

# Optimasi Sistem Produksi dan Manajemen Rantai Pasok dalam Mengelola Risiko Pasar pada Industri Daur Ulang Plastik

Mawardi<sup>1</sup>, Nurfiani Syamsuddin<sup>2\*</sup>, Rahmad<sup>3</sup>, Bukhari Usman<sup>4</sup>, Syafrina Syamsuddin<sup>5</sup>, Putri Dida Nurida<sup>6</sup>

<sup>1,2,4</sup>Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

<sup>3,5</sup>Program Studi D3 Akuntansi, Universitas Jabal Ghafur, Sigli

<sup>6</sup>Program Studi Hukum Ekonomi Syariah, STIS Al Aziziyah, Sabang

\*Koresponden email: nurfiani.syamsuddin@serambimekkah.ac.id

Diterima: 12 Januari 2026

Disetujui: 28 Januari 2026

## Abstract

This study examines the integration of production system optimization, supply chain management, and market risk management in the plastic recycling industry within a circular economy context. Using a qualitative systematic literature review approach covering publications from 2017 to 2025, this study synthesizes findings from Scopus, Web of Science, OECD, and World Bank sources. The results indicate that production optimization strategies such as lean manufacturing, process simplification, energy efficiency, and capacity planning enhance cost efficiency and operational stability. At the same time, effective supply chain management, including reverse logistics coordination, supplier diversification, and inventory control, strengthens supply chain resilience and reduces disruption risks. Cost efficiency and supply stability increase price flexibility, which mitigates market risk exposure and supports profitability stability. The study proposes an integrative conceptual framework linking production optimization, supply chain coordination, market risk mitigation, and profitability resilience. The findings contribute to bridging operations management and risk governance literature while offering practical insights for improving competitiveness and sustainability in the plastic recycling sector.

**Keywords:** *production optimization; supply chain management; market risk management; plastic recycling industry; cost efficiency*

## Abstrak

Penelitian ini mengkaji integrasi optimasi sistem produksi, manajemen rantai pasok, dan manajemen risiko pasar pada industri daur ulang plastik dalam konteks ekonomi sirkular. Studi ini menggunakan pendekatan systematic literature review kualitatif dengan cakupan literatur periode 2015–2025 dari Scopus, Web of Science, OECD, dan World Bank. Hasil kajian menunjukkan bahwa strategi optimasi produksi seperti lean manufacturing, simplifikasi proses, efisiensi energi, dan perencanaan kapasitas meningkatkan efisiensi biaya dan stabilitas operasional. Di sisi lain, manajemen rantai pasok yang efektif melalui reverse logistics, diversifikasi pemasok, dan pengendalian persediaan memperkuat ketahanan rantai pasok dan mengurangi risiko gangguan. Efisiensi biaya dan stabilitas pasokan meningkatkan fleksibilitas harga yang berkontribusi pada mitigasi risiko pasar serta stabilitas profitabilitas. Penelitian ini mengusulkan kerangka konseptual integratif yang menghubungkan optimasi produksi, koordinasi rantai pasok, mitigasi risiko pasar, dan resiliensi profitabilitas. Temuan ini memberikan kontribusi teoretis pada literatur manajemen operasi dan tata kelola risiko serta implikasi praktis bagi peningkatan daya saing dan keberlanjutan industri daur ulang plastik.

**Kata Kunci:** *optimasi produksi; manajemen rantai pasok; manajemen risiko pasar; industri daur ulang plastik; efisiensi biaya*

## 1. Pendahuluan

Industri daur ulang plastik memiliki peran strategis dalam mendukung transisi menuju ekonomi sirkular dan pengurangan dampak lingkungan akibat akumulasi limbah plastik global. Peningkatan konsumsi plastik dunia menuntut sistem daur ulang yang lebih efisien dan terintegrasi agar mampu mengurangi tekanan terhadap sumber daya primer dan emisi karbon [1]. Sektor UMKM dalam industri pengolahan limbah menghadapi tantangan struktural berupa keterbatasan akses pembiayaan, teknologi, dan manajemen risiko [2]. Efisiensi operasional dan inovasi proses produksi berkontribusi signifikan terhadap peningkatan profitabilitas dan keberlanjutan usaha [3], [4]. Namun demikian, peningkatan efisiensi teknis

saja belum cukup untuk menjamin stabilitas kinerja keuangan apabila perusahaan tidak mampu mengelola risiko pasar yang bersifat dinamis dan tidak pasti.

Dari perspektif rekayasa sistem produksi, industri daur ulang plastik terdiri atas tahapan teknis seperti pemilahan, pencacahan, pencucian, pengeringan, peleburan, hingga pembentukan granul. Setiap tahapan tersebut memiliki potensi inefisiensi yang dapat meningkatkan konsumsi energi, waktu siklus produksi, serta tingkat cacat produk. Penerapan *lean production* pada industri pengolahan limbah plastik, menunjukkan bahwa penyederhanaan proses dan pengurangan waste dapat menurunkan biaya produksi secara signifikan [3]. Selain itu, strategi pengelolaan operasional yang terintegrasi dapat meningkatkan keuntungan dan mengurangi pemborosan biaya [5]. Integrasi informasi produksi berdampak positif terhadap kinerja keuangan perusahaan manufaktur [6]. Temuan-temuan ini mengindikasikan bahwa optimasi sistem produksi berfungsi sebagai fondasi teknis dalam memperkuat struktur biaya dan efisiensi operasional industri daur ulang plastik.

