

Sinergi Teknik Produksi dan Analisis Ekonomi dalam Mitigasi Ketidakpastian pada Industri Daur Ulang

Mawardi¹, Cut Hamdiah^{2*}, Mukhdasir³, M.Bakri⁴, Rita Nengsih⁵, Raibul Sadiqin⁶

^{1,3,4}Program Studi Manajemen, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

^{2,5,6}Program Studi Akuntansi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

*Koresponden email: cut.hamdiah@serambimekkah.ac.id

Diterima: 11 April 2026

Disetujui: 22 April 2026

Abstract

The plastic recycling industry faces multiple challenges related to operational and economic risks that significantly affect industrial sustainability. This article aims to analyze the synergy between production engineering and economic analysis in risk mitigation within the plastic recycling industry through a meta-synthesis of empirical studies. The study employs a qualitative descriptive approach using a Systematic Literature Review (SLR) and meta-synthesis of scientific literature, international reports, and relevant empirical research. The findings indicate that operational risks, such as unstable raw material supply, technological limitations, and process inefficiencies, are closely associated with economic risks, including price fluctuations, high production costs, and uncertain market demand. The study also reveals that previous research has predominantly examined technical and economic dimensions separately. Therefore, this article proposes an integrative approach that combines production efficiency and economic analysis to enhance risk mitigation effectiveness. The findings emphasize that interdisciplinary synergy plays a crucial role in strengthening the sustainability and competitiveness of the plastic recycling industry.

Keywords: *plastic recycling, risk mitigation, production engineering, economic analysis*

Abstrak

Industri daur ulang plastik menghadapi berbagai tantangan yang berkaitan dengan risiko operasional dan risiko ekonomi yang saling memengaruhi keberlanjutan industri. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis sinergi antara teknik produksi dan analisis ekonomi dalam mitigasi risiko pada industri daur ulang plastik melalui pendekatan meta-sintesis penelitian empiris. Penelitian menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) dan meta-sintesis terhadap berbagai literatur ilmiah, laporan internasional, dan penelitian empiris yang relevan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko operasional, seperti ketidakstabilan pasokan bahan baku, keterbatasan teknologi, dan inefisiensi proses, memiliki hubungan erat dengan risiko ekonomi berupa fluktuasi harga, tingginya biaya produksi, dan ketidakpastian permintaan pasar. Studi ini juga menemukan bahwa sebagian besar penelitian sebelumnya masih membahas aspek teknik dan ekonomi secara terpisah. Oleh karena itu, artikel ini menawarkan pendekatan integratif yang menghubungkan efisiensi teknik produksi dengan analisis ekonomi untuk meningkatkan efektivitas mitigasi risiko. Temuan penelitian menegaskan bahwa sinergi lintas disiplin menjadi faktor penting dalam mendukung keberlanjutan dan daya saing industri daur ulang plastik.

Kata Kunci: *daur ulang plastik, mitigasi risiko, teknik produksi, analisis ekonomi*

1. Pendahuluan

Industri daur ulang plastik merupakan salah satu sektor kunci dalam mendukung transisi menuju ekonomi sirkular, khususnya dalam mengurangi dampak lingkungan akibat akumulasi limbah plastik [1]. Dalam beberapa tahun terakhir, peningkatan volume limbah plastik global telah mendorong pengembangan teknologi daur ulang yang lebih efisien dan berkelanjutan. Namun demikian, keberhasilan industri ini tidak hanya ditentukan oleh kemampuan teknis dalam proses produksi, tetapi juga oleh faktor ekonomi yang memengaruhi kelayakan usaha dan daya saing pasar [2]. Studi terbaru menunjukkan bahwa

sistem daur ulang plastik melibatkan interaksi kompleks antara aspek teknik produksi, biaya operasional, serta dinamika pasar, sehingga membutuhkan pendekatan terintegrasi dalam pengelolaannya [3]–[5].

