mudah diperbaiki dan didaur ulang (*design for recycling*), penggunaan energi yang lebih efisien, serta pengembangan model bisnis yang mendukung keberlanjutan [21]. Keberhasilan implementasi ekonomi sirkular dipengaruhi oleh sinergi antara inovasi teknologi, kebijakan pemerintah, kolaborasi antarpemangku kepentingan, serta perubahan perilaku konsumen menuju pola konsumsi yang lebih bertanggung jawab [22]. Oleh karena itu, ekonomi sirkular telah berkembang menjadi strategi pembangunan yang mampu mengintegrasikan dimensi ekonomi, lingkungan, dan sosial secara bersamaan [23].

Tabel 2. Karakteristik Ekonomi Linear dan Ekonomi Sirkular

Aspek	Ekonomi Linear	Ekonomi Sirkular
Model produksi	Take Make Dispose	9R (<i>Refuse–Recover</i>)
Penggunaan bahan baku	Dominan primer	Primer dan sekunder
Pengelolaan limbah	Akhir proses	Menjadi sumber daya
Fokus	Produksi	Siklus hidup produk
Dampak lingkungan	Tinggi	Lebih rendah
Nilai ekonomi	Jangka pendek	Berkelanjutan

Sumber: [20], [22]–[24]

Dalam industri daur ulang plastik, ekonomi sirkular berperan sebagai kerangka utama dalam mengubah limbah plastik menjadi bahan baku sekunder yang dapat digunakan kembali dalam proses produksi. Penerapan konsep ini mencakup sistem pengumpulan limbah yang efektif, teknologi pemilahan yang efisien, proses daur ulang mekanis maupun kimia, hingga pemanfaatan kembali plastik hasil daur ulang sebagai bahan baku industri. Integrasi ekonomi sirkular dalam industri daur ulang plastik mampu meningkatkan efisiensi sumber daya, menurunkan emisi karbon, serta memperkuat daya saing industri melalui penciptaan nilai ekonomi baru [3]. Meskipun demikian, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan infrastruktur, kualitas bahan baku limbah yang tidak seragam, rendahnya tingkat pengumpulan plastik, dan belum optimalnya dukungan kebijakan. Oleh karena itu, pemahaman terhadap konsep ekonomi sirkular menjadi landasan penting untuk menganalisis tren penerapan, tantangan, dan prospek pengembangannya dalam industri daur ulang plastik

4. Tren Penerapan Ekonomi Sirkular pada Daur Ulang Plastik

Penerapan ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik menunjukkan perkembangan yang cukup pesat dalam beberapa tahun terakhir sebagai respons terhadap meningkatnya permasalahan limbah plastik dan tuntutan pembangunan berkelanjutan [25], [26]. Berbagai negara mulai mengintegrasikan prinsip ekonomi sirkular ke dalam sistem pengelolaan limbah melalui peningkatan kapasitas pengumpulan,

pemilahan, penggunaan kembali material, dan pemanfaatan plastik daur ulang sebagai bahan baku sekunder [27]. Perubahan tersebut didorong oleh meningkatnya permintaan terhadap produk ramah lingkungan, komitmen pengurangan emisi karbon, serta implementasi kebijakan *Extended Producer Responsibility* (EPR) dan *Sustainable Development Goals* (SDGs) [28]. Perkembangan ini menunjukkan bahwa industri daur ulang plastik telah bergeser dari sekadar aktivitas pengelolaan limbah menjadi bagian penting dalam menciptakan sistem produksi yang lebih efisien dan berkelanjutan [6].

Selain perubahan pada sistem pengelolaan limbah, perkembangan teknologi juga menjadi faktor utama dalam mempercepat implementasi ekonomi sirkular. Teknologi seperti *mechanical recycling*, *chemical recycling*, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), sensor optik, serta digitalisasi rantai pasok mampu meningkatkan efisiensi proses pemilahan dan kualitas plastik hasil daur ulang [11]. Di sisi lain, model bisnis berbasis ekonomi sirkular, seperti *closed-loop supply chain*, *product stewardship*, dan kolaborasi antara produsen, pemerintah, serta pengelola limbah, semakin banyak diterapkan untuk meningkatkan nilai ekonomi limbah plastik sekaligus memperkuat keberlanjutan industri [29], [30].