Sementara itu, dari perspektif manajemen risiko, industri daur ulang plastik menghadapi volatilitas harga bahan baku dan produk akhir yang dipengaruhi oleh dinamika pasar global. Ketika harga plastik virgin turun, produk daur ulang menjadi kurang kompetitif sehingga margin keuntungan tertekan. Penerapan manajemen risiko yang terstruktur berkorelasi positif dengan peningkatan kinerja dan stabilitas usaha [7]. Selain itu, akses pembiayaan dan efisiensi operasional berperan sebagai mekanisme mediasi dalam meningkatkan ketahanan UMKM terhadap guncangan eksternal [8], [9]. Pentingnya resiliensi perusahaan dalam menghadapi ketidakpastian pasar melalui penguatan struktur keuangan dan adaptasi strategis [10], [11]. Dalam konteks ini, manajemen risiko pasar pada industri daur ulang plastik tidak dapat dipisahkan dari keputusan teknis terkait kapasitas produksi, investasi mesin, dan pengendalian biaya.

Meskipun literatur mengenai optimasi produksi dan manajemen risiko pasar telah berkembang, sebagian besar penelitian masih menempatkan kedua aspek tersebut dalam domain yang terpisah. Studi teknik industri berfokus pada efisiensi proses dan pengurangan biaya internal [12], [13]. Sementara dari studi ekonomi lebih menekankan pada akses pembiayaan, resiliensi, dan stabilitas pasar [10], [14]. Kesenjangan ini menunjukkan kurangnya pendekatan integratif yang menghubungkan efisiensi teknis dengan strategi mitigasi risiko pasar dalam satu kerangka analisis yang komprehensif. Padahal, penguatan daya saing industri berkelanjutan memerlukan integrasi antara efisiensi operasional dan stabilitas ekonomi [15]. Selain itu, konteks industri daur ulang plastik di negara berkembang masih relatif jarang dikaji secara interdisipliner, sehingga membuka ruang untuk pengembangan model konseptual berbasis perspektif *engineering economic*.

Artikel ini, bertujuan untuk mensintesis secara sistematis literatur mengenai optimasi sistem produksi dan manajemen rantai pasok serta dampaknya terhadap risiko pasar pada industri daur ulang plastik, serta mengembangkan kerangka konseptual integratif yang menghubungkan dimensi rekayasa dan pendekatannya. Artikel ini menganalisis bagaimana efisiensi proses produksi dapat menurunkan struktur biaya dan meningkatkan fleksibilitas harga, serta bagaimana strategi manajemen risiko pasar dapat memperkuat stabilitas profitabilitas dan resiliensi usaha. Kontribusi teoretis artikel ini terletak pada integrasi dua bidang keilmuan teknik industri dan manajemen risiko yang selama ini berkembang secara paralel namun jarang dipadukan dalam studi industri daur ulang plastik. Secara praktis, sintesis ini memberikan implikasi bagi pelaku industri dan pembuat kebijakan dalam merancang strategi produksi yang adaptif, efisien, dan tahan terhadap volatilitas pasar. Dengan demikian, artikel ini diharapkan dapat memperkaya literatur interdisipliner serta memberikan dasar konseptual bagi pengembangan *model engineering economic* yang berorientasi pada peningkatan profitabilitas dan keberlanjutan industri daur ulang plastik.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur (*literature review*) kualitatif untuk mengkaji secara sistematis integrasi optimasi sistem produksi dan manajemen rantai pasok dalam mengelola risiko pasar pada industri daur ulang plastik. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan penelusuran, pemetaan, serta sintesis konseptual terhadap berbagai temuan empiris dan teoritis yang membahas efisiensi operasional, ketahanan rantai pasok, dan stabilitas profitabilitas dalam konteks industri berbasis ekonomi sirkular. Melalui *literature review*, penelitian ini menempatkan optimasi produksi dan manajemen rantai pasok bukan sebagai elemen teknis yang terpisah, tetapi sebagai sistem strategis yang berperan dalam mitigasi risiko pasar dan penguatan daya saing industri.

Sumber data penelitian diperoleh dari jurnal internasional bereputasi yang terindeks Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, dan Emerald Insight, serta laporan lembaga internasional seperti OECD, World Bank, dan UNEP. Selain itu, digunakan pula dokumen kebijakan nasional terkait industri daur ulang

plastik dan ekonomi sirkular. Literatur dipilih berdasarkan kriteria relevansi topik, kredibilitas sumber, serta kebaruan publikasi dengan rentang tahun 2017–2025. Proses seleksi dilakukan untuk memastikan bahwa setiap studi yang dianalisis memiliki kontribusi konseptual atau empiris yang jelas terkait optimasi produksi, manajemen rantai pasok, risiko pasar, dan profitabilitas industri daur ulang plastik.

