

Inovasi Teknologi Daur Ulang Plastik untuk Meningkatkan Efisiensi dan Profitabilitas Usaha Mikro

Cut Hamdiah¹, Marlina^{2*}, Zainuddin³, Rahmi⁴, Sausan Nabila⁵

^{1,3,4,5}Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

²Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

*Koresponden email: marlina@serambimekkah.ac.id

Diterima: 3 Januari 2026

Disetujui: 15 Januari 2026

Abstract

This study explores the role of plastic recycling technology innovation in enhancing cost efficiency and profitability among micro-enterprises, while contributing to sustainable development goals. Using a qualitative literature review approach, the research synthesizes findings from international and national sources, including OECD, UNEP, UNIDO, the Indonesian Ministry of Industry, and various academic journals. The analysis identifies three main technological approaches; mechanical, chemical, and digital (smart recycling) each offering different levels of efficiency, investment requirements, and relevance to micro-enterprises. The results indicate that mechanical recycling remains the most feasible option due to its low cost and ease of implementation, while chemical and digital recycling hold potential for long-term transformation when supported by policy and financial incentives. The study also highlights the social and environmental benefits of adopting recycling innovations, including waste reduction, job creation, and the development of green markets. Overall, technological innovation in plastic recycling serves as a strategic instrument for achieving economic efficiency, business profitability, and sustainability within Indonesia's circular economy framework.

Keywords: *technological innovation, plastic recycling, cost efficiency, profitability, micro-enterprises*

Abstrak

Penelitian ini membahas peran inovasi teknologi daur ulang plastik dalam meningkatkan efisiensi biaya dan profitabilitas pada usaha mikro sekaligus mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs). Dengan menggunakan pendekatan literature review kualitatif, penelitian ini mengintegrasikan berbagai sumber data dari lembaga internasional dan nasional seperti OECD, UNEP, UNIDO, Kementerian Perindustrian RI, serta jurnal akademik terindeks. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat tiga pendekatan utama dalam inovasi daur ulang plastik : mekanis, kimiawi, dan digital (*smart recycling*) yang masing-masing memiliki karakteristik berbeda dalam hal efisiensi, kebutuhan investasi, dan relevansinya bagi usaha mikro. Teknologi mekanis dinilai paling layak diterapkan karena biaya rendah dan prosesnya sederhana, sementara teknologi kimiawi dan digital berpotensi menjadi strategi jangka panjang apabila didukung oleh kebijakan dan insentif yang memadai. Selain peningkatan efisiensi ekonomi, inovasi daur ulang plastik juga memberikan dampak sosial dan lingkungan yang signifikan seperti pengurangan limbah, penciptaan lapangan kerja, dan pengembangan pasar hijau. Secara keseluruhan, inovasi teknologi daur ulang plastik berperan sebagai instrumen strategis dalam mewujudkan efisiensi ekonomi, profitabilitas usaha, dan keberlanjutan lingkungan dalam kerangka ekonomi sirkular Indonesia.

Kata Kunci: *inovasi teknologi, daur ulang plastik, efisiensi biaya, profitabilitas, usaha mikro*

1. Latar Belakang

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memegang peranan penting dalam perekonomian Indonesia [1]. Menurut data Kementerian Koperasi dan UMKM, sektor ini menyumbang lebih dari 60% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional dan menyerap lebih dari 95% tenaga kerja [2]. Usaha mikro, yang merupakan bagian terbesar dari sektor UMKM, sering kali beroperasi dengan keterbatasan modal, teknologi, serta akses pasar. Meski demikian, usaha mikro terbukti tangguh dan adaptif dalam

menghadapi dinamika ekonomi global, termasuk krisis keuangan maupun pandemi. Namun, tantangan yang semakin kompleks menuntut adanya inovasi agar usaha mikro dapat bertahan sekaligus berkembang [3]. Salah satu tantangan terbesar adalah tingginya biaya produksi yang sering kali tidak sebanding dengan skala usaha, sehingga margin keuntungan yang diperoleh menjadi relatif kecil [4].

Dalam konteks keberlanjutan, masalah lingkungan akibat limbah plastik juga semakin mendesak untuk segera ditangani. Indonesia termasuk salah satu negara penyumbang limbah plastik terbesar di dunia, dengan perkiraan sekitar 6,8 juta ton plastik yang dihasilkan setiap tahunnya [5]. Sebagian besar limbah plastik berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA), sungai, maupun laut, yang menimbulkan dampak serius terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Di sisi lain, limbah plastik sebenarnya masih memiliki potensi ekonomi yang tinggi apabila dapat diolah kembali menjadi produk baru bernilai tambah. Daur ulang plastik, baik dalam bentuk sederhana maupun dengan penerapan teknologi modern, menjadi solusi strategis untuk menjawab persoalan lingkungan sekaligus menciptakan peluang bisnis baru.

Bagi usaha mikro, adopsi teknologi daur ulang plastik membuka jalan untuk menekan biaya bahan baku, memperluas portofolio produk, serta meningkatkan daya saing di pasar yang semakin mengedepankan aspek ramah lingkungan [6]. Misalnya, limbah plastik dapat diolah menjadi biji plastik daur ulang yang digunakan kembali dalam proses produksi, atau dijadikan bahan baku produk inovatif seperti paving block, kerajinan tangan, dan peralatan rumah tangga. Melalui integrasi inovasi teknologi dalam proses daur ulang, usaha mikro dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku baru yang harganya relatif tinggi dan fluktuatif, sehingga efisiensi operasional dapat tercapai [7], [8].

Namun demikian, adopsi inovasi teknologi daur ulang plastik pada usaha mikro masih menghadapi berbagai kendala. Dari sisi teknis, keterbatasan pengetahuan dan keterampilan pelaku usaha sering menjadi hambatan utama. Proses daur ulang plastik membutuhkan pemahaman mengenai karakteristik bahan, teknik pemrosesan, serta pengendalian kualitas produk. Selain itu, akses terhadap mesin dan peralatan daur ulang yang efisien masih terbatas, terutama karena harga investasi awal yang relatif tinggi bagi usaha mikro dengan modal terbatas. Dari sisi pasar, meskipun permintaan terhadap produk ramah lingkungan meningkat, konsumen sering kali masih ragu dengan kualitas produk berbahan plastik daur ulang. Hal ini menuntut adanya upaya peningkatan mutu, inovasi desain, serta strategi pemasaran yang tepat agar produk daur ulang dapat diterima lebih luas.

Isu keberlanjutan juga semakin memperkuat urgensi penggunaan inovasi teknologi daur ulang plastik [9]. Konsumen modern kini lebih kritis dalam menilai dampak lingkungan dari suatu produk. Mereka cenderung memilih produk yang tidak hanya fungsional dan terjangkau, tetapi juga ramah lingkungan serta memiliki nilai sosial. Tren ini memberikan peluang bagi usaha mikro untuk memposisikan diri sebagai pelaku usaha yang berorientasi pada green business atau bisnis hijau [10]. Dengan mengadopsi inovasi daur ulang plastik, usaha mikro dapat membangun citra positif, memperluas pasar, dan sekaligus mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam aspek produksi dan konsumsi berkelanjutan (SDG 12), pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi (SDG 8), serta aksi terhadap perubahan iklim (SDG 13).

