

Optimalisasi Efisiensi Operasional Melalui Inovasi Proses di Industri Daur Ulang Plastik UMKM

Rahmi¹, Mahdi^{2*}, Syaifuddin Yana³, Jen Surya⁴, Alfian Nurhadi⁵

^{1,2,4,5}Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah – Banda Aceh

³Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah – Banda Aceh

*Koresponden email: mahdi@serambimekkah.ac.id

Diterima: 01 Oktober 2025

Disetujui: 10 Oktober 2025

Abstract

This article examines the role of process innovation in improving operational efficiency within the plastic recycling industry, particularly among small and medium enterprises (SMEs). Operational efficiency serves as a key factor in ensuring both sustainability and profitability amid growing environmental concerns and the global shift toward a circular economy. Through an extensive literature review of international sources, this study highlights how the adoption of technologies such as sensor-based automatic sorting systems, energy-efficient washing, the Internet of Things (IoT), and supply chain digitalization can reduce production costs, enhance product quality, and increase production capacity. However, findings also indicate that several challenges persist, including limited investment capital, low technological literacy, infrastructural disparities, and regulatory uncertainty. Therefore, the success of process innovation in the recycling industry depends heavily on collaborative support from governments, research institutions, industry associations, and NGOs. This paper contributes both theoretically and practically by proposing a conceptual framework that links process innovation, operational efficiency, and sustainability, serving as a foundation for strengthening SMEs toward an inclusive and competitive green industry.

Keywords: *process innovation, operational efficiency, plastic recycling, smes, circular economy*

Abstrak

Artikel ini membahas peran inovasi proses dalam meningkatkan efisiensi operasional pada industri daur ulang plastik, khususnya di sektor UMKM. Efisiensi operasional menjadi faktor kunci untuk memastikan keberlanjutan dan profitabilitas di tengah meningkatnya tekanan terhadap isu lingkungan dan tuntutan ekonomi sirkular. Melalui tinjauan literatur dari berbagai sumber internasional, penelitian ini menyoroti bagaimana penerapan teknologi seperti sistem pemilahan otomatis berbasis sensor, pencucian hemat energi, Internet of Things (IoT), serta digitalisasi rantai pasok mampu menurunkan biaya produksi, meningkatkan kualitas produk, dan memperbesar kapasitas produksi. Namun, hasil analisis juga menunjukkan bahwa implementasi inovasi ini masih menghadapi tantangan, terutama keterbatasan modal, rendahnya literasi teknologi, kesenjangan infrastruktur, serta ketidakpastian regulasi. Oleh karena itu, keberhasilan transformasi industri daur ulang plastik bergantung pada dukungan kolaboratif antara pemerintah, lembaga riset, asosiasi industri, dan LSM. Kajian ini memberikan kontribusi teoretis dan praktis dengan menawarkan kerangka konseptual yang menghubungkan inovasi proses, efisiensi operasional, dan keberlanjutan, sekaligus menjadi dasar bagi strategi penguatan UMKM menuju industri hijau yang inklusif dan berdaya saing.

Kata kunci: *inovasi proses, efisiensi operasional, daur ulang plastik, umkm, ekonomi sirkular*

1. Pendahuluan

Efisiensi operasional merupakan salah satu pilar utama dalam menjaga keberlanjutan dan profitabilitas industri daur ulang plastik [1], [2]. Industri ini berperan penting dalam mengurangi volume limbah plastik yang terus meningkat, sekaligus membuka peluang ekonomi baru melalui penciptaan produk bernilai tambah [3]. Dalam konteks global, meningkatnya kesadaran terhadap

isu lingkungan, transisi menuju ekonomi sirkular, serta agenda pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs) menuntut adanya inovasi yang mampu meningkatkan kinerja industri daur ulang. Bagi negara berkembang seperti Indonesia, peran industri daur ulang plastik bahkan lebih signifikan karena dapat menjawab dua persoalan mendasar sekaligus: permasalahan lingkungan akibat akumulasi limbah plastik dan kebutuhan penguatan sektor UMKM yang menjadi tulang punggung ekonomi nasional [4].

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan pasar terhadap produk ramah lingkungan, efisiensi operasional menjadi semakin mendesak [5]. Hal ini tidak hanya terkait dengan upaya menekan biaya produksi, melainkan juga dalam meningkatkan kualitas produk agar mampu bersaing di pasar domestik maupun global [6]. Efisiensi dalam proses operasional memungkinkan industri daur ulang plastik untuk menghasilkan produk dengan kualitas seragam, tingkat kebersihan yang lebih tinggi, serta daya tahan yang lebih baik, sehingga dapat memenuhi standar industri yang berlaku [7]. Lebih jauh, efisiensi juga memungkinkan perusahaan untuk memperpendek waktu produksi, mengurangi konsumsi energi, serta mengoptimalkan penggunaan bahan baku. Semua faktor ini pada akhirnya dapat memperkuat profitabilitas sekaligus memperbesar kontribusi industri daur ulang terhadap upaya pengurangan dampak lingkungan [8].