Dari perspektif teknik produksi, risiko operasional muncul dari ketidakpastian dalam proses pengolahan, seperti variasi kualitas bahan baku, keterbatasan teknologi, serta inefisiensi sistem produksi [6], [7]. Proses daur ulang yang melibatkan tahapan pengumpulan, pemilahan, dan pengolahan memerlukan kontrol kualitas yang ketat agar menghasilkan produk yang memenuhi standar pasar. Penelitian empiris menunjukkan bahwa kegagalan dalam salah satu tahapan proses dapat berdampak signifikan terhadap efisiensi dan kualitas output [8]. Di sisi lain, dari perspektif ekonomi, industri daur ulang plastik menghadapi tantangan berupa fluktuasi harga, ketidakpastian permintaan, serta tingginya biaya produksi yang sering kali membuat produk daur ulang kurang kompetitif dibandingkan plastik virgin [9].

Meskipun banyak penelitian yang membahas aspek teknis dan ekonomi secara terpisah, masih terdapat kesenjangan dalam literatur terkait bagaimana kedua pendekatan tersebut dapat disinergikan dalam mitigasi risiko industri. Pendekatan meta-sintesis menjadi relevan untuk mengintegrasikan temuan-temuan empiris yang tersebar dalam berbagai studi, sehingga dapat menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara teknik produksi dan analisis ekonomi. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis dan naratif sinergi antara teknik produksi dan analisis ekonomi dalam mitigasi risiko pada industri daur ulang plastik, serta mengidentifikasi kontribusi empiris yang dapat mendukung pengembangan model mitigasi risiko yang lebih efektif dan aplikatif.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode meta-sintesis dan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis berbagai penelitian empiris yang berkaitan dengan sinergi teknik produksi dan analisis ekonomi dalam mitigasi risiko pada industri daur ulang plastik. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti melakukan analisis secara mendalam terhadap hasil-hasil penelitian terdahulu, baik dari perspektif teknik produksi, ekonomi industri, maupun manajemen risiko, sehingga diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hubungan antar variabel dalam sistem daur ulang plastik. Selain itu, metode meta-sintesis digunakan untuk mengintegrasikan berbagai temuan empiris yang masih tersebar dan bersifat parsial ke dalam satu kerangka konseptual yang lebih sistematis.

Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan utama. Tahap pertama adalah identifikasi literatur dengan menelusuri artikel ilmiah, laporan internasional, dan dokumen kebijakan yang diperoleh melalui database seperti Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, dan SpringerLink. Literatur yang dipilih difokuskan pada publikasi lima tahun terakhir yang membahas teknik produksi daur ulang plastik, analisis ekonomi industri, ekonomi sirkular, serta mitigasi risiko industri daur ulang plastik. Tahap kedua adalah proses seleksi dan klasifikasi literatur berdasarkan relevansi tema penelitian, yaitu: (a) risiko operasional dalam teknik produksi, (b) risiko ekonomi dan dinamika pasar, (c) integrasi teknik produksi dan analisis ekonomi, serta (d) strategi mitigasi risiko berbasis pendekatan lintas disiplin. Tahap ketiga adalah analisis dan sintesis data untuk mengidentifikasi pola temuan empiris, hubungan antar konsep, serta kesenjangan penelitian yang masih memerlukan pengembangan lebih lanjut.

Analisis data dilakukan secara tematik-komparatif dengan membandingkan hasil penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan maupun perbedaan pendekatan. Teknik meta sintesis digunakan untuk mengintegrasikan berbagai perspektif empiris ke dalam kerangka konseptual yang mampu menjelaskan hubungan antara efisiensi teknik produksi dan keberlanjutan ekonomi dalam mitigasi risiko industri daur ulang plastik. Untuk meningkatkan validitas dan reliabilitas penelitian, dilakukan triangulasi sumber dengan membandingkan hasil dari berbagai literatur internasional, laporan institusi global, dan penelitian empiris yang relevan. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan tabel sintesis literatur untuk memperjelas kontribusi masing-masing referensi terhadap pengembangan analisis dan kerangka konseptual penelitian.

Tabel berikut menyajikan sumber literatur utama dan kontribusinya dalam mendukung analisis penelitian mengenai sinergi teknik produksi dan analisis ekonomi dalam mitigasi risiko industri daur ulang plastik. Tabel ini sebaiknya ditempatkan pada bagian akhir Subbab Metode Penelitian.