Tahapan analisis meliputi identifikasi literatur, seleksi dan klasifikasi berdasarkan tema utama, analisis tematik hubungan antara dimensi rekayasa dan dimensi ekonomi, serta sintesis konseptual lintas studi. Literatur diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok utama, yaitu: (1) studi mengenai optimasi sistem produksi dan efisiensi biaya, (2) studi mengenai manajemen rantai pasok dan supply chain resilience, serta (3) studi mengenai manajemen risiko pasar dan stabilitas profitabilitas. Hasil analisis disajikan dalam bentuk narasi akademik yang diperkuat dengan tabel konseptual untuk menggambarkan tahapan penelitian dan fokus analisis. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan mampu menghasilkan pemetaan sistematis mengenai bagaimana integrasi produksi dan rantai pasok berperan dalam mengelola risiko pasar pada industri daur ulang plastik. Tabel berikut menyajikan sumber literatur utama yang digunakan dalam penelitian ini beserta perannya dalam mendukung pengembangan kerangka konseptual integratif optimasi sistem produksi, manajemen rantai pasok, dan risiko pasar.

**Tabel 1.** Sumber Literatur dan Peran dalam Penelitian

Sumber Literatur	Tahun	Peran dalam Penelitian
OECD. Improving Plastics Management: Trends, Policy Responses, and the Role of Innovation	2023	Kerangka kebijakan global dan konteks efisiensi industri daur ulang plastik
UNEP. Global Plastic Waste Management Outlook	2021	Acuan teknologi pengelolaan limbah plastik dan ekonomi sirkular
World Bank. Technology and Innovation for Circular Economy in Developing Countries	2022	Hubungan inovasi teknologi dan keberlanjutan ekonomi industri
Radhiana et al. Sistem Produksi Lean dan Pengurangan Biaya	2025	Dasar empiris pengaruh optimasi produksi terhadap efisiensi biaya
Ikhbar et al. Inovasi Operasional dan Profitabilitas	2025	Peran perbaikan proses terhadap stabilitas struktur biaya
Ciocoiu et al. Market Risk and SME Performance	2025	Analisis volatilitas harga dan dampaknya terhadap kinerja usaha
Singh et al. Supply Chain Resilience in Recycling SMEs	2025	Peran ketahanan rantai pasok dalam stabilitas profitabilitas

### 3. Karakteristik Industri Daur Ulang Plastik dan Tantangan Produksi

Industri daur ulang plastik memiliki karakteristik proses produksi yang relatif kompleks dan berurutan, dimulai dari pemilahan (*sorting*), pencacahan (*shredding*), pencucian (*washing*), pengeringan, peleburan (*melting*), hingga granulasi. Setiap tahapan memengaruhi kualitas output dan efisiensi biaya produksi. Penerapan sistem produksi lean pada industri pengolahan limbah plastik mampu menurunkan pemborosan material dan waktu proses secara signifikan [16]. Namun, efektivitas sistem produksi sangat bergantung pada kualitas bahan baku limbah yang diterima [17]. Ketidakkonsistenan komposisi dan tingkat kontaminasi limbah plastik meningkatkan biaya penyortiran dan energi, serta berdampak pada kualitas granul akhir. Variabilitas bahan baku menjadi salah satu tantangan utama dalam meningkatkan efisiensi industri daur ulang di negara berkembang [18].

Secara teknis, permasalahan umum yang dihadapi industri ini meliputi bottleneck pada tahap pencucian dan peleburan, tingginya konsumsi energi, serta waste rate akibat cacat produk. Inefisiensi pada satu tahapan proses dapat menimbulkan efek domino terhadap kapasitas produksi dan struktur biaya keseluruhan [19]. Selain itu, fluktuasi harga resin plastik virgin di pasar global menyebabkan tekanan kompetitif terhadap produk daur ulang [20], [21]. Dengan demikian, tantangan produksi tidak dapat dipisahkan dari dinamika pasar dan risiko ekonomi. Tabel berikut merangkum tantangan utama yang dihadapi industri daur ulang plastik dari aspek produksi, bahan baku, dan pasar, serta implikasinya terhadap kinerja usaha.

**Tabel 2.** Ringkasan Tantangan Utama Industri Daur Ulang Plastik

Aspek	Tantangan	Dampak
Produksi	Bottleneck dan konsumsi energi tinggi	Biaya produksi meningkat
Bahan Baku	Variabilitas kualitas limbah plastik	Kualitas produk tidak stabil
Pasar	Fluktuasi harga resin plastik virgin	Margin laba tertekan

Sumber: Disintesis dari [3], [22]–[24].

Berdasarkan tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa tantangan pada aspek produksi dan bahan baku secara langsung memengaruhi struktur biaya dan konsistensi kualitas produk, sementara dinamika pasar seperti fluktuasi harga resin plastik virgin memberikan tekanan eksternal terhadap profitabilitas. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi teknis dan stabilitas pasar saling berkaitan dalam menentukan kinerja dan daya saing industri daur ulang plastik.