Dalam praktiknya, efisiensi operasional di industri daur ulang plastik sering kali diwujudkan melalui inovasi proses. Inovasi ini mencakup berbagai aspek, mulai dari penggunaan teknologi pemilahan otomatis berbasis sensor, penerapan sistem lean production, digitalisasi rantai pasok, hingga penggunaan teknologi energi terbarukan dalam operasional pabrik [9]. Melalui inovasi proses, industri tidak hanya dapat meningkatkan produktivitas dan menurunkan biaya, tetapi juga mampu menciptakan model bisnis baru yang lebih berkelanjutan. Sebagai contoh, digitalisasi sistem pengumpulan limbah plastik memungkinkan efisiensi logistik, sementara pemanfaatan IoT (Internet of Things) dalam pemantauan mesin produksi dapat menekan biaya perawatan dan mengurangi potensi kerusakan peralatan.

Namun demikian, tantangan besar masih dihadapi terutama oleh pelaku UMKM dalam sektor ini. Keterbatasan modal investasi awal, rendahnya literasi teknologi, dan minimnya keterampilan teknis menjadi penghambat utama adopsi inovasi proses. Selain itu, kesenjangan infrastruktur antara kota besar dan daerah pinggiran juga menimbulkan disparitas dalam penerapan efisiensi operasional. Di sisi lain, meskipun inovasi proses menawarkan banyak manfaat, tidak semua teknologi yang tersedia dapat langsung diadopsi oleh UMKM. Tingginya biaya investasi serta ketidakpastian pasar sering kali membuat mereka ragu untuk melakukan transformasi operasional. Kondisi ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan mendasar antara potensi inovasi yang ditawarkan oleh literatur atau riset, dengan kenyataan di lapangan yang dihadapi oleh pelaku usaha kecil.

Literatur yang ada saat ini cenderung lebih menekankan pada aspek teknis dan lingkungan dari inovasi proses dalam industri daur ulang plastik, seperti peningkatan kapasitas produksi, penurunan emisi, atau efisiensi energy [10]. Meskipun aspek ini sangat penting, masih terdapat kekurangan dalam analisis yang menyoroti hubungan langsung antara inovasi proses dengan efisiensi operasional dan profitabilitas, khususnya pada skala usaha kecil dan menengah. Padahal, keterkaitan tersebut memiliki implikasi besar terhadap keberlanjutan industri, baik dari sisi bisnis maupun sosial. Dalam konteks ini, diperlukan kajian literatur yang mampu menjembatani gap antara aspek teknis dengan dimensi manajerial, sehingga tercipta pemahaman yang lebih komprehensif mengenai peran inovasi proses dalam optimalisasi efisiensi operasional.

Oleh karena itu, artikel ini berusaha untuk memberikan kontribusi dengan mengulas secara kritis peran inovasi proses dalam meningkatkan efisiensi operasional di industri daur ulang plastik, terutama pada skala UMKM. Gap analisis yang diidentifikasi adalah kurangnya kajian literatur yang mengintegrasikan dimensi teknis dan manajerial, khususnya hubungan inovasi proses dengan profitabilitas usaha. Artikel ini memberikan kontribusi keilmuan dengan menawarkan perspektif baru yang menekankan pentingnya inovasi proses tidak hanya sebagai instrumen teknis, tetapi juga sebagai strategi bisnis untuk memperkuat daya saing dan keberlanjutan industri. Adapun hasil yang diharapkan dari kajian ini adalah terciptanya pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai

strategi optimalisasi efisiensi operasional melalui inovasi proses, sekaligus memberikan rekomendasi praktis bagi pelaku industri, pembuat kebijakan, serta peneliti dalam memperkuat ekosistem daur ulang plastik yang inklusif dan berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode Systematic Literature Review (SLR) untuk menganalisis peran inovasi proses dalam meningkatkan efisiensi operasional pada industri daur ulang plastik, khususnya di sektor usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan pemahaman komprehensif terhadap hubungan antara inovasi teknologi, efisiensi operasional, dan keberlanjutan industri melalui telaah berbagai literatur ilmiah dan kebijakan yang relevan.

Data penelitian diperoleh dari sumber-sumber literatur nasional dan internasional, termasuk publikasi ilmiah, laporan lembaga internasional, serta dokumen kebijakan pemerintah. Sumber utama meliputi OECD (2021) mengenai pembiayaan usaha kecil dan inovasi industri, UNIDO (2020) tentang ekonomi sirkular plastik, IFC (2020) terkait pembiayaan hijau di kawasan ASEAN, dan UNEP (2020) mengenai konsumsi dan produksi berkelanjutan. Selain itu, digunakan pula sumber akademik dari jurnal bereputasi seperti *Journal of Cleaner Production*, *Sustainability*, dan *Environmental Science and Pollution Research* yang membahas efisiensi energi, digitalisasi rantai pasok, serta teknologi inovatif dalam industri daur ulang.