Tabel 1. Sumber Literatur dan Kontribusi dalam Penelitian

Sumber Literatur	Tahun	Kontribusi dalam Penelitian
OECD. Trade Policies to Promote the Circular Economy	2023	Menjelaskan hubungan kebijakan ekonomi sirkular dengan stabilitas industri daur ulang plastik
World Bank. Exploring Feedstock Opportunities to Advance Domestic Circularity	2025	Memberikan analisis mengenai tantangan ekonomi dan rantai pasok industri daur ulang plastik
Pambudi et al. Risk Management for Circular Economy Business Model Sustainability	2025	Menjadi dasar analisis integrasi manajemen risiko dalam industri daur ulang plastik
Todorova et al. Advancing Plastic Waste Management for a Circular Economy	2025	Menjelaskan efisiensi teknik produksi dan pengelolaan limbah plastik
Tyllianakis et al. A Behavioural Risk Perspective to Plastic Waste Management	2025	Menjelaskan pengaruh perilaku pasar dan persepsi risiko terhadap keberlanjutan industri
Wu et al. Design for Recycling: A Systematic Review	2025	Memberikan perspektif desain produk dan efisiensi daur ulang berbasis teknologi
Klotz et al. Potentials and Limits of Mechanical Plastic Recycling	2023	Menjelaskan keterbatasan teknologi daur ulang mekanis dalam efisiensi produksi

3. Risiko Operasional dalam Teknik Produksi Daur Ulang Plastik

Risiko operasional dalam teknik produksi daur ulang plastik berakar pada kompleksitas proses yang melibatkan berbagai tahapan, mulai dari pengumpulan, pemilahan, pencucian, hingga pengolahan ulang material menjadi produk baru [10]. Setiap tahapan memiliki karakteristik teknis yang berbeda dan rentan terhadap ketidakpastian, terutama akibat heterogenitas limbah plastik dan tingkat kontaminasi yang tinggi. Studi empiris menunjukkan bahwa kualitas bahan baku menjadi determinan utama dalam keberhasilan proses produksi, di mana kesalahan pada tahap pemilahan dapat menurunkan efisiensi proses dan kualitas produk akhir secara signifikan [3], [11]. Selain itu, keterbatasan teknologi yang digunakan, terutama pada sistem daur ulang mekanis, sering kali menyebabkan ketidakkonsistenan output serta meningkatkan biaya operasional [12].

Dari perspektif teknik produksi, risiko operasional tidak hanya berkaitan dengan kegagalan proses, tetapi juga dengan efisiensi sistem secara keseluruhan [13]. Pendekatan rekayasa seperti optimasi proses, standarisasi operasional, serta penerapan teknologi berbasis otomatisasi menjadi strategi utama dalam memitigasi risiko tersebut. Risiko dalam sistem daur ulang plastik bersifat terdistribusi dan saling terkait antar tahapan proses, sehingga membutuhkan pendekatan manajemen risiko yang terintegrasi [8]. Selain itu, penerapan metode analisis seperti Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dan pendekatan lean manufacturing dapat membantu mengidentifikasi titik kritis dalam proses produksi serta mengurangi potensi kegagalan. Inovasi teknologi, seperti penggunaan sensor berbasis kecerdasan buatan dalam pemilahan material, juga mulai dikembangkan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi proses [13], [14]. Tabel berikut menyajikan identifikasi risiko operasional pada setiap tahapan teknik produksi dalam industri daur ulang plastik.

Tabel 2. Risiko Operasional dalam Teknik Produksi Daur Ulang Plastik

Tahap Produksi	Jenis Risiko	Penyebab Utama	Dampak
Pengumpulan	Pasokan tidak stabil	Sistem logistik lemah	Kekurangan bahan baku
Pemilahan	Kesalahan sortasi	Kontaminasi material	Penurunan kualitas
Pencucian	Kontaminasi tersisa	Proses tidak optimal	Produk tidak layak
Pengolahan	Inefisiensi proses	Teknologi terbatas	Biaya produksi tinggi

Sumber: [3], [8]

Tabel 2 di atas, menunjukkan bahwa risiko operasional dalam teknik produksi daur ulang plastik tersebar di seluruh tahapan proses, dengan penyebab utama berasal dari faktor teknis dan kualitas bahan baku. Dampak dari risiko tersebut berpengaruh langsung terhadap efisiensi produksi dan kualitas produk akhir, sehingga memerlukan pendekatan rekayasa yang terintegrasi untuk meminimalkan potensi kegagalan.