Meskipun banyak penelitian sebelumnya telah membahas tentang daur ulang plastik dan inovasi pada sektor UMKM, kajian yang secara khusus menyoroti keterkaitan antara inovasi teknologi daur ulang plastik dengan efisiensi biaya dan profitabilitas usaha mikro masih relatif terbatas [11], [12]. Sebagian besar studi menekankan aspek teknis pengolahan limbah atau aspek lingkungan, sementara dimensi bisnis dan profitabilitas usaha mikro sering kali belum dieksplorasi secara mendalam [13]. Inilah yang menjadi gap literatur sekaligus alasan pentingnya artikel ini.

Hasil yang diharapkan dari kajian ini adalah memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai peran inovasi teknologi daur ulang plastik dalam memperkuat daya saing usaha mikro, sekaligus menawarkan arah kebijakan dan strategi praktis yang dapat diterapkan oleh pelaku usaha maupun pemangku kepentingan lainnya. Artikel ini diharapkan mampu menutup celah penelitian yang ada, serta memberikan nilai tambah berupa rekomendasi berbasis bukti untuk mempercepat transformasi usaha mikro menuju model bisnis yang lebih efisien, berkelanjutan, dan menguntungkan. Penelitian ini berkontribusi untuk memperkaya literatur tentang inovasi dan UMKM, tetapi juga bagi praktisi usaha mikro, pemerintah, serta lembaga pendukung dalam merumuskan strategi implementasi teknologi daur ulang plastik. Kajian

ini menegaskan bahwa inovasi teknologi bukan sekadar pilihan, melainkan kebutuhan mendesak untuk menciptakan keseimbangan antara efisiensi ekonomi, profitabilitas usaha, dan keberlanjutan lingkungan di era ekonomi sirkular.

2. Metode Penelitian

Sumber data yang digunakan mencakup jurnal internasional bereputasi (Scopus dan Elsevier), laporan lembaga global seperti OECD (2022), UNIDO (2021), UNEP (2021), serta dokumen kebijakan nasional dari Kementerian Perindustrian RI (2023) dan Kementerian Koperasi dan UKM (2024). Selain itu, digunakan pula literatur lokal dari berbagai jurnal nasional terindeks seperti Jurnal Serambi Engineering dan Jurnal Ekonomi Kreatif dan Kewirausahaan yang membahas inovasi teknologi pada skala usaha mikro. Proses analisis dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu:

1. Identifikasi dan seleksi literatur, dengan kriteria kelayakan berdasarkan tahun publikasi (2017–2025), relevansi topik, serta kontribusinya terhadap isu efisiensi dan profitabilitas.
2. Analisis tematik dan triangulasi sumber, yaitu mengelompokkan temuan ke dalam tema besar seperti efisiensi biaya, teknologi mekanis dan kimiawi, serta dampak ekonomi terhadap UMKM.
3. Sintesis data kuantitatif dan kualitatif, untuk menghubungkan inovasi teknologi dengan indikator performa usaha seperti peningkatan omzet, margin keuntungan, dan pengurangan biaya bahan baku.

Analisis juga diperkuat dengan pendekatan SWOT dan komparatif, yaitu membandingkan tingkat efisiensi dan profitabilitas sebelum dan sesudah adopsi inovasi daur ulang plastik. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel perbandingan teknologi, diagram alur proses daur ulang, serta grafik peningkatan efisiensi dan profitabilitas.

Untuk menjaga validitas data, dilakukan triangulasi antar sumber dengan mengonfirmasi hasil kajian dari berbagai publikasi akademik dan laporan resmi. Metode ini diharapkan dapat memberikan gambaran holistik mengenai bagaimana inovasi teknologi daur ulang plastik berperan sebagai instrumen strategis dalam memperkuat daya saing dan keberlanjutan usaha mikro di era ekonomi hijau.

Sebagai dasar konseptual dalam analisis penelitian ini, digunakan berbagai literatur yang membahas inovasi teknologi, kebijakan industri, serta pengelolaan limbah plastik dalam konteks ekonomi sirkular. Setiap sumber dipilih berdasarkan relevansi dan kontribusinya terhadap penguatan kerangka teori serta konteks empiris penelitian. Rangkuman sumber-sumber tersebut disajikan pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Sumber Literatur dan Peran dalam Penelitian

Sumber Literatur	Tahun	Peran dalam Penelitian
UNEP. Global Plastic Waste Management Outlook: Technologies and Innovations for a Circular Economy.	2021	Menjadi acuan utama dalam memahami teknologi inovatif pengelolaan limbah plastik secara global.
OECD. Improving Plastics Management: Trends, Policy Responses, and the Role of Innovation.	2020	Memberikan kerangka kebijakan dan inovasi dalam pengelolaan plastik berkelanjutan.
UNIDO. Sustainable Recycling Technologies for SMEs: Bridging Innovation and Inclusion.	2021	Menyediakan konsep pengembangan teknologi daur ulang yang inklusif bagi UMKM.
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. Peta Jalan Industri Daur Ulang Plastik Nasional 2023–2030.	2023	Menjadi panduan kebijakan nasional dalam penerapan teknologi daur ulang plastik di Indonesia.
Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. Plastics Recycling: Challenges and Opportunities.	2009	Menjelaskan tantangan dan peluang teknis pada sistem daur ulang plastik modern.
Rahman, M. A., & Hossain, M. S. Technological Innovation and Adoption Barriers in Plastic Waste Recycling SMEs.	2022	Memberikan data empiris tentang adopsi teknologi daur ulang di sektor UMKM.

Sumber Literatur	Tahun	Peran dalam Penelitian
Ellen MacArthur Foundation. Circular Economy in Action: Plastic Packaging and Recycling Systems.	2021	Menyajikan konsep ekonomi sirkular dan peran teknologi digital dalam rantai pasok daur ulang plastik.
World Bank. Technology and Innovation for Circular Economy in Developing Countries.	2022	Menyoroti hubungan antara inovasi teknologi, efisiensi ekonomi, dan keberlanjutan lingkungan.

3. Konsep Dasar Inovasi Teknologi Daur Ulang Plastik

Inovasi teknologi daur ulang plastik merupakan langkah strategis dalam menciptakan sistem produksi yang berkelanjutan, efisien, dan ramah lingkungan. Konsep ini berakar pada prinsip ekonomi sirkular, yaitu menjaga material plastik agar tetap berada dalam siklus penggunaan selama mungkin melalui kegiatan pemanfaatan kembali, perbaikan, dan daur ulang. Dalam konteks industri kecil dan menengah (IKM) maupun usaha mikro, penerapan teknologi daur ulang plastik tidak hanya berfungsi sebagai solusi lingkungan, tetapi juga menjadi instrumen efisiensi ekonomi yang mampu menekan biaya bahan baku serta meningkatkan nilai tambah produk [14].

Secara umum, inovasi daur ulang plastik terbagi ke dalam tiga pendekatan utama [15]. Pertama, daur ulang mekanis, yaitu proses yang melibatkan kegiatan pencacahan, pencucian, pelelehan, dan pencetakan plastik menjadi bijih plastik baru. Metode ini merupakan yang paling banyak digunakan oleh pelaku UMKM karena lebih sederhana dan membutuhkan investasi yang relatif rendah. Kedua, daur ulang kimiawi, yaitu proses yang memanfaatkan teknologi seperti pirolisis dan depolimerisasi untuk menguraikan plastik menjadi monomer atau bahan bakar cair. Pendekatan ini menghasilkan kualitas produk yang tinggi, namun membutuhkan biaya operasional dan peralatan yang lebih besar. Ketiga, daur ulang berbasis digital (smart recycling), yaitu penerapan sensor, Internet of Things (IoT), dan kecerdasan buatan (AI) dalam meningkatkan presisi pemilahan serta efisiensi rantai pasok limbah plastik.