Proses penelitian dilakukan melalui tiga tahapan utama:

1. Identifikasi dan seleksi literatur, yaitu penyaringan sumber berdasarkan relevansi, kualitas ilmiah, dan kontribusinya terhadap topik efisiensi operasional dan inovasi proses dalam industri daur ulang plastik.
2. Klasifikasi tematik, yakni pengelompokan literatur ke dalam empat fokus utama: (a) inovasi proses dan teknologi, (b) efisiensi operasional dan biaya, (c) tantangan implementasi pada UMKM, dan (d) kolaborasi lintas aktor pendukung.
3. Sintesis dan triangulasi data, yaitu pengintegrasian temuan dari berbagai sumber untuk membangun kerangka konseptual yang menjelaskan hubungan antara inovasi proses, efisiensi operasional, dan keberlanjutan industri.

Analisis dilakukan dengan pendekatan tematik komparatif, yaitu membandingkan hasil-hasil penelitian terdahulu untuk menemukan pola keterkaitan antara adopsi inovasi dan peningkatan efisiensi. Proses sintesis juga mencakup validasi silang antar sumber (triangulasi) guna memastikan keabsahan hasil analisis dan mengurangi bias interpretatif.

Untuk memperkuat sistematika kajian, hasil telaah literatur disajikan dalam bentuk tabel pemetaan yang mencakup sumber referensi, fokus temuan utama, dan relevansi terhadap kerangka penelitian. Visualisasi tambahan berupa *flowchart* dan tabel perbandingan efisiensi digunakan untuk menggambarkan tahapan inovasi proses serta dampaknya terhadap indikator kinerja industri, seperti penghematan energi, penurunan biaya produksi, dan peningkatan output.

Metode ini memungkinkan penelitian untuk menggambarkan secara mendalam bagaimana inovasi proses dapat diadopsi oleh pelaku UMKM dalam menghadapi keterbatasan sumber daya dan infrastruktur. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi teoritis terhadap pengembangan literatur ekonomi sirkular, tetapi juga menawarkan rekomendasi praktis bagi pemerintah, lembaga riset, dan pelaku industri dalam mendorong transformasi menuju industri daur ulang plastik yang efisien dan berkelanjutan.

Tabel 1. Sumber Literatur dan Peran dalam Penelitian

Sumber Literatur	Tahun	Peran dalam Penelitian
OECD. Financing SMEs and Entrepreneurs: An OECD Scoreboard.	2021	Sebagai dasar pemahaman pembiayaan dan strategi inovasi proses pada usaha kecil dan menengah di sektor daur ulang.
UNIDO. Circular Economy for Plastics: Current Practices and Future Perspectives.	2020	Memberikan gambaran praktik ekonomi sirkular dalam industri plastik serta potensi efisiensi melalui inovasi proses.

Sumber Literatur	Tahun	Peran dalam Penelitian
IFC – International Finance Corporation. Green Finance Opportunities in ASEAN.	2020	Menyajikan peluang pembiayaan hijau yang dapat mendukung efisiensi dan inovasi proses dalam industri daur ulang.
UNEP. Sustainable Consumption and Production: Global Outlook on Plastics.	2020	Menjadi rujukan utama dalam mengkaji konsumsi dan produksi berkelanjutan serta dampaknya terhadap efisiensi industri.
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. Peta Jalan Industri Daur Ulang Plastik Nasional 2023–2030.	2023	Menjadi panduan kebijakan nasional dalam pengembangan efisiensi proses produksi di sektor industri daur ulang plastik.
Ghosh, S. K., & Maiti, S. Process Innovation and Efficiency Improvement in Green Startups: A Review. Journal of Cleaner Production.	2021	Memberikan dasar teoretis mengenai inovasi proses dan peningkatan efisiensi pada perusahaan berbasis lingkungan.
Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. Plastics Recycling: Challenges and Opportunities.	2009	Menjelaskan tantangan dan peluang dalam penerapan teknologi daur ulang plastik untuk meningkatkan efisiensi operasional.
World Bank. Technology and Innovation for Circular Economy in Developing Countries.	2022	Menyoroti hubungan antara inovasi teknologi dan keberlanjutan ekonomi di negara berkembang.

3. Inovasi Proses Produksi

Inovasi proses produksi dalam industri daur ulang plastik merupakan langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi, menekan biaya, dan menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah [10]. Proses produksi daur ulang plastik tidak hanya mencakup kegiatan pemilahan dan pencucian, tetapi juga melibatkan tahapan pencacahan, peleburan, serta pembentukan kembali material menjadi produk baru. Pada setiap tahapan ini, inovasi berperan penting untuk memperbaiki kualitas output dan meminimalkan penggunaan energi maupun bahan baku.

Salah satu bentuk inovasi adalah penerapan teknologi pemilahan otomatis berbasis sensor yang mampu membedakan jenis plastik secara lebih presisi dibanding metode manual. Inovasi ini terbukti dapat mengurangi tingkat kesalahan pemilahan hingga 40%, yang berimplikasi langsung pada peningkatan kualitas bahan baku daur ulang. Selain itu, integrasi teknologi pencucian hemat energi mampu mengurangi konsumsi air dan energi hingga 25%, sehingga mendukung efisiensi biaya sekaligus aspek keberlanjutan lingkungan.