Meskipun berbagai pendekatan teknis telah dikembangkan, implementasinya masih menghadapi berbagai kendala, terutama di negara berkembang yang memiliki keterbatasan infrastruktur dan investasi teknologi. Hal ini menyebabkan kesenjangan antara potensi teknologi dan realisasi di lapangan, sehingga risiko operasional tetap menjadi tantangan utama dalam industri daur ulang plastik. Oleh karena itu, diperlukan sinergi antara peningkatan kapasitas teknis, investasi teknologi, serta penguatan manajemen operasional untuk menciptakan sistem produksi yang lebih efisien dan resilien. Dengan demikian, pengelolaan risiko operasional dalam teknik produksi tidak hanya berfokus pada aspek teknis semata, tetapi juga pada integrasi sistem yang mampu meningkatkan kinerja industri secara berkelanjutan.

4. Risiko Ekonomi dan Dinamika Pasar Industri Daur Ulang

Risiko ekonomi dalam industri daur ulang plastik berkaitan erat dengan ketidakpastian nilai finansial yang dipengaruhi oleh fluktuasi harga, biaya produksi, serta kondisi pasar yang dinamis [15]. Salah satu faktor utama adalah keterkaitan harga plastik virgin dengan harga minyak global, yang sering menyebabkan produk daur ulang kurang kompetitif ketika harga minyak menurun [16]. Kondisi ini menimbulkan tekanan terhadap margin keuntungan pelaku industri, terutama ketika biaya operasional tetap tinggi akibat kebutuhan teknologi dan proses yang kompleks. Studi terbaru menunjukkan bahwa volatilitas harga dan ketergantungan terhadap pasar global menjadi sumber utama ketidakstabilan ekonomi dalam industri daur ulang plastik [4], [9].

Selain itu, dinamika permintaan pasar juga menjadi faktor penting dalam menentukan keberlanjutan industri. Permintaan terhadap produk daur ulang sangat dipengaruhi oleh persepsi konsumen terhadap kualitas dan nilai produk, yang sering kali masih dianggap lebih rendah dibandingkan produk berbahan plastik baru. Perilaku konsumen dan tingkat kesadaran lingkungan memiliki peran signifikan dalam membentuk permintaan pasar terhadap produk daur ulang [17], [18]. Di sisi lain, struktur pasar yang belum sepenuhnya terintegrasi, terutama di negara berkembang, menyebabkan ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan, sehingga memperbesar risiko ekonomi [19]. Tabel berikut menyajikan klasifikasi risiko ekonomi dan dinamika pasar dalam industri daur ulang plastik.

Tabel 3. Risiko Ekonomi dan Dinamika Pasar Industri Daur Ulang Plastik

Aspek Ekonomi	Jenis Risiko	Penyebab Utama	Dampak
Harga	Fluktuasi harga plastik	Harga minyak global	Ketidakstabilan pendapatan
Permintaan	Ketidakpastian permintaan	Persepsi konsumen	Penurunan penjualan
Biaya	Biaya produksi tinggi	Teknologi & logistik mahal	Margin rendah
Distribusi	Inefisiensi pasar	Rantai pasok tidak terintegrasi	Ketidakseimbangan pasar

Sumber: [4], [9], [15]–[17]

Tabel 3 di atas, menunjukkan bahwa risiko ekonomi dalam industri daur ulang plastik dipengaruhi oleh berbagai aspek, yaitu harga, permintaan, biaya, dan distribusi. Keempat aspek tersebut saling berkaitan dan secara langsung memengaruhi stabilitas serta keberlanjutan industri, sehingga memerlukan pendekatan pengelolaan yang terintegrasi.