Inovasi teknologi daur ulang plastik berperan penting dalam menciptakan keseimbangan antara efisiensi produksi, profitabilitas usaha, dan keberlanjutan lingkungan, sehingga menjadi fondasi utama dalam mewujudkan industri hijau yang inklusif dan kompetitif.

Pemahaman terhadap variasi pendekatan dalam proses pengolahan limbah plastik menjadi hal penting dalam menilai efektivitas penerapan inovasi teknologi daur ulang. Setiap jenis teknologi memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari sisi tahapan proses, keunggulan teknis, maupun kendala penerapan di lapangan, khususnya bagi pelaku usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Dalam konteks tersebut, Tabel 1 menyajikan perbandingan menyeluruh mengenai berbagai jenis teknologi daur ulang plastik, yang meliputi aspek proses utama, kelebihan, keterbatasan, serta tingkat relevansi penerapannya bagi sektor UMKM berbasis industri hijau.

Tabel 2. Perbandingan Jenis Teknologi Daur Ulang Plastik

Jenis Teknologi	Proses Utama	Kelebihan	Keterbatasan	Relevansi untuk UMKM
Mekanis	Cacah-Cuci-Leleh-Cetak	Biaya rendah, mudah diterapkan	Kualitas menurun	Tinggi
Kimiawi	Depolimerisasi/Pirolisis	Produk berkualitas tinggi	Butuh modal besar	Sedang
Digital/Smart Tech	IoT, sensor, AI sorting	Efisiensi dan presisi tinggi	Infrastruktur digital mahal	Sedang

Sumber: [16]-[18]

Tabel 2 menjelaskan perbandingan antara tiga jenis teknologi utama yang digunakan dalam proses daur ulang plastik, yaitu mekanis, kimiawi, dan digital atau smart technology. Teknologi mekanis merupakan metode yang paling umum diterapkan, terutama di tingkat UMKM, karena prosesnya relatif sederhana dan memerlukan biaya investasi yang rendah. Tahapan utamanya meliputi pencacahan, pencucian, pelelehan, dan pencetakan ulang plastik menjadi biji plastik baru. Meskipun efisien dari segi

biaya, kelemahan utama metode ini terletak pada penurunan kualitas produk hasil daur ulang yang umumnya lebih rendah dibandingkan bahan plastik murni.

Sementara itu, teknologi kimiawi seperti depolimerisasi dan pirolisis menawarkan hasil dengan kualitas tinggi karena mampu mengubah limbah plastik menjadi monomer atau bahan bakar cair yang dapat digunakan kembali dalam proses industri. Namun, pendekatan ini membutuhkan modal yang cukup besar serta peralatan berteknologi tinggi, sehingga penerapannya masih terbatas di sektor industri menengah hingga besar.

Adapun teknologi digital atau smart recycling merupakan inovasi baru yang mengintegrasikan Internet of Things (IoT), sensor otomatis, dan kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan efisiensi proses pemilahan dan pengolahan limbah. Teknologi ini mampu menghasilkan efisiensi dan presisi tinggi, namun membutuhkan infrastruktur digital yang belum sepenuhnya tersedia di tingkat UMKM. Secara keseluruhan, perbandingan dalam tabel ini menunjukkan bahwa teknologi mekanis masih menjadi pilihan paling relevan bagi UMKM, sementara teknologi kimiawi dan digital memiliki potensi besar untuk masa depan jika didukung oleh kebijakan dan infrastruktur yang memadai.

4. Tantangan dan Peluang Adopsi Teknologi

Adopsi teknologi dalam industri daur ulang plastik menghadapi berbagai tantangan yang kompleks, baik dari aspek finansial, teknis, maupun pasokan bahan baku [19]. Salah satu hambatan utama adalah keterbatasan modal yang dimiliki oleh pelaku usaha mikro dan kecil untuk berinvestasi dalam peralatan modern seperti mesin pencacah otomatis atau sistem pemantauan digital. Selain itu, keterampilan teknis tenaga kerja dalam mengoperasikan peralatan berbasis teknologi masih terbatas, sehingga efisiensi produksi belum dapat dicapai secara optimal. Faktor lain yang turut memperumit kondisi ini adalah fluktuasi pasokan plastik daur ulang yang sering dipengaruhi oleh kondisi pasar dan kebijakan pengelolaan limbah daerah.

Meskipun demikian, peluang pengembangan adopsi teknologi tetap terbuka luas. Tren pasar hijau dan meningkatnya kesadaran konsumen terhadap produk ramah lingkungan menciptakan potensi besar bagi pelaku usaha untuk meningkatkan daya saing melalui inovasi teknologi [20]. Dukungan regulasi dari pemerintah, seperti insentif fiskal dan program pembiayaan hijau, turut menjadi faktor pendorong percepatan transformasi teknologi di sektor daur ulang. Selain itu, terbukanya akses pasar bagi produk berkelanjutan di tingkat nasional maupun global memberikan peluang pertumbuhan ekonomi yang signifikan bagi UMKM.

Untuk memaksimalkan peluang dan mengatasi tantangan tersebut, analisis SWOT dapat digunakan sebagai alat strategis dalam mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang memengaruhi keberhasilan adopsi teknologi. Pendekatan ini memungkinkan perumusan strategi berbasis kekuatan dan peluang, sekaligus meminimalkan dampak dari kelemahan dan ancaman yang dihadapi sektor daur ulang plastik.

Dalam upaya memahami dinamika penerapan teknologi pada sektor daur ulang plastik, diperlukan analisis yang mampu menyoroti faktor internal dan eksternal yang memengaruhi keberhasilan proses adopsi. Analisis SWOT menjadi pendekatan strategis yang relevan untuk mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang dihadapi oleh pelaku usaha, khususnya di tingkat UMKM. Melalui kerangka ini, dapat diketahui sejauh mana kesiapan industri daur ulang dalam menghadapi tantangan pasar sekaligus memanfaatkan peluang dari tren ekonomi hijau dan kebijakan keberlanjutan. **Tabel 3** berikut menyajikan hasil pemetaan faktor-faktor tersebut secara komprehensif, mencerminkan kondisi aktual sekaligus potensi pengembangan adopsi teknologi daur ulang plastik di masa mendatang.

Tabel 3. Analisis SWOT Adopsi Teknologi pada Industri Daur Ulang Plastik

Faktor	Keterangan	Dampak terhadap UMKM
Kekuatan (Strengths)	Dukungan kebijakan pemerintah dan insentif hijau; ketersediaan teknologi daur ulang sederhana dengan biaya rendah	Mempercepat transformasi teknologi dan menekan biaya produksi
Kelemahan (Weaknesses)	Keterbatasan modal investasi, rendahnya keterampilan teknis, dan fluktuasi pasokan limbah plastik	Menghambat efisiensi dan keberlanjutan operasional

Faktor	Keterangan	Dampak terhadap UMKM
Peluang (Opportunities)	Tren pasar hijau, peningkatan permintaan produk ramah lingkungan, dan dukungan regulasi berkelanjutan	Meningkatkan akses pasar dan potensi ekspor produk daur ulang
Ancaman (Threats)	Persaingan dengan produk impor berbiaya rendah, ketidakstabilan harga bahan baku, serta birokrasi bantuan usaha yang panjang	Menurunkan daya saing dan memperlambat inovasi teknologi

Sumber: [21]-[23]

Tabel 3 di atas, menggambarkan analisis SWOT yang mengidentifikasi berbagai faktor internal dan eksternal yang memengaruhi keberhasilan adopsi teknologi dalam industri daur ulang plastik, khususnya pada skala usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Dari sisi kekuatan (strengths), dukungan kebijakan pemerintah dan tersedianya teknologi sederhana dengan biaya rendah menjadi pendorong utama bagi percepatan transformasi teknologi. Kondisi ini memungkinkan pelaku usaha meningkatkan efisiensi proses produksi serta menekan biaya operasional. Sementara itu, kelemahan (weaknesses) utama terletak pada keterbatasan modal investasi dan rendahnya keterampilan teknis tenaga kerja, yang berdampak pada rendahnya efektivitas implementasi teknologi baru.