Lebih jauh, penggunaan Internet of Things (IoT) dalam pemantauan mesin produksi membuka peluang besar bagi industri daur ulang plastik untuk melakukan pemeliharaan prediktif. Dengan sensor yang terhubung secara digital, perusahaan dapat mendeteksi potensi kerusakan mesin lebih awal, mengurangi waktu henti (downtime), serta menekan biaya perbaikan. Selain itu, penerapan prinsip lean manufacturing juga terbukti efektif dalam mengurangi pemborosan di sepanjang rantai produksi, mulai dari logistik bahan baku hingga distribusi produk akhir [11].

Namun, meskipun inovasi proses produksi menawarkan potensi efisiensi yang besar, tantangan adopsi masih cukup tinggi, terutama di kalangan UMKM. Biaya investasi teknologi, keterbatasan akses terhadap pelatihan teknis, serta minimnya literasi digital menjadi faktor penghambat. Oleh karena itu, kolaborasi dengan pemerintah, lembaga riset, dan asosiasi industri sangat diperlukan agar inovasi dapat diakses secara lebih merata.

Secara keseluruhan, inovasi proses produksi bukan hanya alat untuk meningkatkan efisiensi, tetapi juga instrumen penting untuk memperkuat daya saing, mengurangi dampak lingkungan, dan menciptakan nilai ekonomi baru dari limbah plastik.

Tabel 2 berikut menyajikan perbandingan efisiensi produksi sebelum dan sesudah penerapan inovasi proses pada industri daur ulang plastik, dengan menyoroti perubahan signifikan pada konsumsi energi, biaya produksi, tingkat kesalahan pemilahan, volume output, dan kualitas produk.

Tabel 2. Perbandingan Efisiensi Produksi Sebelum dan Sesudah Inovasi

Indikator	Sebelum Inovasi	Sesudah Inovasi
Konsumsi Energi	100%	75% (hemat 25%)
Biaya Produksi	100%	80% (hemat 20%)
Kesalahan Pemilahan	10%	6% (turun 40%)
Volume Output	100%	130% (naik 30%)
Kualitas Produk	Standar rendah–sedang	Standar tinggi, seragam

Sumber: [12], [13]

Tabel 2 menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada berbagai aspek efisiensi produksi setelah penerapan inovasi proses dalam industri daur ulang plastik. Dari sisi konsumsi energi, terjadi penghematan hingga 25%, yang menunjukkan bahwa penggunaan teknologi hemat energi dan optimasi proses mampu menurunkan kebutuhan daya tanpa mengurangi produktivitas. Hal ini juga berdampak langsung pada pengurangan biaya operasional serta emisi karbon yang dihasilkan.

Pada aspek biaya produksi, terdapat penurunan sebesar 20% setelah inovasi dilakukan. Efisiensi ini dicapai melalui digitalisasi rantai pasok, pengurangan limbah residu, serta pemanfaatan teknologi pemeliharaan mesin berbasis sensor. Dengan demikian, inovasi tidak hanya mengurangi pemborosan sumber daya, tetapi juga meningkatkan margin keuntungan perusahaan. Dari segi kesalahan pemilahan, terjadi penurunan 40%, yakni dari 10% menjadi 6%. Hal ini disebabkan oleh penerapan sistem pemilahan otomatis berbasis sensor yang lebih akurat dibanding metode manual. Peningkatan presisi dalam pemilahan berimplikasi langsung terhadap kualitas bahan baku yang dihasilkan.

Sementara itu, volume output meningkat 30% setelah inovasi, menandakan bahwa kapasitas produksi dapat ditingkatkan meskipun menggunakan sumber daya yang relatif sama. Kenaikan ini sejalan dengan penerapan prinsip lean manufacturing yang berfokus pada pengurangan waktu siklus produksi. Akhirnya, kualitas produk juga mengalami peningkatan, dari standar rendah–sedang menjadi lebih seragam dan memenuhi standar tinggi. Hal ini penting karena kualitas yang konsisten merupakan faktor utama untuk menembus pasar domestik maupun global yang semakin kompetitif. Secara keseluruhan, tabel ini menegaskan bahwa inovasi proses produksi dalam industri daur ulang plastik tidak hanya memberikan keuntungan finansial, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan melalui efisiensi energi dan pengurangan limbah.

Ilustrasi berikut menunjukkan perbandingan antara teknologi tradisional dan teknologi berbasis inovasi dalam proses daur ulang plastik. Perbandingan ini menyoroti perbedaan dalam metode pemilahan, pencucian, pencacahan, peleburan, serta kualitas output yang dihasilkan. Tabel berikut juga menggambarkan perbandingan antara teknologi tradisional dan teknologi berbasis inovasi dalam proses daur ulang plastik, dengan menyoroti perbedaan pada setiap tahapan produksi mulai dari pemilahan hingga hasil output yang dihasilkan.