Dari perspektif ekonomi industri, risiko juga dipengaruhi oleh struktur biaya dan efisiensi distribusi. Biaya produksi yang tinggi, terutama akibat penggunaan teknologi yang belum optimal dan sistem logistik yang kurang efisien, menjadi hambatan utama dalam meningkatkan daya saing. Selain itu, keterbatasan akses pembiayaan dan investasi juga memperlambat pengembangan industri daur ulang. Oleh karena itu, pengelolaan risiko ekonomi memerlukan strategi yang tidak hanya berfokus pada efisiensi biaya, tetapi juga pada penguatan pasar melalui inovasi produk, peningkatan kualitas, serta dukungan kebijakan yang mampu menciptakan lingkungan bisnis yang lebih stabil dan kompetitif [20].

5. Sinergi Teknik Produksi dan Analisis Ekonomi dalam Mitigasi Risiko

Sinergi antara teknik produksi dan analisis ekonomi menjadi pendekatan kunci dalam mitigasi risiko pada industri daur ulang plastik [21]. Dari sisi teknik produksi, peningkatan efisiensi proses melalui optimasi teknologi, standarisasi kualitas bahan baku, serta pengendalian proses menjadi langkah utama

dalam mengurangi risiko operasional [22]. Namun, upaya teknis tersebut tidak dapat berdiri sendiri tanpa mempertimbangkan aspek ekonomi, seperti biaya investasi, struktur biaya produksi, dan potensi pasar. Studi empiris menunjukkan bahwa efisiensi teknis yang tidak diimbangi dengan analisis ekonomi yang tepat dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara biaya dan manfaat, sehingga mengurangi kelayakan usaha [8].

Dari perspektif ekonomi, integrasi dengan teknik produksi memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih rasional dan berbasis data, terutama dalam menentukan strategi investasi teknologi dan pengelolaan biaya. Analisis seperti cost-benefit analysis, break-even analysis, dan evaluasi kelayakan proyek menjadi penting untuk memastikan bahwa inovasi teknis memberikan nilai tambah secara ekonomi. Selain itu, pendekatan ini juga membantu pelaku industri dalam menyesuaikan kapasitas produksi dengan kondisi pasar, sehingga dapat mengurangi risiko *overproduction* atau *underutilization*. Penelitian menunjukkan bahwa integrasi antara efisiensi produksi dan strategi pasar dapat meningkatkan daya saing produk daur ulang serta memperkuat stabilitas industri [4], [9]. Tabel berikut menyajikan hubungan sinergi antara teknik produksi dan analisis ekonomi dalam mitigasi risiko industri daur ulang plastik.

Tabel 4. Sinergi Teknik Produksi dan Analisis Ekonomi dalam Mitigasi Risiko

Aspek	Teknik Produksi	Analisis Ekonomi	Dampak Mitigasi Risiko
Produksi	Optimasi proses	Analisis biaya	Efisiensi meningkat
Kualitas	Standarisasi bahan	Nilai tambah produk	Daya saing meningkat
Investasi	Teknologi baru	Cost-benefit analysis	Risiko investasi menurun
Kapasitas	Pengaturan produksi	Analisis permintaan	Stabilitas pasar

Sumber: [4], [8], [9], [22]

Tabel 4 di atas, menunjukkan bahwa sinergi antara teknik produksi dan analisis ekonomi menghasilkan dampak mitigasi risiko yang signifikan. Integrasi kedua pendekatan ini memungkinkan peningkatan efisiensi, daya saing, serta stabilitas industri secara keseluruhan. Secara keseluruhan, sinergi antara teknik produksi dan analisis ekonomi memungkinkan pengelolaan risiko yang lebih komprehensif dan berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada pengurangan risiko operasional atau pasar secara terpisah, tetapi juga pada bagaimana keduanya dapat dikelola secara simultan dalam satu sistem yang terintegrasi. Oleh karena itu, penerapan strategi lintas disiplin yang menggabungkan rekayasa teknik dan analisis ekonomi menjadi kunci dalam meningkatkan efisiensi, profitabilitas, dan keberlanjutan industri daur ulang plastik.