Dari perspektif peluang (opportunities), meningkatnya kesadaran pasar terhadap produk ramah lingkungan dan dukungan regulasi keberlanjutan menciptakan potensi ekspansi pasar, baik di tingkat lokal maupun global. Faktor ini menjadi pendorong penting bagi pengembangan inovasi dan peningkatan daya saing produk daur ulang. Namun demikian, ancaman (threats) eksternal masih cukup signifikan, seperti persaingan dengan produk impor berbiaya rendah, ketidakstabilan harga bahan baku plastik daur ulang, serta birokrasi yang kompleks dalam mengakses bantuan usaha. Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan bahwa adopsi teknologi dalam industri daur ulang plastik membutuhkan pendekatan strategis berbasis kolaborasi multi-sektor, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, dan dukungan kebijakan yang konsisten agar potensi inovasi dapat diwujudkan secara optimal dan berkelanjutan.

5. Dampak Inovasi terhadap Efisiensi dan Profitabilitas

Inovasi teknologi daur ulang plastik merupakan elemen fundamental dalam upaya menciptakan efisiensi produksi sekaligus meningkatkan profitabilitas usaha mikro [24]. Secara konseptual, daur ulang plastik dapat didefinisikan sebagai serangkaian proses untuk mengolah limbah plastik pasca konsumsi maupun pasca produksi menjadi bahan baru yang dapat digunakan kembali sebagai bahan baku. Teknologi yang digunakan dalam daur ulang plastik berkembang dari metode sederhana berbasis manual hingga teknologi modern berbasis digital dan kimiawi. Pemahaman mengenai konsep dasar ini menjadi penting karena menentukan bagaimana usaha mikro dapat mengintegrasikan inovasi sesuai kapasitasnya, tanpa kehilangan orientasi pada keberlanjutan lingkungan dan efisiensi biaya.

Terdapat tiga kategori utama teknologi daur ulang plastic [25]. Pertama, daur ulang mekanis (*mechanical recycling*), yaitu proses pencacahan, pencucian, dan pelelehan plastik menjadi biji plastik baru yang dapat digunakan kembali. Teknologi ini paling umum digunakan oleh usaha mikro karena relatif sederhana dan biaya investasinya lebih rendah. Kedua, daur ulang kimia (*chemical recycling*) yang melibatkan proses depolimerisasi atau pirolisis untuk menguraikan plastik menjadi bahan kimia dasar seperti monomer atau bahan bakar alternatif. Teknologi ini menawarkan produk dengan kualitas lebih tinggi, tetapi membutuhkan modal dan keterampilan teknis yang lebih besar. Ketiga, inovasi digital dan teknologi pintar, seperti penggunaan sensor, IoT, dan kecerdasan buatan untuk mengoptimalkan rantai pasok daur ulang plastik, mulai dari pengumpulan, pemilahan, hingga distribusi.

Pentingnya sub-bab ini terletak pada upaya untuk memberikan pemahaman menyeluruh tentang teknologi yang tersedia dan bagaimana teknologi tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan usaha mikro. Banyak literatur membahas tentang teknologi daur ulang plastik secara makro dalam konteks industri besar, namun kajian yang mengaitkan langsung antara jenis teknologi, efisiensi biaya, dan profitabilitas usaha mikro masih terbatas. Inilah yang menjadi gap analisis utama. Artikel ini mencoba mengisi celah tersebut dengan menyajikan kerangka konseptual yang relevan bagi pelaku usaha mikro,

sehingga mereka dapat memilih teknologi yang sesuai dengan keterbatasan modal, sumber daya manusia, dan kondisi pasar lokal.

Selain itu, pemahaman tentang konsep dasar inovasi teknologi daur ulang plastik juga membantu memperjelas kontribusinya terhadap agenda pembangunan berkelanjutan. Teknologi ini tidak hanya menjadi solusi teknis untuk mengurangi limbah, tetapi juga instrumen bisnis strategis untuk meningkatkan daya saing usaha mikro. Dengan menekankan pada aspek efisiensi operasional, kualitas produk, dan nilai tambah lingkungan, sub-bab ini menegaskan bahwa inovasi teknologi daur ulang plastik bukan sekadar pilihan alternatif, melainkan kebutuhan mendesak untuk menciptakan keseimbangan antara keberlanjutan dan profitabilitas. **Tabel 4** berikut menyajikan perbandingan jenis teknologi daur ulang plastik berdasarkan proses utama, kelebihan, keterbatasan, serta tingkat relevansinya bagi usaha mikro.

Tabel 4. Perbandingan Teknologi Daur Ulang Plastik

Jenis Teknologi	Proses Utama	Kelebihan	Keterbatasan	Potensi untuk Usaha Mikro
Mekanis	Cacah → Cuci → Leleh → Cetak	Biaya rendah, mudah diterapkan	Kualitas produk menurun	Tinggi
Kimiawi	Depolimerisasi, pirolisis	Produk berkualitas tinggi	Investasi besar, teknis kompleks	Rendah–Sedang
Digital/Smart Tech	IoT, AI, sensor pemilahan	Efisiensi rantai pasok, presisi tinggi	Butuh infrastruktur digital	Sedang

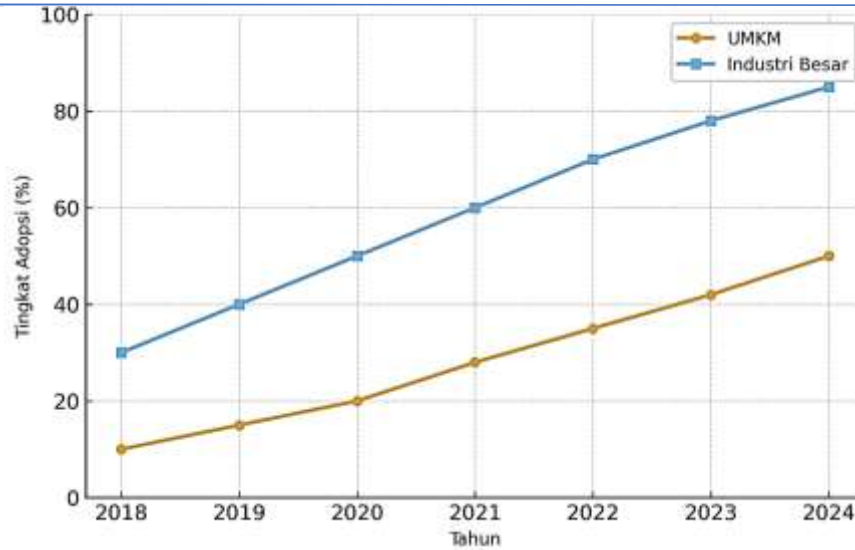
Sumber: [13], [26], [27]

Tabel Perbandingan Teknologi Daur Ulang Plastik menampilkan tiga pendekatan utama yang banyak digunakan dalam pengolahan limbah plastik, yakni mekanis, kimiawi, dan digital/smart technology. Teknologi mekanis merupakan metode paling sederhana dengan tahapan utama berupa pencacahan, pencucian, pelelehan, dan pencetakan ulang plastik. Keunggulan teknologi ini terletak pada biaya operasional yang rendah serta kemudahan penerapannya, sehingga sesuai dengan kapasitas usaha mikro. Kendati demikian, kualitas produk hasil daur ulang mekanis umumnya menurun dibandingkan plastik murni, namun potensi adopsinya oleh usaha mikro tetap tinggi karena dapat dijalankan dengan modal dan keterampilan terbatas.