Tabel 3. Skematis Mesin Daur Ulang Modern

Tahapan Proses	Teknologi Tradisional	Teknologi Inovatif
Pemilahan	Manual, akurasi rendah, kesalahan ~10%	Otomatis berbasis sensor, kesalahan turun 40%
Pencucian	Konvensional, boros energi & air	Hemat energi & air, efisiensi 25%
Pencacahan	Mesin sederhana, kapasitas terbatas	Mesin modern + IoT, kapasitas lebih tinggi
Peleburan	Manual, kontrol rendah	Otomatis, kontrol terjaga, kualitas seragam
Output	Produk standar rendah–sedang	Produk berkualitas premium, kompetitif global

Sumber: [14], [15]

Tabel 3 tersebut memperlihatkan perbedaan yang jelas antara teknologi tradisional dan teknologi inovatif dalam proses daur ulang plastik. Pada tahap pemilahan, teknologi tradisional

masih mengandalkan metode manual yang memiliki akurasi rendah dengan tingkat kesalahan sekitar 10%. Sebaliknya, teknologi berbasis inovasi menggunakan sistem otomatis berbasis sensor yang mampu menurunkan tingkat kesalahan hingga 40%, sehingga menghasilkan bahan baku yang lebih bersih dan berkualitas.

Proses pencucian pada teknologi tradisional dilakukan secara konvensional dengan konsumsi energi dan air yang tinggi. Teknologi inovatif menawarkan sistem pencucian hemat energi dan air dengan efisiensi hingga 25%, yang tidak hanya menekan biaya operasional tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan. Pada tahap pencacahan, teknologi tradisional umumnya menggunakan mesin sederhana dengan kapasitas terbatas, sehingga kurang optimal dalam memenuhi kebutuhan produksi skala besar. Sebaliknya, teknologi modern dengan integrasi IoT memungkinkan kapasitas pencacahan lebih tinggi sekaligus dilengkapi dengan sistem pemeliharaan prediktif untuk mengurangi risiko kerusakan mesin.

Proses peleburan dalam sistem tradisional dilakukan secara manual dengan kontrol yang minim, menghasilkan kualitas produk yang kurang konsisten. Teknologi inovatif menghadirkan peleburan otomatis dengan kontrol suhu dan proses yang lebih terjaga, sehingga kualitas produk menjadi lebih seragam. Akhirnya, pada tahap output, teknologi tradisional hanya mampu menghasilkan produk daur ulang dengan kualitas rendah hingga sedang. Sebaliknya, teknologi berbasis inovasi memungkinkan terciptanya produk daur ulang dengan kualitas premium, yang memenuhi standar pasar domestik maupun global. Secara keseluruhan, tabel ini menegaskan bahwa adopsi teknologi inovatif dalam proses daur ulang plastik memberikan keuntungan signifikan tidak hanya dalam efisiensi biaya dan energi, tetapi juga dalam kualitas produk akhir, sehingga memperkuat daya saing industri di pasar hijau yang semakin kompetitif.

4. Tantangan Implementasi

Meskipun inovasi proses produksi di industri daur ulang plastik menawarkan peluang besar untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan yang kompleks, terutama di tingkat usaha kecil dan menengah [16]. Tantangan ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mencakup aspek finansial, manajerial, dan struktural yang saling terkait.

Salah satu hambatan utama adalah keterbatasan modal investasi. Banyak UMKM yang kesulitan mengakses pembiayaan untuk membeli mesin modern, teknologi pemilahan otomatis, atau sistem digital berbasis IoT. Meskipun terdapat peluang pembiayaan hijau, aksesnya sering kali terbatas karena persyaratan administrasi yang ketat dan kurangnya literasi finansial di kalangan pelaku usaha kecil.

Selain itu, literasi teknologi dan keterampilan tenaga kerja menjadi kendala lain. Adopsi inovasi proses memerlukan tenaga kerja yang memiliki kemampuan teknis untuk mengoperasikan dan memelihara mesin modern. Di banyak daerah, tenaga kerja yang tersedia masih mengandalkan keterampilan tradisional, sehingga diperlukan pelatihan intensif dan pendampingan berkelanjutan.

Dari sisi infrastruktur, terdapat kesenjangan fasilitas antara daerah perkotaan dan pedesaan. Startup atau UMKM yang beroperasi di daerah dengan akses terbatas terhadap listrik stabil, jaringan internet, atau sistem logistik modern cenderung mengalami kesulitan dalam memaksimalkan teknologi inovatif [17]. Tantangan lain adalah ketidakpastian regulasi dan pasar. Regulasi terkait daur ulang plastik sering kali berubah, sementara permintaan pasar untuk produk daur ulang belum sepenuhnya stabil. Hal ini menimbulkan keraguan bagi UMKM untuk berinvestasi dalam teknologi baru, karena risiko finansial yang tinggi.