6. Meta Sintesis Penelitian Empiris

Meta sintesis penelitian empiris dalam konteks industri daur ulang plastik menunjukkan bahwa sebagian besar studi berupaya memahami hubungan antara efisiensi teknik produksi dan kinerja ekonomi, namun masih dilakukan secara parsial. Penelitian berbasis teknik umumnya menitikberatkan pada optimasi proses, peningkatan kualitas material, serta efisiensi penggunaan energi dalam sistem daur ulang [23]. Di sisi lain, studi ekonomi lebih banyak membahas aspek biaya, profitabilitas, serta dinamika permintaan pasar. Temuan empiris menunjukkan bahwa meskipun kedua pendekatan tersebut penting, integrasi antara keduanya masih terbatas dalam literatur, sehingga belum mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai mitigasi risiko industri [4].

Lebih lanjut, hasil sintesis dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan industri daur ulang plastik sangat dipengaruhi oleh interaksi antara faktor teknis dan ekonomi. Risiko dalam industri ini bersifat sistemik dan terjadi di seluruh rantai proses, sehingga memerlukan pendekatan manajemen risiko yang terintegrasi. Peran faktor perilaku dan persepsi pasar dalam menentukan keberhasilan implementasi ekonomi sirkular [17]. Hal ini menunjukkan bahwa selain faktor teknis dan ekonomi, aspek sosial juga turut berkontribusi dalam membentuk dinamika risiko industri. Dengan demikian, meta-sintesis ini menegaskan pentingnya pendekatan multidimensi dalam memahami kompleksitas industri daur ulang plastik. Tabel berikut menyajikan hasil meta-sintesis penelitian empiris terkait industri daur ulang plastik.

Tabel 5. Meta-Sintesis Penelitian Empiris Industri Daur Ulang Plastik

Peneliti	Fokus Studi	Pendekatan	Temuan Utama
Todorova (2023)	Teknik produksi	Teknis	Efisiensi proses sebagai kunci
OECD (2023)	Kebijakan & pasar	Ekonomi	Peran regulasi dominan
Pambudi et al. (2025)	Manajemen risiko	Integratif	Risiko sistemik dalam rantai proses
Tyllianakis et al. (2025)	Perilaku pasar	Perilaku	Persepsi memengaruhi keputusan

Sumber: [4], [17], [23]

Tabel 5 di atas, menunjukkan bahwa penelitian empiris terkait industri daur ulang plastik masih tersebar dalam berbagai pendekatan, yaitu teknis, ekonomi, integratif, dan perilaku. Hal ini mengindikasikan perlunya pendekatan meta-sintesis yang mampu menggabungkan berbagai perspektif untuk menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif.

Berdasarkan hasil meta-sintesis, dapat disimpulkan bahwa terdapat kesenjangan penelitian dalam hal integrasi antara teknik produksi dan analisis ekonomi dalam mitigasi risiko. Sebagian besar penelitian masih berfokus pada satu dimensi tertentu tanpa menghubungkannya secara sistematis dengan dimensi lainnya. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan model integratif berbasis bukti empiris yang mampu menggabungkan berbagai perspektif tersebut dalam satu kerangka analisis yang komprehensif. Kontribusi dari meta-sintesis ini adalah memberikan dasar konseptual bagi penelitian lanjutan yang lebih terintegrasi, serta mendukung pengembangan strategi mitigasi risiko yang lebih efektif dan aplikatif dalam industri daur ulang plastik.

7. Implikasi Strategis

Implikasi strategis dari sinergi antara teknik produksi dan analisis ekonomi dalam industri daur ulang plastik menekankan pentingnya pendekatan terpadu dalam pengelolaan risiko. Dari sisi teknik produksi, pelaku industri perlu meningkatkan efisiensi proses melalui penerapan teknologi yang lebih adaptif, standarisasi kualitas bahan baku, serta penguatan sistem operasional. Upaya ini bertujuan untuk mengurangi ketidakpastian dalam proses produksi yang selama ini menjadi sumber utama risiko operasional. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi teknis dapat secara langsung menurunkan biaya produksi dan meningkatkan konsistensi kualitas produk [24].