Berbeda dengan mekanis, teknologi kimiawi menggunakan proses depolimerisasi atau pirolisis untuk mengubah plastik kembali menjadi bahan kimia dasar seperti monomer atau bahan bakar. Produk yang dihasilkan melalui metode ini memiliki kualitas lebih tinggi dan mendekati bahan asli, sehingga nilai jualnya relatif lebih baik. Akan tetapi, teknologi ini membutuhkan investasi yang besar serta keterampilan teknis yang kompleks, sehingga penerapannya di tingkat usaha mikro masih tergolong rendah hingga sedang, kecuali jika tersedia dukungan dari pemerintah maupun lembaga riset.

Sementara itu, teknologi digital atau smart technology memanfaatkan kecerdasan buatan, sensor otomatis, dan Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi rantai pasok daur ulang, khususnya pada aspek pengumpulan, pemilahan, dan distribusi plastik. Kelebihan teknologi ini adalah presisi tinggi dan efisiensi operasional yang lebih optimal. Namun, keterbatasannya terletak pada kebutuhan infrastruktur digital dan investasi perangkat pintar, sehingga potensi adopsinya oleh usaha mikro berada pada kategori sedang, terutama bagi pelaku usaha yang telah terhubung dengan platform digital atau koperasi berbasis teknologi.

Secara keseluruhan, perbandingan tersebut menunjukkan bahwa teknologi mekanis merupakan pilihan paling realistis bagi usaha mikro dalam jangka pendek, sedangkan teknologi kimiawi dan digital dapat menjadi opsi strategis jangka panjang apabila terdapat kolaborasi, dukungan regulasi, dan akses permodalan yang memadai. Grafik berikut memperlihatkan tren perbedaan tingkat adopsi teknologi daur ulang plastik antara UMKM dan industri besar selama periode 2018-2024.



Gambar 1. Perbandingan Tingkat Adopsi Teknologi Daur Ulang Plastik UMKM Vs Industri Besar

Sumber: [8], [25], [27]

Grafik Perbandingan Tingkat Adopsi Teknologi Daur Ulang Plastik oleh UMKM dan Industri Besar menunjukkan adanya kesenjangan yang cukup signifikan antara kedua kelompok pelaku usaha dalam periode 2018–2024. Industri besar secara konsisten mencatat tingkat adopsi yang lebih tinggi, dimulai dari sekitar 30% pada tahun 2018 dan terus meningkat hingga mencapai 85% pada tahun 2024. Hal ini mencerminkan kapasitas modal, akses teknologi, serta dukungan infrastruktur yang lebih baik pada skala industri besar, sehingga memungkinkan mereka untuk lebih cepat mengimplementasikan inovasi daur ulang plastik.

Sebaliknya, adopsi pada sektor UMKM masih menunjukkan tren peningkatan yang lebih lambat. Dari hanya sekitar 10% pada tahun 2018, angka ini meningkat secara bertahap hingga 50% pada tahun 2024. Meskipun pertumbuhan ini menunjukkan progres yang positif, namun kesenjangan dengan industri besar tetap terlihat nyata. Keterbatasan modal, minimnya keterampilan teknis, serta akses terbatas terhadap teknologi modern menjadi faktor utama yang menghambat percepatan adopsi di sektor usaha mikro.

Tren ini menegaskan adanya kebutuhan intervensi strategis berupa dukungan kebijakan, penyediaan insentif, serta kemitraan lintas sektor untuk mempercepat adopsi teknologi daur ulang plastik oleh UMKM. Dengan memperkecil kesenjangan adopsi antara UMKM dan industri besar, potensi efisiensi biaya, peningkatan profitabilitas, serta kontribusi terhadap pengurangan limbah plastik nasional dapat lebih optimal. Dengan demikian, grafik ini tidak hanya menunjukkan perbedaan tingkat adopsi, tetapi juga merefleksikan tantangan dan peluang besar dalam mengembangkan ekosistem daur ulang plastik yang lebih inklusif dan berkelanjutan di Indonesia.

6. Implikasi terhadap Keberlanjutan Sosial dan Lingkungan

Inovasi teknologi daur ulang plastik tidak hanya berdampak pada peningkatan efisiensi biaya dan profitabilitas usaha mikro, tetapi juga memiliki implikasi luas terhadap keberlanjutan sosial dan lingkungan [28]. Dari perspektif lingkungan, penerapan teknologi ini mampu mengurangi jumlah limbah plastik yang masuk ke tempat pembuangan akhir (TPA) maupun yang mencemari ekosistem laut dan sungai. Plastik yang biasanya membutuhkan ratusan tahun untuk terurai dapat diproses kembali menjadi produk yang bermanfaat, sehingga menekan emisi karbon, mengurangi polusi, serta mendukung transisi menuju circular economy.

Lebih jauh, penggunaan plastik daur ulang dalam proses produksi juga berarti menurunkan ketergantungan terhadap bahan baku plastik murni yang berasal dari minyak bumi. Hal ini sejalan dengan

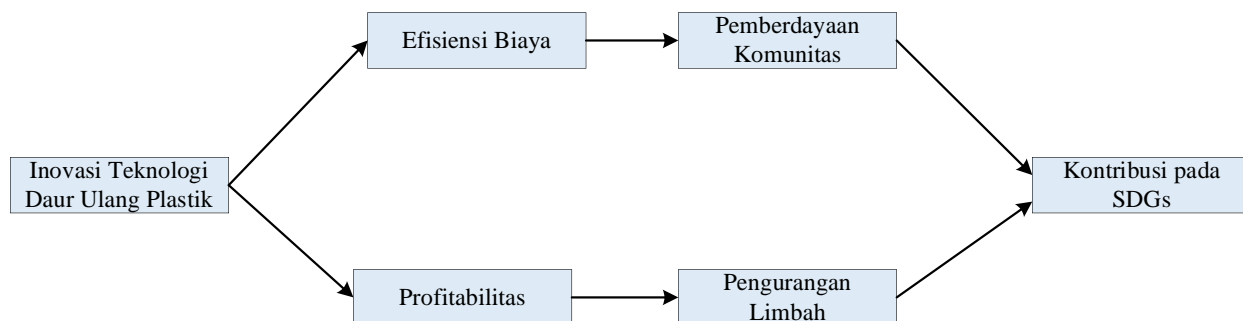
upaya global untuk menekan eksploitasi sumber daya alam tak terbarukan dan memperkuat prinsip konsumsi serta produksi berkelanjutan sebagaimana tertuang dalam Sustainable Development Goals (SDG 12). Selain itu, dengan mengurangi emisi karbon dari proses produksi plastik baru, inovasi daur ulang turut mendukung pencapaian SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim).