Flowchart berikut menggambarkan secara sistematis tahapan utama dalam proses produksi industri daur ulang plastik, mulai dari penerimaan limbah hingga menghasilkan produk akhir dalam bentuk granul plastik siap pakai. Diagram ini tidak hanya menunjukkan urutan teknis proses produksi, tetapi juga merepresentasikan keterkaitan antar tahapan yang memengaruhi efisiensi operasional, kualitas output, serta struktur biaya produksi. Dalam konteks pendekatan engineering-economic, setiap tahap produksi memiliki implikasi langsung terhadap tingkat waste, konsumsi energi, kapasitas produksi, dan pada akhirnya profitabilitas usaha. Oleh karena itu, pemahaman alur proses secara menyeluruh menjadi dasar penting dalam upaya optimasi sistem produksi dan mitigasi risiko pasar pada industri daur ulang plastik.



**Gambar 1.** Flowchart Proses Produksi Daur Ulang Plastik  
Sumber: [1], [22], [24].

#### 4. Konsep Optimasi Sistem Produksi dalam Industri Daur Ulang Plastik

Optimasi sistem produksi dalam industri daur ulang plastik merupakan pendekatan strategis berbasis teknik industri yang bertujuan meningkatkan efisiensi operasional dan kinerja finansial. Literatur mengenai lean manufacturing menekankan eliminasi pemborosan (*waste*), pengurangan aktivitas non-value added, serta peningkatan aliran proses secara berkelanjutan. Penerapan lean production pada industri pengolahan limbah plastik mampu menurunkan biaya produksi dan meningkatkan profitabilitas melalui pengurangan waste material dan waktu proses [3]. Pendekatan Just-in-Time (JIT) juga relevan dalam konteks daur ulang plastik, terutama untuk mengurangi persediaan bahan baku dan produk setengah jadi yang berlebihan [25]. Integrasi sistem informasi produksi dan pengendalian persediaan berkontribusi positif terhadap kinerja keuangan perusahaan manufaktur [26]. Selain itu, *Value Stream Mapping* (VSM) digunakan untuk memetakan alur proses secara menyeluruh guna mengidentifikasi bottleneck dan potensi inefisiensi [27].

Di samping pendekatan lean dan JIT, konsep *process simplification* dan *energy efficiency optimization* menjadi elemen penting dalam industri daur ulang plastik yang intensif energi. Tahapan seperti pencucian dan peleburan sering menjadi sumber konsumsi energi terbesar.

Perbaikan desain proses dan pengendalian operasional dapat menekan biaya energi dan meningkatkan margin keuntungan. Sementara itu, aspek capacity planning berperan dalam memastikan keseimbangan antara kapasitas mesin, ketersediaan bahan baku, dan permintaan pasar. Perencanaan kapasitas yang adaptif membantu perusahaan bertahan dalam kondisi pasar yang fluktuatif. Dengan

demikian, optimasi produksi tidak hanya berdimensi teknis, tetapi juga memiliki implikasi ekonomi yang signifikan. Secara konseptual, optimasi sistem produksi bertujuan untuk menurunkan biaya produksi, meningkatkan kualitas output, mengurangi *waste* dan *downtime*, serta meningkatkan margin operasional. **Tabel 3** berikut menyajikan ringkasan pendekatan optimasi sistem produksi dalam industri daur ulang plastik serta implikasinya terhadap kinerja operasional dan ekonomi perusahaan.

**Tabel 3.** Konsep Optimasi Produksi dan Dampaknya terhadap Kinerja Industri

Pendekatan	Fokus Utama	Dampak Operasional	Dampak Ekonomi
Lean Manufacturing	Eliminasi waste	Proses lebih efisien	Biaya menurun
Just-in-Time	Pengendalian persediaan	Persediaan optimal	Arus kas lebih baik
Value Stream Mapping	Identifikasi bottleneck	Alur produksi lancar	Produktivitas meningkat
Energy Efficiency Optimization	Penghematan energi	Konsumsi energi turun	Margin meningkat
Capacity Planning	Keseimbangan kapasitas	Downtime berkurang	Stabilitas profit

Sumber: Disintesis dari [3], [28]–[30].

Berdasarkan tabel tersebut, dapat dipahami bahwa setiap pendekatan optimasi produksi memiliki fokus teknis yang berbeda, namun seluruhnya bermuara pada peningkatan efisiensi operasional dan perbaikan kinerja ekonomi. Lean manufacturing dan Just-in-Time berperan dalam mengurangi pemborosan serta mengoptimalkan persediaan, sementara Value Stream Mapping membantu mengidentifikasi hambatan proses. Optimalisasi efisiensi energi dan perencanaan kapasitas berkontribusi pada pengendalian biaya jangka panjang dan stabilitas profitabilitas. Secara keseluruhan, integrasi pendekatan-pendekatan tersebut memperkuat daya saing industri daur ulang plastik melalui peningkatan produktivitas dan margin operasional.