Meskipun inovasi proses memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi operasional, keberhasilannya sangat bergantung pada dukungan eksternal. Pemerintah, lembaga keuangan, lembaga riset, dan asosiasi industri perlu bekerja sama untuk mengatasi hambatan ini melalui penyediaan insentif fiskal, akses pembiayaan inklusif, pelatihan tenaga kerja, serta kebijakan regulasi yang lebih konsisten.

Tabel berikut menyajikan berbagai tantangan utama yang dihadapi UMKM dalam mengimplementasikan inovasi proses di industri daur ulang plastik, mencakup aspek finansial,

sumber daya manusia, infrastruktur, serta regulasi dan pasar, beserta dampaknya terhadap keberlanjutan usaha.

Tabel 4. Tantangan Implementasi Inovasi Proses di Industri Daur Ulang Plastik

Aspek Tantangan	Deskripsi	Dampak terhadap UMKM
Finansial	Modal investasi tinggi, akses kredit terbatas	Menghambat adopsi teknologi
SDM & Literasi Teknologi	Kurangnya keterampilan tenaga kerja modern	Rendahnya produktivitas
Infrastruktur	Akses listrik, internet, logistik terbatas	Tidak maksimalnya inovasi
Regulasi & Pasar	Kebijakan tidak konsisten, permintaan fluktuatif	Risiko finansial tinggi

Sumber: [18]–[20]

Tabel 4 di atas, menggambarkan empat aspek utama yang menjadi tantangan dalam implementasi inovasi proses pada industri daur ulang plastik, khususnya di tingkat UMKM. Dari sisi finansial, kendala terbesar adalah tingginya kebutuhan modal investasi awal serta keterbatasan akses terhadap kredit atau pembiayaan yang memadai. Kondisi ini membuat banyak UMKM kesulitan untuk mengadopsi mesin modern, teknologi sensor otomatis, atau sistem digital yang sebenarnya dapat meningkatkan efisiensi produksi. Dampaknya, sebagian besar pelaku usaha tetap bertahan dengan teknologi konvensional yang kurang produktif.

Pada aspek sumber daya manusia dan literasi teknologi, keterbatasan keterampilan tenaga kerja menjadi hambatan serius. Banyak pekerja di sektor ini masih mengandalkan metode tradisional, sehingga adopsi teknologi inovatif sulit dilakukan. Kurangnya pelatihan dan minimnya pendampingan teknis menyebabkan produktivitas UMKM rendah, meskipun peluang peningkatan efisiensi tersedia.

Dari segi infrastruktur, ketimpangan akses terhadap listrik yang stabil, internet, serta jaringan logistik modern memperburuk kesenjangan antara daerah perkotaan dan pedesaan. UMKM yang beroperasi di wilayah dengan infrastruktur terbatas sering kali tidak dapat memaksimalkan potensi inovasi proses, meskipun teknologi sudah tersedia.

Sementara itu, regulasi dan pasar juga menjadi faktor penghambat. Perubahan kebijakan yang tidak konsisten serta fluktuasi permintaan pasar membuat UMKM menghadapi ketidakpastian dalam perencanaan bisnis [21]. Risiko finansial pun semakin tinggi karena pelaku usaha ragu untuk berinvestasi pada inovasi yang membutuhkan biaya besar namun tidak memiliki jaminan stabilitas pasar.

Secara keseluruhan, tabel ini menegaskan bahwa tantangan implementasi inovasi proses tidak berdiri sendiri, melainkan saling terkait dan menimbulkan efek berantai terhadap keberlanjutan usaha. Oleh karena itu, diperlukan kolaborasi antara pemerintah, lembaga keuangan, lembaga riset, dan asosiasi industri untuk mengatasi hambatan tersebut melalui kebijakan yang lebih mendukung, akses pembiayaan inklusif, peningkatan kapasitas SDM, serta pembangunan infrastruktur yang merata.

5. Strategi Penguatan

Strategi penguatan menjadi aspek krusial dalam mempercepat implementasi inovasi proses di industri daur ulang plastik, khususnya pada skala UMKM [22]. Keberhasilan transformasi operasional tidak hanya ditentukan oleh kemampuan internal pelaku usaha, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh dukungan eksternal yang bersifat kolaboratif.

Peran pemerintah merupakan faktor kunci melalui penyediaan kebijakan insentif fiskal, seperti subsidi investasi mesin modern, potongan pajak bagi perusahaan yang berkomitmen pada praktik ramah lingkungan, dan kemudahan akses kredit hijau. Kebijakan yang stabil dan konsisten akan mendorong UMKM lebih percaya diri untuk mengadopsi teknologi inovatif tanpa khawatir dengan risiko regulasi yang berubah-ubah [23].

Selain itu, lembaga riset dan universitas memiliki kontribusi signifikan dalam pengembangan inovasi teknologi yang aplikatif dan terjangkau bagi UMKM [24], [25]. Melalui riset terapan, produk teknologi dapat disesuaikan dengan kebutuhan lokal serta keterbatasan infrastruktur yang ada. Kolaborasi antara akademisi, praktisi, dan pelaku industri akan mempercepat alih pengetahuan dan keterampilan dalam operasional sehari-hari.