Dari perspektif sosial, inovasi daur ulang plastik menciptakan peluang ekonomi baru di tingkat komunitas. Aktivitas pengumpulan, pemilahan, pengolahan, dan distribusi plastik daur ulang dapat membuka lapangan kerja tambahan, terutama bagi masyarakat berpendapatan rendah. Dengan demikian, praktik ini mendukung SDG 1 (Pengentasan Kemiskinan) dan SDG 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi). Keterlibatan komunitas lokal dalam rantai pasok daur ulang plastik juga memperkuat modal sosial melalui peningkatan kesadaran lingkungan, kolaborasi masyarakat, serta terbentuknya koperasi atau kelompok usaha bersama.

Implikasi penting lainnya adalah meningkatnya kesadaran konsumen terhadap produk ramah lingkungan. Adopsi teknologi daur ulang plastik oleh usaha mikro memberikan citra positif yang tidak hanya memperluas pasar, tetapi juga membentuk pola konsumsi yang lebih bertanggung jawab di masyarakat. Dengan demikian, terdapat sinergi antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan yang saling memperkuat.

Namun, terdapat pula tantangan dalam mengoptimalkan implikasi keberlanjutan ini. Salah satunya adalah perlunya standarisasi kualitas produk berbasis plastik daur ulang agar diterima di pasar yang lebih luas. Selain itu, regulasi dan dukungan kebijakan dari pemerintah sangat dibutuhkan untuk memperkuat ekosistem daur ulang, baik melalui insentif fiskal, fasilitas pembiayaan, maupun penyediaan infrastruktur pengolahan limbah. Tanpa intervensi yang memadai, potensi sosial dan lingkungan dari inovasi daur ulang plastik dapat berjalan lambat dan tidak merata di berbagai daerah.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa inovasi teknologi daur ulang plastik memberikan dampak ganda bagi usaha mikro. Di satu sisi, meningkatkan efisiensi dan profitabilitas usaha, dan di sisi lain, memberikan kontribusi nyata terhadap pembangunan berkelanjutan melalui pengurangan limbah, pemberdayaan komunitas, serta pembentukan pasar hijau. Integrasi inovasi ini dalam model bisnis usaha mikro merupakan langkah strategis untuk menciptakan keseimbangan antara keberlanjutan sosial, lingkungan, dan ekonomi di era ekonomi sirkular. Bagan berikut menggambarkan keterkaitan antara inovasi teknologi daur ulang plastik dengan dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan yang saling memperkuat hingga berkontribusi pada pencapaian SDGs.



Gambar 2. Model Konseptual Dampak Inovasi Teknologi Daur Ulang Plastik terhadap Efisiensi dan Keberlanjutan
 Sumber: [13], [29]

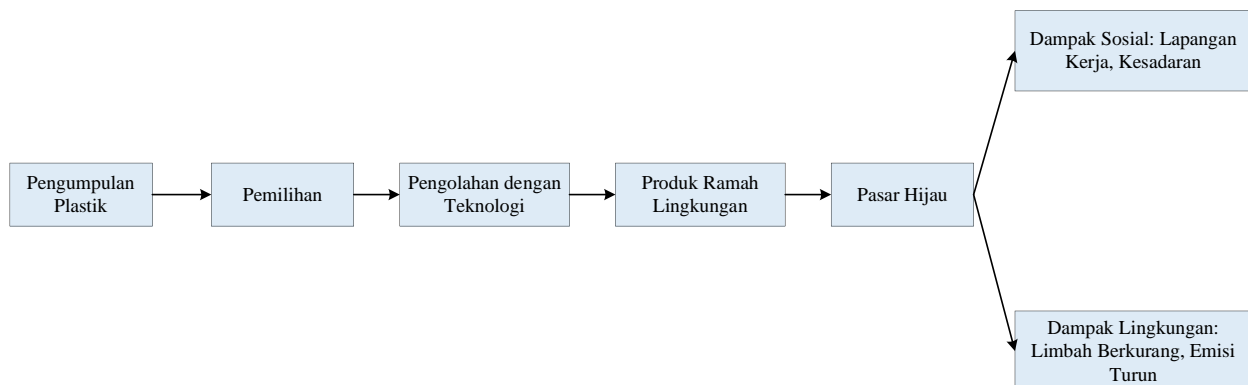
Bagan *Hubungan Dampak* memperlihatkan alur keterkaitan antara inovasi teknologi daur ulang plastik dengan serangkaian implikasi sosial, ekonomi, dan lingkungan yang pada akhirnya bermuara pada pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Proses diawali dengan penerapan inovasi teknologi daur ulang plastik, yang secara langsung berkontribusi terhadap efisiensi biaya dalam kegiatan produksi. Efisiensi ini dicapai melalui penurunan ketergantungan pada bahan baku plastik murni yang mahal serta penghematan energi dalam proses operasional.

Selanjutnya, peningkatan efisiensi biaya tersebut berdampak positif terhadap profitabilitas usaha mikro, di mana margin keuntungan meningkat dan daya saing produk berbasis plastik daur ulang semakin kuat di pasar. Profitabilitas yang lebih baik kemudian membuka ruang bagi pelaku usaha untuk melakukan ekspansi, berinvestasi pada peralatan baru, maupun memperluas jaringan distribusi.

Selain dampak ekonomi, inovasi ini juga memiliki dimensi sosial yang signifikan. Efisiensi biaya dan peningkatan profitabilitas mendorong terbentuknya peluang baru bagi pemberdayaan komunitas, khususnya melalui aktivitas pengumpulan, pemilahan, dan pengolahan plastik yang melibatkan masyarakat lokal. Hal ini tidak hanya meningkatkan pendapatan, tetapi juga memperkuat modal sosial berupa kerja sama komunitas dan peningkatan kesadaran terhadap isu lingkungan.

Pada saat yang sama, adopsi teknologi daur ulang plastik turut berkontribusi terhadap pengurangan limbah yang sebelumnya berpotensi mencemari lingkungan darat maupun laut. Dengan menekan volume limbah plastik yang berakhir di TPA atau ekosistem perairan, inovasi ini berperan penting dalam mengurangi emisi karbon, melestarikan ekosistem, serta mendukung agenda transisi menuju ekonomi sirkular.

Dampak ekonomi melalui profitabilitas, dampak sosial melalui pemberdayaan komunitas, serta dampak lingkungan melalui pengurangan limbah kemudian berpadu dan berkontribusi pada pencapaian berbagai SDGs, antara lain SDG 1 (Pengentasan Kemiskinan), SDG 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi), SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab), dan SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim). Dengan demikian, bagan ini menegaskan bahwa inovasi teknologi daur ulang plastik tidak hanya memberikan manfaat ekonomi, tetapi juga mendorong transformasi sosial dan perlindungan lingkungan secara simultan. Flowchart berikut menggambarkan rantai nilai sosial-lingkungan dari inovasi daur ulang plastik, mulai dari pengumpulan hingga menghasilkan dampak nyata bagi masyarakat dan lingkungan.



Gambar 3. Skema Proses Daur Ulang Plastik dan Kontribusinya terhadap Pembangunan Berkelanjutan.

Sumber: [9], [30]

Flowchart Rantai Nilai Sosial-Lingkungan menggambarkan alur transformasi limbah plastik melalui inovasi teknologi daur ulang hingga menghasilkan dampak nyata bagi masyarakat dan lingkungan. Proses diawali dari pengumpulan plastik, yang dilakukan oleh individu, komunitas, maupun pelaku usaha mikro sebagai langkah awal dalam memanfaatkan limbah yang sebelumnya tidak bernilai ekonomi. Tahapan ini sangat penting karena menentukan ketersediaan bahan baku daur ulang secara berkelanjutan.