## 5. Manajemen Risiko Pasar dalam Industri Daur Ulang Plastik

Manajemen risiko pasar dalam industri daur ulang plastik berfokus pada pengelolaan ketidakpastian yang bersumber dari dinamika harga, permintaan, persaingan, kebijakan, dan rantai pasok. Salah satu risiko utama adalah fluktuasi harga bahan baku limbah dan harga jual granul plastik, yang sangat dipengaruhi oleh harga resin plastik virgin di pasar global. Ketika harga plastik virgin menurun, produk daur ulang menjadi kurang kompetitif sehingga margin laba tertekan. Volatilitas pasar memiliki dampak signifikan terhadap stabilitas kinerja UMKM, terutama pada sektor yang sensitif terhadap harga komoditas [31], [32]. Kemampuan perusahaan dalam mengelola operasional dan risiko keuangan berperan penting dalam menjaga efisiensi dan profitabilitas [33]. Risiko permintaan juga menjadi tantangan, terutama ketika terjadi perlambatan ekonomi atau perubahan preferensi konsumen terhadap produk ramah lingkungan.

Selain fluktuasi harga dan permintaan, industri daur ulang plastik menghadapi risiko persaingan dengan plastik virgin, perubahan kebijakan lingkungan, serta volatilitas rantai pasok [20]. Regulasi terkait standar kualitas, pajak karbon, atau pembatasan impor limbah dapat memengaruhi struktur biaya dan akses bahan baku. Kebijakan lingkungan yang dinamis menciptakan peluang sekaligus risiko bagi industri daur ulang [1]. Di sisi lain, resiliensi perusahaan sangat bergantung pada kemampuan adaptasi terhadap perubahan eksternal [34]. Oleh karena itu, pendekatan manajemen risiko pasar harus bersifat proaktif dan terintegrasi dengan strategi operasional.

Dalam literatur keuangan, konsep market risk management mencakup strategi seperti hedging, diversifikasi pasar, kontrak jangka panjang, dan *dynamic pricing*. Hedging dapat dilakukan melalui kontrak pembelian atau penjualan jangka panjang untuk mengurangi eksposur terhadap fluktuasi harga. Diversifikasi pasar membantu mengurangi ketergantungan pada satu segmen pelanggan, sementara dynamic pricing memungkinkan penyesuaian harga berdasarkan perubahan biaya dan permintaan. Tabel berikut menyajikan identifikasi jenis risiko pasar yang dihadapi industri daur ulang plastik beserta dampak utama yang ditimbulkan dan strategi mitigasi yang dapat diterapkan berdasarkan sintesis literatur manajemen risiko dan ekonomi industri.

Berdasarkan **Tabel 4** tersebut, dapat dipahami bahwa risiko pasar pada industri daur ulang plastik bersifat multidimensional dan saling berkaitan. Fluktuasi harga dan persaingan dengan plastik virgin secara langsung memengaruhi margin laba, sementara risiko permintaan dan volatilitas rantai pasok berdampak pada stabilitas volume produksi dan distribusi. Perubahan regulasi juga dapat meningkatkan biaya operasional dan menciptakan ketidakpastian usaha. Strategi mitigasi seperti hedging, diversifikasi pasar,

kontrak jangka panjang, dan dynamic pricing berfungsi sebagai instrumen pengelolaan risiko untuk menjaga stabilitas profitabilitas dan ketahanan ekonomi perusahaan dalam menghadapi dinamika pasar.

**Tabel 4.** Risiko Pasar dan Strategi Mitigasi pada Industri Daur Ulang Plastik

Jenis Risiko	Dampak Utama	Strategi Mitigasi
Fluktuasi harga bahan baku dan output	Margin laba tertekan	Hedging dan kontrak jangka panjang
Risiko permintaan	Penurunan volume penjualan	Diversifikasi pasar
Persaingan dengan plastik virgin	Harga kurang kompetitif	Efisiensi biaya dan dynamic pricing
Perubahan regulasi dan kebijakan	Kenaikan biaya dan ketidakpastian usaha	Adaptasi kebijakan dan inovasi proses
Volatilitas rantai pasok	Gangguan produksi dan keterlambatan distribusi	Diversifikasi pemasok dan manajemen persediaan

Sumber: Disintesis dari [1], [20], [35]

Bagan alir konseptual berikut menggambarkan tahapan sistematis dalam penerapan manajemen risiko pasar pada industri daur ulang plastik. Kerangka ini menekankan bahwa pengelolaan risiko bukanlah aktivitas yang bersifat insidental, melainkan proses berkelanjutan yang melibatkan identifikasi, analisis, mitigasi, serta evaluasi risiko secara terstruktur. Dalam konteks industri yang sangat dipengaruhi oleh volatilitas harga bahan baku, dinamika permintaan, dan perubahan regulasi, manajemen risiko pasar menjadi instrumen strategis untuk menjaga stabilitas profitabilitas dan keberlanjutan usaha. Pendekatan ini selaras dengan konsep market risk management dalam literatur keuangan dan manajemen strategis yang menekankan siklus pengendalian risiko secara berkesinambungan.