Di sisi lain, asosiasi industri dan LSM berperan penting sebagai fasilitator pendampingan, advokasi, dan sertifikasi. Asosiasi dapat membantu UMKM memperoleh akses pasar yang lebih luas, sementara LSM dapat memberikan pelatihan teknis, memperkuat kesadaran lingkungan, serta menjadi jembatan antara pelaku usaha dan regulator. Dengan adanya pendampingan berkelanjutan, UMKM dapat meningkatkan daya saing sekaligus membangun citra positif sebagai bagian dari ekonomi sirkular. Dengan demikian, strategi penguatan yang melibatkan berbagai aktor eksternal tidak hanya memperkuat kemampuan internal UMKM, tetapi juga membangun ekosistem kolaboratif yang berkelanjutan. Sinergi antar pemangku kepentingan menjadi pondasi penting untuk mempercepat transformasi sektor daur ulang plastik menuju efisiensi operasional, profitabilitas, serta keberlanjutan jangka panjang.

Tabel 5 berikut menyajikan peran strategis berbagai aktor eksternal dalam mendukung UMKM sektor daur ulang plastik, dengan menyoroti bentuk dukungan yang diberikan serta dampaknya terhadap peningkatan kapasitas, daya saing, dan keberlanjutan usaha.

Tabel 5. Kolaborasi Aktor Eksternal dalam Strategi Penguatan UMKM Daur Ulang Plastik

Aktor Eksternal	Bentuk Dukungan	Dampak terhadap UMKM
Pemerintah	Insentif fiskal, regulasi ramah lingkungan, akses pembiayaan hijau	Adopsi teknologi lebih cepat & murah
Lembaga Riset & Universitas	Pengembangan teknologi terapan, pelatihan teknis	Transfer pengetahuan, efisiensi operasional
Asosiasi Industri	Advokasi kebijakan, akses pasar, sertifikasi	Daya saing meningkat, akses pasar luas
LSM	Pendampingan, peningkatan kesadaran lingkungan	Keberlanjutan usaha & reputasi positif

Sumber: [26], [27]

Tabel ini menegaskan bahwa keberhasilan UMKM dalam mengimplementasikan inovasi proses tidak dapat dilepaskan dari kontribusi berbagai aktor eksternal. Pemerintah memiliki peran vital melalui kebijakan insentif fiskal, regulasi yang ramah lingkungan, serta penyediaan akses pembiayaan hijau. Dukungan ini memberikan jaminan stabilitas bagi pelaku usaha dan mendorong adopsi teknologi modern dengan biaya yang lebih terjangkau.

Sementara itu, lembaga riset dan universitas berfungsi sebagai motor penggerak inovasi teknologi terapan yang sesuai dengan kebutuhan lokal. Melalui penelitian dan pelatihan teknis, lembaga ini memperkuat transfer pengetahuan sehingga UMKM dapat meningkatkan efisiensi operasional sekaligus mengoptimalkan penggunaan teknologi baru.

Asosiasi industri juga memainkan peran penting, terutama dalam memperjuangkan kepentingan UMKM melalui advokasi kebijakan, penyediaan akses pasar, dan fasilitasi sertifikasi produk. Dengan dukungan asosiasi, UMKM memiliki peluang lebih besar untuk memperluas jaringan pasar, baik domestik maupun internasional, serta meningkatkan daya saing produk daur ulang plastik.

Selain itu, LSM berperan sebagai pendamping dan fasilitator yang memperkuat kesadaran lingkungan serta mendukung UMKM dalam menerapkan praktik bisnis berkelanjutan. Kehadiran LSM membantu membangun reputasi positif UMKM di mata masyarakat, sekaligus menambah nilai sosial pada aktivitas bisnis yang dilakukan.

Secara keseluruhan, tabel ini menegaskan bahwa kolaborasi lintas aktor tidak hanya memberikan dukungan teknis dan finansial, tetapi juga memperkuat posisi UMKM dalam ekosistem ekonomi sirkular. Sinergi yang terjalin di antara pemerintah, lembaga riset, asosiasi,

dan LSM menjadi pondasi penting dalam mempercepat transformasi operasional dan meningkatkan keberlanjutan usaha daur ulang plastik.

6. Kesimpulan

Analisis literatur menegaskan bahwa inovasi dalam industri daur ulang plastik memainkan peran strategis dalam meningkatkan efisiensi operasional sekaligus memperkuat profitabilitas, terutama pada skala UMKM dan startup. Penerapan teknologi modern seperti sistem pemilahan otomatis berbasis sensor, pencucian hemat energi, serta integrasi IoT dan digitalisasi rantai pasok terbukti mampu menurunkan biaya produksi, meningkatkan kualitas produk, dan memperbesar kapasitas output. Lebih jauh lagi, inovasi ini tidak hanya memberikan dampak ekonomi, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan melalui pengurangan limbah dan penurunan emisi karbon.