Setelah dikumpulkan, plastik masuk ke tahap pemilahan untuk memisahkan jenis plastik sesuai kualitas, warna, dan potensi pengolahan. Pemilahan yang tepat akan meningkatkan efisiensi proses daur ulang berikutnya serta menentukan kualitas produk akhir. Tahap ini juga dapat membuka peluang kerja tambahan di tingkat lokal, terutama melalui sistem koperasi atau kelompok masyarakat yang terlibat langsung dalam rantai pasok daur ulang.

Tahap berikutnya adalah pengolahan dengan teknologi, baik melalui metode mekanis, kimiawi, maupun berbasis digital/smart tech. Inovasi pada tahap ini bertujuan meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi biaya, serta menghasilkan material daur ulang dengan kualitas yang lebih baik. Dari proses tersebut, dihasilkan produk ramah lingkungan yang siap dipasarkan, mulai dari bahan baku plastik daur ulang hingga produk jadi seperti peralatan rumah tangga, kemasan, atau furnitur.

Produk tersebut kemudian memasuki pasar hijau, yaitu pasar yang semakin berkembang seiring meningkatnya kesadaran konsumen terhadap isu keberlanjutan. Pemasaran di pasar hijau tidak hanya memperluas jangkauan distribusi, tetapi juga meningkatkan nilai tambah produk berbasis daur ulang karena adanya preferensi konsumen terhadap produk berlabel ramah lingkungan.

Dari rantai nilai ini, tercipta dua dampak utama. Pertama, dampak sosial berupa penciptaan lapangan kerja baru, peningkatan pendapatan masyarakat, serta tumbuhnya kesadaran kolektif terhadap pentingnya pengelolaan limbah plastik. Kedua, dampak lingkungan berupa berkurangnya limbah plastik yang mencemari darat dan laut, serta penurunan emisi karbon karena berkurangnya kebutuhan produksi plastik murni dari minyak bumi. Kedua dampak tersebut saling melengkapi dalam memperkuat keberlanjutan sosial-lingkungan sekaligus mendukung pencapaian target Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi), SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab), dan SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim). Dengan demikian, flowchart ini menegaskan bahwa inovasi teknologi daur ulang plastik bukan hanya strategi bisnis untuk meningkatkan profitabilitas, tetapi juga sebuah mekanisme strategis dalam membangun ekosistem yang berkelanjutan dan inklusif.

6. Rekomendasi Strategis dan Peran Kebijakan

Pengembangan inovasi teknologi daur ulang plastik pada usaha mikro tidak dapat berjalan optimal tanpa dukungan ekosistem yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Peran pemerintah menjadi faktor kunci dalam membangun iklim yang kondusif, antara lain melalui penyediaan insentif fiskal berupa keringanan pajak, subsidi energi, dan akses pembiayaan murah yang mendorong investasi teknologi daur ulang. Selain itu, regulasi yang mendukung, seperti penerapan standar produk, kewajiban penggunaan plastik daur ulang, dan kebijakan *extended producer responsibility (EPR)*, diperlukan untuk memperkuat pasar. Tidak kalah penting, pemerintah juga berperan dalam menyediakan infrastruktur dasar berupa bank sampah, pusat pengolahan terpadu, dan laboratorium uji kualitas yang dapat diakses oleh pelaku UMKM.

Di sisi lain, UMKM sebagai aktor utama harus meningkatkan kapasitas internalnya dengan mengadopsi teknologi daur ulang yang sesuai dengan kemampuan modal dan keterampilan. Langkah ini dapat dilengkapi dengan penerapan sistem manajemen produksi yang lebih efisien, seperti *lean production*, sehingga biaya operasional dapat ditekan. UMKM juga perlu memanfaatkan platform digital dan mengupayakan sertifikasi ramah lingkungan agar produk berbasis daur ulang memiliki daya saing lebih tinggi di pasar hijau.

Peran lembaga riset dan desainer sangat krusial dalam menguatkan inovasi, baik melalui pengembangan teknologi daur ulang yang hemat energi dan terjangkau, maupun melalui penciptaan desain produk inovatif yang tidak hanya fungsional tetapi juga memiliki nilai estetika dan daya jual tinggi. Alih teknologi dan pendampingan yang dilakukan melalui riset terapan, workshop, serta inkubasi bisnis berbasis teknologi dapat mempercepat transformasi UMKM dalam mengadopsi inovasi.

Selain itu, asosiasi industri dan lembaga swadaya masyarakat (LSM) juga memiliki kontribusi penting dalam memperkuat ekosistem. Mereka dapat memberikan pendampingan teknis untuk meningkatkan kapasitas produksi UMKM, melakukan advokasi kebijakan untuk memastikan adanya perlindungan pasar serta regulasi yang berpihak pada pelaku usaha kecil, serta memfasilitasi proses sertifikasi ramah lingkungan. Dengan adanya sertifikasi ini, produk berbasis daur ulang akan memiliki legitimasi yang lebih kuat di mata konsumen.

Secara keseluruhan, kolaborasi lintas aktor antara pemerintah, UMKM, lembaga riset, desainer, asosiasi, dan LSM membentuk model ekosistem yang saling mendukung. Pemerintah menyediakan kebijakan dan infrastruktur, UMKM berfokus pada adopsi teknologi, lembaga riset dan desainer mendorong inovasi, sementara asosiasi dan LSM memperkuat pendampingan serta legitimasi pasar. Kolaborasi ini

diharapkan dapat mempercepat transformasi industri daur ulang plastik berbasis usaha mikro menuju model bisnis yang lebih berkelanjutan dan kompetitif di era ekonomi sirkular.

7. Kesimpulan

Inovasi teknologi daur ulang plastik memiliki peran strategis dalam mendorong efisiensi operasional dan profitabilitas usaha mikro, sekaligus memberikan kontribusi nyata terhadap agenda pembangunan berkelanjutan. Dari kajian literatur yang telah dipaparkan, terlihat bahwa teknologi daur ulang plastik—baik mekanis, kimiawi, maupun berbasis digital—memberikan peluang besar bagi UMKM untuk menekan biaya produksi, memanfaatkan kembali limbah plastik sebagai bahan baku alternatif, serta menghasilkan produk ramah lingkungan dengan nilai tambah tinggi. Meskipun terdapat perbedaan tingkat adopsi antara UMKM dan industri besar, tren menunjukkan peningkatan signifikan pada sektor usaha kecil, yang menandakan adanya potensi besar bila didukung dengan kebijakan dan infrastruktur yang memadai.

Implikasi dari inovasi ini tidak hanya terbatas pada aspek ekonomi, tetapi juga meluas pada dimensi sosial dan lingkungan. Secara sosial, teknologi daur ulang mampu menciptakan lapangan kerja baru, meningkatkan pendapatan masyarakat, serta memperkuat kesadaran kolektif terhadap pengelolaan limbah plastik. Secara lingkungan, praktik daur ulang berkontribusi pada pengurangan limbah yang berakhir di TPA atau ekosistem laut, menurunkan emisi karbon dari produksi plastik murni, serta mempercepat transisi menuju ekonomi sirkular. Dengan demikian, inovasi ini mendukung pencapaian berbagai *Sustainable Development Goals (SDGs)*, terutama SDG 8 (pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi), SDG 12 (konsumsi dan produksi berkelanjutan), dan SDG 13 (penanganan perubahan iklim).