Tabel 3. Tren Penerapan Ekonomi Sirkular pada Industri Daur Ulang Plastik

Aspek	Tren Terkini	Dampak terhadap Industri
Praktik daur ulang	Peningkatan <i>mechanical</i> dan <i>chemical recycling</i>	Efisiensi penggunaan material
Teknologi	AI, IoT, sensor optik, blockchain	Meningkatkan kualitas dan efisiensi proses
Model bisnis	Closed-loop supply chain, EPR, kolaborasi multipihak	Memperkuat nilai ekonomi limbah
Kebijakan	Regulasi plastik sekali pakai, target daur ulang, insentif hijau	Mendorong investasi dan inovasi
Keberlanjutan	Integrasi SDGs dan target net-zero emission	Mengurangi emisi dan konsumsi bahan baku primer

Sumber: Diadaptasi dari [6], [11], [27]–[29]

Meskipun demikian, implementasi ekonomi sirkular masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain keterbatasan infrastruktur, tingginya biaya investasi teknologi, rendahnya kualitas limbah plastik yang terkumpul, serta belum optimalnya koordinasi kebijakan di berbagai negara berkembang. Oleh karena itu, tren penerapan ekonomi sirkular tidak hanya ditentukan oleh inovasi teknologi, tetapi juga memerlukan dukungan kebijakan yang konsisten, investasi jangka panjang, serta kolaborasi seluruh pemangku kepentingan agar sistem daur ulang plastik dapat berkembang secara efektif dan berkelanjutan.

5. Tantangan Penerapan Ekonomi Sirkular

Penerapan ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik masih menghadapi berbagai tantangan teknis yang memengaruhi efektivitas proses daur ulang. Salah satu kendala utama adalah rendahnya kualitas limbah plastik akibat kontaminasi, pencampuran berbagai jenis polimer, serta keterbatasan teknologi pemilahan. Kondisi tersebut menyebabkan efisiensi proses daur ulang menurun dan kualitas produk hasil daur ulang sering kali belum mampu menyamai plastik berbahan baku primer. Selain itu, teknologi *chemical recycling* yang mulai berkembang masih membutuhkan investasi yang besar serta konsumsi energi yang relatif tinggi sehingga penerapannya belum merata, terutama di negara berkembang [31]. Oleh karena itu, peningkatan inovasi teknologi pemilahan, desain produk yang mudah didaur ulang (*design for recycling*), serta pengembangan infrastruktur pengelolaan limbah menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan ekonomi sirkular [32].

Di samping tantangan teknis, aspek ekonomi juga menjadi hambatan utama dalam implementasi ekonomi sirkular. Tingginya biaya investasi teknologi, fluktuasi harga bahan baku plastik daur ulang, serta rendahnya daya saing produk hasil daur ulang dibandingkan plastik murni sering kali mengurangi minat investasi pelaku industri. Selain itu, ketidakpastian permintaan pasar terhadap produk berbahan daur ulang juga memengaruhi keberlanjutan model bisnis ekonomi sirkular. Keberhasilan ekonomi sirkular memerlukan insentif ekonomi, kemudahan investasi, serta mekanisme pasar yang mampu meningkatkan nilai ekonomi plastik daur ulang sehingga dapat bersaing dengan bahan baku konvensional [28].

Tabel 4. Tantangan Penerapan Ekonomi Sirkular pada Industri Daur Ulang Plastik

Aspek Tantangan	Permasalahan Utama	Dampak terhadap Implementasi
Teknis	Kontaminasi limbah, keterbatasan teknologi pemilahan, biaya chemical recycling tinggi	Menurunkan efisiensi dan kualitas produk daur ulang
Ekonomi	Investasi tinggi, harga plastik daur ulang tidak stabil, pasar terbatas	Mengurangi daya saing dan minat investasi
Sosial	Rendahnya kesadaran masyarakat dan partisipasi konsumen	Tingkat pengumpulan limbah masih rendah
Regulasi	Implementasi EPR belum optimal, koordinasi kebijakan lemah	Menghambat pengembangan ekonomi sirkular
Kelembagaan	Kolaborasi antarpemangku kepentingan belum efektif	Sistem pengelolaan limbah belum terintegrasi

Sumber: Diadaptasi dari [28], [31], [32]