**Gambar 2.** Bagan alir Konseptual Manajemen Risiko Pasar

Sumber: [10], [36]–[38]

Tahap pertama adalah Identifikasi Risiko, yaitu proses mengenali sumber-sumber ketidakpastian seperti fluktuasi harga resin plastik virgin, risiko permintaan, perubahan regulasi, dan volatilitas rantai pasok. Identifikasi risiko yang komprehensif menjadi fondasi dalam membangun sistem ketahanan industri yang adaptif terhadap dinamika pasar.

Tahap kedua adalah Analisis Dampak, di mana perusahaan mengevaluasi sejauh mana risiko tersebut memengaruhi struktur biaya, arus kas, kapasitas produksi, dan margin laba. Analisis risiko yang terukur berkontribusi pada peningkatan kinerja dan stabilitas usaha, khususnya pada sektor UMKM yang rentan terhadap volatilitas pasar.

Tahap ketiga adalah Strategi Mitigasi, yang mencakup penerapan hedging, kontrak jangka panjang, diversifikasi pasar, serta dynamic pricing. Strategi ini bertujuan untuk mengurangi eksposur terhadap risiko dan menjaga fleksibilitas keuangan perusahaan. Strategi mitigasi yang terintegrasi dengan manajemen operasional mampu meningkatkan efisiensi dan ketahanan usaha.

Tahap keempat adalah Monitoring dan Evaluasi, yaitu proses pengawasan berkala terhadap efektivitas strategi mitigasi. Evaluasi berfungsi untuk memastikan bahwa strategi yang diterapkan tetap relevan dengan kondisi pasar yang berubah. Terakhir, tahap Penyesuaian Strategi dilakukan berdasarkan hasil evaluasi, sehingga manajemen risiko menjadi siklus yang dinamis dan adaptif.

## 6. Manajemen Rantai Pasok dalam Industri Daur Ulang Plastik

Manajemen rantai pasok dalam industri daur ulang plastik memiliki karakteristik unik karena melibatkan reverse logistics, yaitu aliran material dari konsumen kembali ke produsen untuk diproses ulang. Berbeda dengan rantai pasok konvensional, sistem ini sangat bergantung pada jaringan pengumpul limbah,

pengepul, dan pemasok informal yang menyebabkan variabilitas pasokan cukup tinggi. Efektivitas sistem daur ulang sangat ditentukan oleh stabilitas aliran bahan baku sekunder dan koordinasi antar pelaku dalam rantai pasok [36], [37]. Variabilitas pemasok (*supplier variability*) berdampak pada ketidakpastian kualitas dan kuantitas limbah yang diterima, yang pada akhirnya memengaruhi perencanaan produksi dan struktur biaya. Oleh karena itu, integrasi reverse logistics dengan sistem produksi menjadi kunci dalam menjaga kontinuitas operasional.

Selain itu, aspek *inventory control* memegang peran penting dalam menyeimbangkan fluktuasi pasokan dan permintaan [39]. Pengendalian persediaan yang tidak optimal dapat menyebabkan overstock ketika pasokan melimpah atau kekurangan bahan baku saat pasokan menurun [40]. Sistem pengendalian persediaan yang adaptif berkontribusi pada stabilitas arus kas dan efisiensi operasional UMKM. Dalam konteks risiko rantai pasok (*supply chain risk*), gangguan transportasi, perubahan kebijakan impor, serta fluktuasi harga global dapat memicu ketidakstabilan sistem [41]. Perusahaan dengan sistem rantai pasok yang fleksibel memiliki tingkat resiliensi yang lebih tinggi terhadap shock eksternal.

Untuk meningkatkan *supply chain resilience*, diperlukan mekanisme koordinasi seperti kontrak jangka panjang dengan pemasok, diversifikasi sumber bahan baku, integrasi informasi digital, serta kolaborasi vertikal antara produsen dan pembeli. Pendekatan ini memungkinkan sinkronisasi antara produksi dan distribusi sehingga mengurangi risiko ketidakseimbangan supply demand. **Tabel 5** berikut merangkum elemen utama dalam manajemen rantai pasok pada industri daur ulang plastik beserta tantangan yang dihadapi dan implikasinya terhadap risiko operasional dan ekonomi. Tabel ini menegaskan bahwa efektivitas pengelolaan rantai pasok berpengaruh langsung terhadap stabilitas produksi dan profitabilitas perusahaan.

**Tabel 5.** Elemen Manajemen Rantai Pasok dan Implikasinya

Elemen SCM	Tantangan	Implikasi terhadap Risiko
Reverse logistics	Variabilitas kualitas limbah	Gangguan produksi
Supplier variability	Pasokan tidak stabil	Risiko kekurangan bahan baku
Inventory control	Overstock / stockout	Biaya meningkat
Supply chain risk	Gangguan transportasi dan fluktuasi harga	Margin tertekan
Supply chain resilience	Diversifikasi dan koordinasi	Stabilitas operasional

Sumber: Disintesis dari [36], [39]–[41].