Namun, optimalisasi potensi inovasi daur ulang plastik pada UMKM masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti keterbatasan modal, keterampilan teknis, dan akses terhadap pasar hijau. Oleh karena itu, diperlukan dukungan lintas aktor yang saling melengkapi. Pemerintah berperan menyediakan insentif fiskal, regulasi, dan infrastruktur pendukung; UMKM perlu meningkatkan kapasitas produksi dan mengadopsi teknologi yang sesuai; lembaga riset serta desainer berkontribusi melalui pengembangan teknologi inovatif dan desain produk bernilai tambah; sementara asosiasi dan LSM memainkan peran penting dalam advokasi, pendampingan, serta sertifikasi ramah lingkungan. Model kolaborasi semacam ini diyakini mampu mempercepat transformasi ekosistem daur ulang plastik menjadi lebih inklusif dan berkelanjutan.

Untuk memperkuat keberlanjutan inovasi ini, penelitian lanjutan disarankan guna mengeksplorasi strategi penerapan teknologi berbiaya rendah yang sesuai dengan kapasitas UMKM di berbagai konteks lokal. Selain itu, penguatan kebijakan pemerintah serta sinergi antara sektor publik, swasta, akademisi, dan komunitas menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa daur ulang plastik tidak hanya menjadi solusi ekonomi, tetapi juga instrumen strategis dalam menjaga kelestarian lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan sosial. Dengan demikian, inovasi teknologi daur ulang plastik dapat diposisikan sebagai pilar utama dalam membangun ekosistem usaha mikro yang berdaya saing, berkeadilan, dan berkelanjutan di era ekonomi hijau.

8. Referensi

- [1] F. Hanum *et al.*, “Strategi Ekspansi Usaha UMKM dengan Pendekatan Metoda Hybrid SWOT Analisis dan AHP,” *J. Serambi Eng.*, vol. VIII, no. 1, pp. 4991–4999, 2023, [Online]. Available: <https://ojs.serambimekkah.ac.id/index.php/jse/article/view/5675>
- [2] Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia, “Pemerintah Dorong UMKM Naik Kelas, Tingkatkan Kontribusi terhadap Ekspor Indonesia.” [Online]. Available: https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/6152/pemerintah-dorong-umkm-naik-kelas-tingkatkan-kontribusi-terhadap-ekspor-indonesia?utm_source=chatgpt.com
- [3] I. Jalil, M. Malahayati, S. Yana, H. Heriyana, I. Ilyas, and R. Nengsih, “Optimalisasi Proses Bisnis UMKM Kerajinan Gerabah melalui Sinergi Inovasi Pemasaran dan Manajemen Risiko Terstruktur,” *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [4] 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.
- [5] J. van Leeuwen and I. R. F. Surya, “Network power and exclusion of informal waste pickers when plastic flows change: A case study of community waste banks in Klaten Municipality in Indonesia,” *Mar. Policy*, vol. 167, p. 106285, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106285>.
- [6] S. Heinonen, J. Ruotsalainen, and J. Karjalainen, “Energy Futures 2050,” *Turku Finl. Futur. Res. Cent.*, 2017.
- [7] 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.
- [8] S. Ikhbar, N. Nelly, M. Maksalmina, C. Amni, A. Arsyad, and A. A. Fansuri, “Strategi Pengelolaan Operasional untuk Meningkatkan Keuntungan dan Mengurangi Pengeluaran dalam Industri Daur Ulang Plastik,” *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [9] 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.
- [10] Juwita *et al.*, “Peluang Ekspansi Energi Terbarukan Biomassa dengan Analisis SWOT,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 4947–4956, 2023.
- [11] M. Maryam, R. Nengsih, T. Makmur, S. Susanti, A. Arsyad, and A. R. Rahmi, “Meningkatkan Profitabilitas UMKM Pengrajin Gerabah dengan Efisiensi Keuangan dan Optimalisasi Produksi,” *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [12] M. Marlina, T. M. H. A. H. Almuqaramah, C. R. Rusmina, R. Rahmi, and M. Zidane, “Analisis Profitabilitas dan Efisiensi Operasional pada Industri Perikanan Skala Kecil di Indonesia,” *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 3, 2025.
- [13] 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.
- [14] P. Mauliza *et al.*, “Kendala Pemenuhan Suplai dan Permintaan Energi Terbarukan Biomassa Indonesia,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [15] A. Schade, M. Melzer, S. Zimmermann, T. Schwarz, K. Stoewe, and H. Kuhn, “Plastic waste recycling— A chemical recycling perspective,” *ACS Sustain. Chem. Eng.*, vol. 12, no. 33, pp. 12270–12288, 2024.
- [16] UNEP, “Plastic Pollution.” [Online]. Available: https://www.unep.org/plastic-pollution?utm_source=chatgpt.com
- [17] OECD, *Improving Plastics Management: Trends, Policy Responses, and the Role of International Co-operation and Trade*, vol. 60, no. 1. 2022.
- [18] WWF Indonesia, “Rekomendasi Kebijakan Konten Daur Ulang Di Indonesia,” 2025, [Online]. Available: https://plasticsmartcities.wwf.id/storage/user_uploads/9bbb1a4f398155875a796ffab629b1ff.pdf
- [19] A. Paletta, W. Leal Filho, A.-L. Balogun, E. Foschi, and A. Bonoli, “Barriers and challenges to plastics valorisation in the context of a circular economy: Case studies from Italy,” *J. Clean. Prod.*, vol. 241, p. 118149, 2019.
- [20] C. Rusmina, M. Mawardi, M. Bakri, S. Susanti, R. Radhiana, and C. A. Surayya, “Meningkatkan Daya Saing UMKM melalui Penerapan Just-in-Time dan Teknologi Sederhana,” *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [21] OECD, “Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options,” *Glob. Plast. Outlook*, p. 201, 2022, [Online]. Available: https://www.oecd-ilibrary.org/environment/global-plastics-outlook_de747aef-en
- [22] UNIDO, “Development of recycling industries within the UNIDO circular economy approach,” *United Nations Ind. Dev. Organ.*, p. 33, 2019, [Online]. Available: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-07/Development of recycling industries within the UNIDO circular economy approach.pdf>

-
- [23] Kementerian PPN/Bappenas, “Peta Jalan dan Rencana Aksi Ekonomi Sirkular Indonesia,” 2025.
- [24] C. I. P. Martínez and A. C. Poveda, “Strategies to improve sustainability: an analysis of 120 microenterprises in an emerging economy,” *Glob. Sustain.*, vol. 5, p. e3, 2022.
- [25] K. Ragaert, L. Delva, and K. Van Geem, “Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste,” *Waste Manag.*, vol. 69, pp. 24–58, 2017.
- [26] C. Lubongo, M. A. A. Bin Daej, and P. Alexandridis, “Recent developments in technology for sorting plastic for recycling: The emergence of artificial intelligence and the rise of the robots,” *Recycling*, vol. 9, no. 4, p. 59, 2024.
- [27] V. Skvarciany, I. Lapinskaitė, and G. Volskytė, “Circular economy as assistance for sustainable development in OECD countries,” 2021.
- [28] A. Gaşior, J. Grabowski, J. Ropega, and A. Walecka, “Creating a competitive advantage for micro and small enterprises based on eco-innovation as a determinant of the energy efficiency of the economy,” *Energies*, vol. 15, no. 19, p. 6965, 2022.
- [29] V. Skvarciany, I. Lapinskaite, and G. Volskyte, “Circular economy as assistance for sustainable development in OECD countries. *Oeconomia Copernicana*, 12 (1), 11–34.” 2021.
- [30] T. Zuofa, E. G. Ochieng, and I. Ode-Ichakpa, “An evaluation of determinants influencing the adoption of circular economy principles in Nigerian construction SMEs,” *Build. Res. Inf.*, vol. 51, no. 1, pp. 69–84, 2023.