Tantangan lainnya berkaitan dengan aspek sosial dan regulasi. Rendahnya kesadaran masyarakat dalam melakukan pemilahan sampah sejak dari sumbernya, terbatasnya partisipasi konsumen terhadap penggunaan produk berbahan daur ulang, serta lemahnya koordinasi antar pemangku kepentingan masih menjadi hambatan yang umum dijumpai. Di sisi regulasi, perbedaan kebijakan antarwilayah, belum optimalnya penerapan *Extended Producer Responsibility* (EPR), serta lemahnya pengawasan terhadap pengelolaan limbah plastik menyebabkan implementasi ekonomi sirkular belum berjalan secara efektif [33], [34]. Oleh karena itu, keberhasilan ekonomi sirkular memerlukan sinergi antara pemerintah, industri, akademisi, dan masyarakat melalui kebijakan yang konsisten, peningkatan kapasitas teknologi, serta perubahan perilaku menuju konsumsi yang lebih berkelanjutan.

6. Prospek Penelitian

Perkembangan ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik menunjukkan bahwa masih terdapat berbagai isu penelitian yang terus berkembang seiring meningkatnya tuntutan terhadap keberlanjutan industri. Penelitian terkini tidak lagi hanya berfokus pada peningkatan kapasitas daur ulang, tetapi juga mencakup pengembangan advanced recycling, pemanfaatan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), digitalisasi rantai pasok, *Life Cycle Assessment* (LCA), serta integrasi ekonomi sirkular dengan target dekarbonisasi dan *Net-Zero Emission* [35]. Selain itu, semakin banyak penelitian yang mengkaji hubungan antara inovasi teknologi, perilaku konsumen, desain produk ramah lingkungan, serta model bisnis sirkular dalam meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya [36]. Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa penelitian mengenai ekonomi sirkular semakin bersifat multidisiplin dan melibatkan berbagai aspek teknologi, lingkungan, ekonomi, serta kebijakan [37].

Di masa depan, peluang penelitian masih sangat terbuka, khususnya pada pengembangan teknologi daur ulang yang lebih efisien, penerapan *Internet of Things* (IoT) dan blockchain untuk meningkatkan transparansi rantai pasok, optimalisasi kebijakan *Extended Producer Responsibility* (EPR), serta pengembangan indikator pengukuran kinerja ekonomi sirkular [38]. Penelitian di negara berkembang masih memerlukan kajian mengenai efektivitas implementasi kebijakan, kesiapan industri kecil dan menengah, serta model kolaborasi antar pemangku kepentingan dalam mendukung transisi menuju ekonomi sirkular. Selain itu, analisis mengenai aspek sosial, perilaku masyarakat, dan kesiapan sumber daya manusia juga menjadi agenda penelitian yang semakin penting dalam beberapa tahun terakhir.

Tabel 5. Prospek Penelitian Ekonomi Sirkular pada Industri Daur Ulang Plastik

Fokus Penelitian	Arah Pengembangan	Kontribusi yang Diharapkan
Teknologi	Advanced recycling, AI, IoT, blockchain	Efisiensi proses dan peningkatan kualitas produk
Kebijakan	Evaluasi EPR, insentif hijau, regulasi ekonomi sirkular	Penguatan tata kelola dan investasi
Model Bisnis	Closed-loop supply chain, ekonomi berbagi, kolaborasi multipihak	Peningkatan daya saing industri
Aspek Sosial	Perilaku konsumen, edukasi, partisipasi masyarakat	Meningkatkan tingkat pengumpulan dan penggunaan produk daur ulang
Evaluasi Keberlanjutan	LCA, Circular Economy Indicators, ESG	Pengukuran kinerja ekonomi, lingkungan, dan sosial

Sumber: Diadaptasi dari [35]–[38]

Implikasi penelitian ekonomi sirkular tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pengembangan teori, tetapi juga menjadi dasar bagi penyusunan strategi industri dan kebijakan publik. Bagi akademisi, hasil penelitian dapat memperluas pengembangan konsep, metode evaluasi, dan model implementasi ekonomi sirkular. Bagi industri, penelitian ini menjadi referensi dalam meningkatkan efisiensi operasional, inovasi produk, dan daya saing melalui pemanfaatan bahan baku sekunder. Sementara itu, bagi pemerintah, hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar dalam merumuskan kebijakan pengelolaan limbah, pemberian insentif investasi hijau, serta penyusunan regulasi yang mendukung percepatan implementasi ekonomi sirkular. Dengan demikian, penelitian di bidang ini diharapkan mampu mempercepat transformasi menuju sistem pengelolaan plastik yang lebih berkelanjutan.