Berdasarkan tabel tersebut, terlihat bahwa setiap elemen manajemen rantai pasok memiliki implikasi langsung terhadap risiko produksi dan kinerja ekonomi. Reverse logistics dan variabilitas pemasok memengaruhi kontinuitas pasokan bahan baku, sementara pengendalian persediaan menentukan efisiensi biaya dan stabilitas arus kas. Gangguan pada rantai pasok, seperti masalah transportasi dan fluktuasi harga, dapat menekan margin keuntungan. Sebaliknya, penerapan supply chain resilience melalui diversifikasi pemasok dan koordinasi yang baik antar pelaku rantai pasok berfungsi sebagai mekanisme penguatan stabilitas operasional dan mitigasi risiko.

## 7. Integrasi Optimasi Produksi dan Manajemen Risiko Pasar

Sintesis literatur menunjukkan bahwa efisiensi produksi memiliki peran strategis dalam menurunkan eksposur terhadap risiko pasar pada industri daur ulang plastik. Penerapan lean manufacturing, pengendalian waste, dan optimasi energi terbukti menurunkan struktur biaya variabel serta meningkatkan stabilitas biaya produksi [42]. Ketika biaya produksi lebih terkendali, perusahaan memiliki ruang fleksibilitas yang lebih besar dalam menentukan harga jual. Dalam konteks manajemen risiko, fleksibilitas harga menjadi instrumen penting untuk merespons fluktuasi harga resin plastik virgin dan dinamika permintaan pasar [43]. Perusahaan dengan struktur biaya efisien cenderung memiliki tingkat resiliensi lebih tinggi terhadap volatilitas pasar. Dengan demikian, efisiensi produksi bukan hanya isu teknis, melainkan mekanisme mitigasi risiko ekonomi.

Hubungan antara *cost efficiency* dan *price flexibility* menjadi titik temu antara perspektif engineering dan ekonomi. Efisiensi biaya memungkinkan perusahaan melakukan strategi *dynamic pricing* tanpa mengorbankan margin keuntungan secara signifikan. Efisiensi operasional berkontribusi terhadap stabilitas arus kas dan peningkatan daya saing harga. Sementara itu, Perusahaan yang mampu menyesuaikan kapasitas dan biaya secara adaptif memiliki ketahanan lebih baik terhadap shock eksternal [44], [45]. Tabel berikut menyajikan sintesis integratif antara dimensi teknik (engineering) dan implikasi ekonomi dalam konteks industri daur ulang plastik. Tabel ini menggambarkan bagaimana pendekatan optimasi produksi

tidak hanya berdampak pada efisiensi biaya, tetapi juga memengaruhi stabilitas harga, margin keuntungan, serta tingkat eksposur terhadap risiko pasar.

**Tabel 6.** Sintesis Integrasi Engineering–Economic

Dimensi Teknik	Dampak Biaya	Implikasi Ekonomi	Dampak terhadap Risiko
Lean & Simplifikasi Proses	Biaya produksi turun	Harga lebih kompetitif	Risiko harga berkurang
Efisiensi Energi	Stabilitas biaya	Margin meningkat	Risiko fluktuasi energi turun
Capacity Planning	Output stabil	Respons pasar cepat	Risiko permintaan berkurang

Sumber: Disintesis dari [42]–[45]

Berdasarkan **Tabel 6** tersebut, terlihat bahwa setiap dimensi teknik memiliki konsekuensi langsung terhadap struktur biaya dan implikasi ekonomi perusahaan. Penerapan lean dan simplifikasi proses berkontribusi pada penurunan biaya produksi yang memungkinkan perusahaan menawarkan harga lebih kompetitif di pasar. Efisiensi energi memberikan stabilitas biaya jangka panjang yang berdampak pada peningkatan margin keuntungan. Sementara itu, perencanaan kapasitas (*capacity planning*) membantu menjaga kestabilan output dan mempercepat respons terhadap perubahan permintaan pasar. Secara keseluruhan, integrasi antara optimasi teknis dan strategi ekonomi memperkuat ketahanan perusahaan terhadap fluktuasi harga, risiko permintaan, serta dinamika pasar.

### 8. Tantangan Implementasi

Implementasi integrasi optimasi produksi dan manajemen risiko pasar dalam industri daur ulang plastik menghadapi berbagai tantangan internal. Salah satu kendala utama adalah keterbatasan teknologi produksi, terutama pada pelaku usaha skala kecil yang masih menggunakan peralatan semi-manual dan kurang efisien energi. Modernisasi teknologi berperan signifikan dalam menurunkan waste dan meningkatkan produktivitas, namun membutuhkan investasi yang tidak kecil [46]. Selain itu, modal terbatas menjadi hambatan dalam pengadaan mesin berteknologi tinggi maupun sistem manajemen berbasis digital. Keterbatasan akses pembiayaan berdampak langsung pada efisiensi operasional UMKM [47]. Tantangan lain adalah keterbatasan SDM teknik dan manajerial, yang memengaruhi kemampuan perusahaan dalam mengintegrasikan pendekatan engineering dan manajemen risiko secara sistematis.