Di sisi ekonomi, strategi yang perlu dikembangkan adalah penguatan daya saing melalui pengelolaan biaya, inovasi produk, serta pemahaman yang lebih baik terhadap dinamika pasar [25]. Analisis ekonomi seperti cost-benefit analysis dan evaluasi kelayakan investasi menjadi penting dalam mendukung keputusan terkait adopsi teknologi dan ekspansi usaha [26]. Selain itu, peningkatan kualitas produk daur ulang melalui sertifikasi dan edukasi konsumen dapat membantu meningkatkan permintaan pasar. Dukungan kebijakan pemerintah, seperti insentif fiskal dan regulasi penggunaan material daur ulang, juga berperan penting dalam menciptakan stabilitas pasar dan mendorong pertumbuhan industri (OECD, 2023; World Bank, 2025). Tabel berikut menyajikan implikasi strategis dalam industri daur ulang plastik berdasarkan sintesis teknik produksi dan analisis ekonomi.

Tabel 6. Implikasi Strategis Industri Daur Ulang Plastik

Aspek	Strategi Utama	Tujuan
Teknik Produksi	Efisiensi proses & teknologi	Mengurangi risiko operasional
Ekonomi	Analisis biaya & inovasi	Meningkatkan profitabilitas
Kebijakan	Insentif & regulasi	Stabilitas pasar
Integrasi	Pendekatan lintas disiplin	Keberlanjutan industri

Sumber: [4], [9], [24]–[26]

Tabel 6 di atas, menunjukkan bahwa implikasi strategis dalam industri daur ulang plastik mencakup aspek teknik produksi, ekonomi, kebijakan, dan integrasi. Setiap aspek memiliki peran penting dalam mendukung mitigasi risiko dan meningkatkan keberlanjutan industri. Secara keseluruhan, implikasi strategis dari kajian ini menunjukkan bahwa keberhasilan mitigasi risiko dalam industri daur ulang plastik sangat bergantung pada integrasi antara aspek teknis dan ekonomi. Pendekatan lintas disiplin yang

menggabungkan teknik produksi dan analisis ekonomi memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih komprehensif dan adaptif. Oleh karena itu, kolaborasi antara pelaku industri, pemerintah, dan pemangku kepentingan lainnya menjadi kunci dalam menciptakan sistem industri yang lebih efisien, kompetitif, dan berkelanjutan.

7. Kesimpulan

Mitigasi risiko dalam industri daur ulang plastik memerlukan pendekatan yang terintegrasi antara teknik produksi dan analisis ekonomi. Risiko operasional yang muncul pada setiap tahapan proses produksi, seperti ketidakstabilan pasokan bahan baku, kesalahan pemilahan, keterbatasan teknologi, dan inefisiensi proses, terbukti memiliki hubungan langsung dengan risiko ekonomi berupa tingginya biaya produksi, fluktuasi harga, serta ketidakpastian permintaan pasar. Dengan demikian, risiko dalam industri daur ulang plastik bersifat multidimensional dan saling terhubung antar aspek teknis maupun ekonomi.

Hasil meta-sintesis penelitian empiris menunjukkan bahwa sebagian besar studi terdahulu masih membahas aspek teknik produksi dan ekonomi secara terpisah. Padahal, efektivitas mitigasi risiko sangat dipengaruhi oleh kemampuan industri dalam mengintegrasikan efisiensi operasional dengan strategi ekonomi dan pasar. Dalam konteks ini, artikel ini memberikan kontribusi konseptual melalui pengembangan perspektif integratif yang menghubungkan optimasi teknik produksi, efisiensi biaya, stabilitas pasar, serta keberlanjutan industri dalam satu kerangka analisis yang lebih komprehensif.

Selain memberikan kontribusi teoritis, penelitian ini juga memiliki implikasi praktis bagi pelaku industri dan pembuat kebijakan. Peningkatan efisiensi teknologi, penguatan sistem logistik, inovasi produk daur ulang, serta dukungan regulasi dan insentif ekonomi menjadi faktor penting dalam memperkuat daya saing industri daur ulang plastik. Pendekatan lintas disiplin yang menggabungkan rekayasa teknik dan analisis ekonomi juga dapat membantu pengambilan keputusan yang lebih adaptif terhadap dinamika pasar dan perubahan lingkungan bisnis.