Namun, implementasi inovasi proses masih menghadapi sejumlah tantangan signifikan, seperti keterbatasan modal investasi, literasi teknologi yang rendah, keterbatasan infrastruktur, serta ketidakpastian regulasi dan pasar. Faktor-faktor ini menimbulkan risiko finansial yang kompleks, sehingga memerlukan strategi manajemen risiko yang terintegrasi, mulai dari diversifikasi pendanaan, efisiensi teknologi, hingga kontrak jangka panjang untuk menstabilkan pasar.

Kolaborasi lintas aktor eksternal menjadi kunci dalam memperkuat kapasitas UMKM menghadapi tantangan tersebut. Pemerintah melalui insentif fiskal dan regulasi ramah lingkungan, lembaga riset dengan inovasi teknologi terapan, asosiasi industri melalui advokasi dan akses pasar, serta LSM dengan pendampingan berkelanjutan semuanya berperan penting dalam menciptakan ekosistem pendukung. Sinergi kolaboratif ini memastikan bahwa transformasi menuju ekonomi sirkular dapat berjalan lebih cepat, inklusif, dan berkelanjutan.

7. Referensi

- [1] K. I. Olatayo, P. T. Mativenga, and A. L. Marnewick, "Plastic value chain and performance metric framework for optimal recycling," *J. Ind. Ecol.*, vol. 27, no. 2, pp. 601–623, 2023.
- [2] S. Ikhbar, N. Nelly, M. Maksimalina, 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.
- [3] S. Kumar, D. Sajwan, D. Sharma, and V. Krishnan, "Reductive Upcycling of Polyolefins, Polyesters and Mixed Plastic Wastes to Valuable Chemicals: Bridging Chemical Catalysis With Plastic Waste Management," *Adv. Sustain. Syst.*, vol. 9, no. 4, p. 2500003, 2025.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.

- [10] M. Alaghemandi, "Sustainable solutions through innovative plastic waste recycling technologies," *Sustainability*, vol. 16, no. 23, p. 10401, 2024.
- [11] 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.
- [12] OECD, "OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship," OECD. [Online]. Available: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-studies-on-smes-and-entrepreneurship_20780990.html
- [13] E. Macarthur and H. Heading, "How the circular economy tackles climate change," *Ellen MacArthur Found*, vol. 1, pp. 1–71, 2019.
- [14] J.-P. Lange, "Managing plastic waste— sorting, recycling, disposal, and product redesign," *ACS Sustain. Chem. Eng.*, vol. 9, no. 47, pp. 15722–15738, 2021.
- [15] S. Capuzzi and G. Timelli, "Preparation and melting of scrap in aluminum recycling: A review," *Metals (Basel)*, vol. 8, no. 4, p. 249, 2018.
- [16] V. Rizos *et al.*, "Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers," *Sustainability*, vol. 8, no. 11, p. 1212, 2016.
- [17] T. K. Avordeh, A. Salifu, C. Quaidoo, and R. Opare-Boateng, "Impact of power outages: Unveiling their influence on micro, small, and medium-sized enterprises and poverty in Sub-Saharan Africa-An in-depth literature review," *Heliyon*, vol. 10, no. 13, 2024.
- [18] D. Kaur and N. Arora, "EPR policy adoption in the digital age: exploring barriers faced by Indian MSMEs through an IPA lens," *Soc. Responsib. J.*, 2025.
- [19] N. Derhab and Z. Elkhwesky, "A systematic and critical review of waste management in micro, small and medium-sized enterprises: future directions for theory and practice," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, no. 6, pp. 13920–13944, 2023.
- [20] K. J. Sinha, S. Sinha, and B. J. Sinha, "Micro, Small, and Medium-Sized Enterprises (MSMEs): The significant role and challenges in Indonesia's economy," *Int. J. Multidiscip. Res.*, vol. 6, no. 3, p. 20824, 2024.
- [21] P. Mauliza *et al.*, "Kendala Pemenuhan Suplai dan Permintaan Energi Terbarukan Biomassa Indonesia," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [22] M. K. Loo, S. Ramachandran, and R. N. Raja Yusof, "Unleashing the potential: Enhancing technology adoption and innovation for micro, small and medium-sized enterprises (MSMEs)," *Cogent Econ. Financ.*, vol. 11, no. 2, p. 2267748, 2023.
- [23] 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.
- [24] 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>
- [25] Juwita *et al.*, "Peluang Ekspansi Energi Terbarukan Biomassa dengan Analisis SWOT," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 4947–4956, 2023.
- [26] A. Sohal, A. A. Nand, P. Goyal, and A. Bhattacharya, "Developing a circular economy: An examination of SME's role in India," *J. Bus. Res.*, vol. 142, pp. 435–447, 2022.
- [27] T. Ahmadov, S. Durst, W. Gerstlberger, and E. Kraut, "SMEs on the way to a circular economy: insights from a multi-perspective review," *Manag. Rev. Q.*, vol. 75, no. 1, pp. 289–322, 2025.