7. Kesimpulan

Ekonomi sirkular telah berkembang menjadi paradigma penting dalam pengelolaan limbah plastik yang tidak lagi memandang limbah sebagai produk akhir, melainkan sebagai sumber daya yang dapat dimanfaatkan kembali dalam siklus produksi. Berdasarkan hasil kajian literatur, penerapan ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku primer, menekan emisi karbon, serta mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan. Berbagai pendekatan, seperti *mechanical recycling*, *chemical recycling*, *closed-loop recycling*, dan penerapan prinsip 9R, menunjukkan bahwa ekonomi sirkular mampu menciptakan nilai tambah ekonomi sekaligus memberikan manfaat lingkungan dan sosial apabila diterapkan secara terintegrasi.

Kajian ini juga menunjukkan bahwa perkembangan ekonomi sirkular dipengaruhi oleh kemajuan teknologi, inovasi model bisnis, serta dukungan kebijakan pemerintah. Pemanfaatan teknologi digital, seperti *Artificial Intelligence (AI)*, *Internet of Things (IoT)*, *blockchain*, dan *Life Cycle Assessment (LCA)*, telah meningkatkan efisiensi proses daur ulang serta transparansi rantai pasok. Namun demikian, implementasi ekonomi sirkular masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain keterbatasan teknologi pemilahan, tingginya biaya investasi, fluktuasi pasar plastik daur ulang, rendahnya partisipasi masyarakat, serta belum optimalnya regulasi dan koordinasi antar pemangku kepentingan. Oleh karena itu, keberhasilan ekonomi sirkular tidak hanya bergantung pada inovasi teknologi, tetapi juga memerlukan dukungan kelembagaan, kebijakan yang konsisten, dan kolaborasi multipihak.

Melalui sintesis berbagai penelitian terkini, artikel ini mengidentifikasi bahwa agenda penelitian mengenai ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik masih memiliki ruang yang luas untuk dikembangkan. Penelitian di masa depan perlu lebih banyak mengeksplorasi integrasi teknologi digital dengan sistem daur ulang, pengembangan model bisnis berbasis ekonomi sirkular, evaluasi efektivitas kebijakan *Extended Producer Responsibility (EPR)*, serta pengembangan indikator kinerja ekonomi sirkular yang mempertimbangkan aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial secara simultan. Selain itu, kajian mengenai perilaku konsumen, kesiapan usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM), serta implementasi ekonomi sirkular di negara berkembang juga menjadi isu strategis yang masih memerlukan perhatian lebih mendalam.

Kontribusi artikel ini berupa sintesis komprehensif mengenai konsep, tren penerapan, tantangan, dan prospek penelitian ekonomi sirkular pada industri daur ulang plastik. Hasil kajian diharapkan dapat menjadi referensi bagi akademisi dalam mengembangkan penelitian lanjutan, bagi pelaku industri dalam merancang strategi penerapan ekonomi sirkular yang lebih efektif dan inovatif, serta bagi pemerintah dalam menyusun kebijakan yang mendukung transformasi menuju sistem pengelolaan plastik yang lebih berkelanjutan. Dengan sinergi antara inovasi teknologi, kebijakan yang adaptif, investasi yang memadai, dan partisipasi aktif seluruh pemangku kepentingan, ekonomi sirkular berpotensi menjadi fondasi utama dalam mewujudkan industri daur ulang plastik yang berdaya saing, berketahanan, dan berkelanjutan di masa depan.

Referensi

- [1] S. Yana, C. Rusmina, M. Maksalmina, M. Maryam, R. Nengsih, and A. Nurfiqi, "Model Rekayasa Sistem Pembiayaan Industri Alternatif dalam Mendukung Industri Pengolahan Limbah Plastik," *J. Serambi Eng.*, vol. 11, no. 1, 2026.
- [2] C. Rusmina, Z. Zainuddin, J. Juwita, M. Marlina, and A. Jelita, "Risiko Investasi pada Inovasi Teknologi Ramah Lingkungan dalam Pengolahan Limbah Plastik," *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 2, 2025.