Sinergi antara teknik produksi dan analisis ekonomi merupakan fondasi utama dalam menciptakan sistem industri daur ulang plastik yang lebih resilien, efisien, dan berkelanjutan. Ke depan, penelitian lanjutan perlu diarahkan pada pengembangan model empiris dan kuantitatif berbasis data industri, khususnya pada konteks negara berkembang, guna memperkuat validitas implementasi strategi mitigasi risiko secara lebih aplikatif dan terukur.

8. Referensi

- [1] R. Kumar *et al.*, "Impacts of plastic pollution on ecosystem services, sustainable development goals, and need to focus on circular economy and policy interventions," *Sustainability*, vol. 13, no. 17, p. 9963, 2021.
- [2] 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.
- [3] E. Todorova, G. Yunussova, X. Formazyuk, A. Kostadinova-Slaveva, G. Kazkenova, and G. Jetpysbai, "Advancing Plastic Waste Management for a Circular Economy: Comparative Insights from Plovdiv (Bulgaria) and Kostanay (Kazakhstan)," *Processes*, vol. 13, no. 3, p. 888, 2025.
- [4] Johansen, Mathilde Rosenberg, et al. "A review of the plastic value chain from a circular economy perspective." *Journal of Environmental Management* 302 (2022): 113975.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] N. F. Pambudi, S. M. S. M. K. Samarakoon, T. M. Simatupang, R. M. C. Ratnayake, and N. B. Mulyono, "Risk management for the circular economy business model sustainability of reduce,

- reuse, and recycling in plastic waste management," *Discov. Sustain.*, vol. 6, no. 1, p. 1330, 2025.
- [9] World Bank, "Exploring Feedstock Opportunities to Advance Domestic Circularity in Malaysia ' s Plastic Recycling," 2025.
- [10] J.-P. Lange, "Managing plastic waste– sorting, recycling, disposal, and product redesign," *ACS Sustain. Chem. Eng.*, vol. 9, no. 47, pp. 15722–15738, 2021.
- [11] 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.
- [12] M. Klotz, M. Haupt, and S. Hellweg, "Potentials and limits of mechanical plastic recycling," *J. Ind. Ecol.*, vol. 27, no. 4, pp. 1043–1059, 2023.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] A. C. H. Pinha and J. K. Sagawa, "A system dynamics modelling approach for municipal solid waste management and financial analysis," *J. Clean. Prod.*, vol. 269, p. 122350, 2020.
- [16] X. Xiuzhen, W. Zheng, and M. Umair, "Testing the fluctuations of oil resource price volatility: a hurdle for economic recovery," *Resour. Policy*, vol. 79, p. 102982, 2022.
- [17] E. Tyllianakis, O. Kolade, A. Ambituuni, O. Ogunde, M. Oyinlola, and S. Abolfathi, "A behavioural risk perspective to plastic waste management: insights from Nigerian SMEs," *J. Clean. Prod.*, vol. 534, p. 147086, 2025.
- [18] M. Pinho and S. Gomes, "What role does sustainable behavior and environmental awareness from civil society play in the planet's sustainable transition," *Resources*, vol. 12, no. 3, p. 42, 2023.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] A. Mazzi, "Environmental and safety risk assessment for sustainable circular production: Case study in plastic processing for fashion products," *Heliyon*, vol. 9, no. 11, 2023.
- [22] F. Qian, W. Zhong, and W. Du, "Fundamental theories and key technologies for smart and optimal manufacturing in the process industry," *Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 154–160, 2017.
- [23] X. Wu, Q. Gao, and W. Li, "Design for recycling: A systematic review of approaches for enhancing product recyclability," *Sustainability*, vol. 17, no. 5, p. 1790, 2025.
- [24] P. A. Pambudi, "Climate Change Adaptation as a Leverage of Economic Growth: Strengthening Socio-Economic Resilience of Coastal Communities in Subang Regency," *Sci. J. Gov. Account.*, vol. 3, no. 1, pp. 15–23, 2025.
- [25] W. Liu and K. Atuahene-Gima, "Enhancing product innovation performance in a dysfunctional competitive environment: The roles of competitive strategies and market-based assets," *Ind. Mark. Manag.*, vol. 73, pp. 7–20, 2018.
- [26] G. P. Jenkins and A. C. Harberger, *Cost-benefit analysis of investment decisions*. Cambridge Resources International Incorporated, 2018.