- [3] F. Vidal *et al.*, "Designing a circular carbon and plastics economy for a sustainable future," *Nature*, vol. 626, no. 7997, pp. 45–57, 2024.
- [4] F. Savini, "The economy that runs on waste: accumulation in the circular city," *J. Environ. policy Plan.*, vol. 21, no. 6, pp. 675–691, 2019.
- [5] S. Yana and B. Badaruddin, "Pengelolaan Limbah Plastik Sebagai Upaya Pengurangan Pencemaran Lingkungan Melalui Transformasi Yang Memiliki Nilai Tambah Ekonomi," *J. Serambi Eng.*, vol. 2, no. 4, pp. 157–164, 2017.
- [6] R. K. Srivastava *et al.*, "Innovative recycling strategies for non-recycled plastics: advancing the circular economy for a sustainable future," *RSC Sustain.*, vol. 3, no. 12, pp. 5433–5458, 2025.
- [7] R. Yulianti, R. Nengsih, and R. Alifia, "Pengaruh Inovasi Produk Terhadap Kinerja Keuangan dan Profitabilitas Industri Plastik Daur Ulang," *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 2, 2025.
- [8] M. Yang *et al.*, "Circular economy strategies for combating climate change and other environmental issues," *Environ. Chem. Lett.*, vol. 21, no. 1, pp. 55–80, 2023.
- [9] P. Schroeder, K. Anggraeni, and U. Weber, "The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals," *J. Ind. Ecol.*, vol. 23, no. 1, pp. 77–95, 2019.
- [10] S. King and K. E. S. Locock, "A circular economy framework for plastics: A semi-systematic review," *J. Clean. Prod.*, vol. 364, p. 132503, 2022.
- [11] M. Alaghemandi, "Sustainable solutions through innovative plastic waste recycling technologies," *Sustainability*, vol. 16, no. 23, p. 10401, 2024.
- [12] M. Mahdi, J. Surya, R. Rahmi, I. Fahmi, and N. Shakira, "Integrasi Inovasi Digital dalam Manajemen Keuangan dan Rantai Pasok Industri Daur Ulang Plastik," *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 3, 2025.
- [13] L. C. Ramírez-Rodríguez, M. Ormazabal, and C. Jaca, "Toward Sustainable Development Through Industrial Symbiosis: Enabling Circular Economy in the Plastic Supply Chain," *Sustain. Dev.*, 2025.
- [14] S. Kumar, S. Sinha, R. Ranjan, and S. Saurav, "Modeling and managing plastic waste through reverse logistics: a global systematic review," *Innov. Infrastruct. Solut.*, vol. 11, no. 1, p. 5, 2026.
- [15] R. Radhiana, M. Mukhdasir, J. Surya, N. Syamsuddin, M. Maryam, and A. Syafitri, "Pengaruh Sistem Produksi Lean terhadap Pengurangan Biaya Produksi dan Peningkatan Profitabilitas di Industri Pengolahan Limbah Plastik," *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [16] A. D. Macheca *et al.*, "Perspectives on plastic waste management: challenges and possible solutions to ensure its sustainable use," *Recycling*, vol. 9, no. 5, p. 77, 2024.
- [17] W.-Q. Chen, L. Ciacci, N.-N. Sun, and T. Yoshioka, "Sustainable cycles and management of plastics: A brief review of RCR publications in 2019 and early 2020," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 159. Elsevier, p. 104822, 2020.
- [18] V. Venkatachalam, M. Pohler, S. Spierling, L. Nickel, L. Barner, and H. Endres, "Design for recycling strategies based on the life cycle assessment and end of life options of plastics in a circular economy," *Macromol. Chem. Phys.*, vol. 223, no. 13, p. 2200046, 2022.
- [19] I. A. Khan, F. Haq, M. Kiran, and T. Aziz, "Circular economy and waste management: transforming waste into resources for a sustainable future," *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 22, no. 16, pp. 17327–17346, 2025.
- [20] F. R. Mansour, S. Emara, A. Bedair, and M. Hamed, "Integration of 10R principles into CIRCLE as an innovative tool for assessing circular economy," *RSC Sustain.*, vol. 4, no. 1, pp. 417–427, 2026.
- [21] C. Hamdiah, M. Marlina, Z. Zainuddin, R. Rahmi, and S. Nabila, "Inovasi Teknologi Daur Ulang Plastik untuk Meningkatkan Efisiensi dan Profitabilitas Usaha Mikro," *J. Serambi Eng.*, vol. 11, no. 1, 2026.
- [22] M. Geissdoerfer, W. Kanda, and J. Kirchherr, "Conceptualizing circular ecosystems: an analysis of 45 definitions," *Bus. Strateg. Environ.*, vol. 35, no. 2, pp. 2368–2394, 2026.
- [23] M. Geissdoerfer, T. Santa-Maria, J. Kirchherr, and C. Pelzeter, "Drivers and barriers for circular business model innovation," *Bus. Strateg. Environ.*, vol. 32, no. 6, pp. 3814–3832, 2023.
- [24] P. Morsetto, "Sometimes linear, sometimes circular: States of the economy and transitions to the future," *J. Clean. Prod.*, vol. 390, p. 136138, 2023.
- [25] U. Ulfia, R. Rahmi, Z. Yusuf, R. Radhiana, M. Mukhdasir, and A. Humaira, "Strategi Pemilihan Bahan Baku Daur Ulang untuk Meningkatkan Profitabilitas di Industri Pengolahan Limbah Plastik," *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [26] S. Ikhbar, R. Yulianti, M. Maksalmina, U. Ulfia, and S. Malisi, "Strategi Inovatif dalam Mengelola Risiko Pasokan Bahan Baku Limbah Plastik," *J. Serambi Eng.*, vol. 11, no. 1, 2026.

- [27] E. Chioatto and P. Sospiro, "Transition from waste management to circular economy: the European Union roadmap," *Environ. Dev. Sustain.*, vol. 25, no. 1, pp. 249–276, 2023.
- [28] Moisé, Evdokia, and Stela Rubínová. "Trade policies to promote the circular economy: A case study of lithium-ion batteries." *Documents de travail de l'OCDE sur le commerce et l'environnement* (2023).
- [29] N. K. Sunasetty, V. Ganesh, S. K. Indrajitsingha, and L. K. Raju, "A sustainable circular economy inventory model of deteriorating items with logistic demand using preservation technology," *Process Integr. Optim. Sustain.*, vol. 10, no. 1, pp. 127–139, 2026.
- [30] M. Marlina, S. Sufitrayati, S. Amri, N. Syamsuddin, R. Radhiana, and R. M. Akbar, "Inovasi Operasional untuk Efisiensi Biaya dan Peningkatan Profit di Industri Pengolahan Limbah Plastik," *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [31] M. Solis and S. Silveira, "Technologies for chemical recycling of household plastics—A technical review and TRL assessment," *Waste Manag.*, vol. 105, pp. 128–138, 2020.
- [32] R. Idir, A. Djerbi, and N. Tazi, "Optimising the circular economy for construction and demolition waste management in Europe: Best practices, innovations and regulatory avenues," *Sustainability*, vol. 17, no. 8, p. 3586, 2025.
- [33] J. Kirchherr and K. Hartley, "Is circular economy a failing sustainability paradigm? Not necessarily," *J. Ind. Ecol.*, vol. 29, no. 4, pp. 1051–1059, 2025.
- [34] J. Kirchherr, N.-H. N. Yang, F. Schulze-Spüntrup, M. J. Heerink, and K. Hartley, "Conceptualizing the circular economy (revisited): an analysis of 221 definitions," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 194, p. 107001, 2023.
- [35] A. Lakhout, "Revolutionizing urban solid waste management with AI and IoT: A review of smart solutions for waste collection, sorting, and recycling," *Results Eng.*, vol. 25, p. 104018, 2025.
- [36] J. Kirchherr, B. Nienhuis, J. Clement, and F. C. Schultz, "Conceptualizing the sharing economy: An analysis of 201 definitions," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 233, p. 108997, 2026.
- [37] L. Liu, W. Song, and Y. Liu, "Leveraging digital capabilities toward a circular economy: Reinforcing sustainable supply chain management with Industry 4.0 technologies," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 178, p. 109113, 2023.
- [38] S. Handoyo and M. Sueb, "Integrating Digital Technologies Into the Circular Economy: A Systematic Literature Review of Trends, Challenges, and Opportunities," *Circ. Econ. Sustain.*, vol. 6, no. 2, p. 111, 2026.