Dari sisi eksternal, industri daur ulang plastik sangat dipengaruhi oleh volatilitas harga global, terutama harga resin plastik virgin yang menjadi benchmark pasar. Ketika harga global turun, daya saing produk daur ulang ikut tertekan [48]. Volatilitas pasar meningkatkan risiko keuangan dan ketidakstabilan margin. Selain itu, perubahan regulasi lingkungan dan standar kualitas dapat meningkatkan biaya kepatuhan dan memengaruhi struktur biaya produksi. Kebijakan lingkungan yang dinamis menciptakan ketidakpastian sekaligus peluang inovasi. Ketidakpastian permintaan pasar juga menjadi faktor eksternal yang memperkuat kebutuhan akan sistem produksi yang fleksibel dan adaptif [49]. Tantangan-tantangan ini menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi integrasi *engineering economic* memerlukan kesiapan internal sekaligus adaptasi terhadap tekanan eksternal.

Riset kedepan, perlu mengarah pada pengembangan model simulasi integratif (*engineering–financial simulation*) yang mampu memetakan hubungan antara efisiensi teknis dan risiko ekonomi secara kuantitatif. Pendekatan Structural Equation Modeling (SEM) atau system dynamics dapat digunakan untuk menguji hubungan kausal antara optimasi proses, efisiensi biaya, fleksibilitas harga, dan stabilitas profitabilitas. Selain itu, diperlukan studi komparatif lintas negara untuk memahami perbedaan konteks kebijakan dan struktur pasar. Integrasi indikator circular economy metrics dengan financial risk metrics juga menjadi agenda penting untuk memperkuat analisis keberlanjutan industri daur ulang plastik. Dengan demikian, penelitian masa depan diharapkan mampu membangun model empiris yang lebih komprehensif dan aplikatif.

### 9. Kesimpulan dan Implikasi

Kajian ini menegaskan bahwa optimasi sistem produksi, manajemen rantai pasok, dan manajemen risiko pasar dalam industri daur ulang plastik harus dipahami sebagai satu sistem yang saling terintegrasi. Efisiensi proses produksi melalui lean manufacturing, simplifikasi proses, efisiensi energi, dan perencanaan kapasitas terbukti berperan dalam menurunkan struktur biaya dan meningkatkan stabilitas operasional.

Namun demikian, efisiensi teknis semata tidak cukup untuk menjamin keberlanjutan profitabilitas apabila tidak didukung oleh sistem rantai pasok yang tangguh serta mekanisme pengelolaan risiko pasar yang adaptif. Reverse logistics, pengendalian persediaan, dan koordinasi antar pelaku rantai pasok menjadi faktor kunci dalam menjaga kontinuitas pasokan dan kestabilan output.

Implikasi praktis dari kajian ini menekankan pentingnya pendekatan manajerial yang menyelaraskan strategi produksi, strategi rantai pasok, dan strategi pasar secara simultan. Pelaku industri perlu menginvestasikan sumber daya pada peningkatan efisiensi proses, digitalisasi informasi rantai pasok, serta sistem manajemen risiko yang berbasis data dan berkelanjutan. Dari sisi kebijakan, dukungan dalam bentuk insentif teknologi, akses pembiayaan untuk modernisasi mesin, serta kebijakan stabilisasi pasar sangat diperlukan untuk meningkatkan daya saing industri daur ulang plastik, khususnya di negara berkembang.

Secara akademik, penelitian ini membuka ruang bagi pengembangan model kuantitatif yang menguji keterkaitan antara optimasi produksi, ketahanan rantai pasok, dan stabilitas profitabilitas. Pendekatan seperti system dynamics, SEM, maupun model simulasi terpadu dapat digunakan untuk memvalidasi hubungan kausal yang telah disintesis secara konseptual dalam studi ini. Dengan demikian, integrasi produksi–rantai pasok–risiko pasar diharapkan tidak hanya meningkatkan kinerja finansial, tetapi juga memperkuat ketahanan dan keberlanjutan industri daur ulang plastik dalam menghadapi dinamika ekonomi global yang semakin kompleks.

## 10. Referensi:

- [1] Organisation for Economic Co-operation and Development. *Improving plastics management: trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade*. OECD Publishing, 2018.
- [2] World Bank, “Plastic Waste Discharges from Rivers and Coastlines in Indonesia. Marine Plastics Series, East Asia and Pacific Region,” *Int. Bank Reconstr. Dev. / World Bank*, no. May, 2021.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [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] Q. Gu, T. Jitpaipoon, and J. Yang, “The impact of information integration on financial performance: A knowledge-based view,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 191, pp. 221–232, 2017.
- [7] C. N. Ciocoiu, C. Radu, S. E. Colesca, and A. Prioteasa, “Exploring the link between risk management and performance of MSMEs: A bibliometric review,” *J. Econ. Surv.*, vol. 39, no. 4, pp. 1523–1552, 2025.
- [8] Nizar, Muhammad, et al. "Examining the economic benefits of urban waste recycle based on zero waste concepts." *Ist Aceh global conference (AGC 2018)*. Atlantis Press, 2019.
- [9] D. Pal, R. Singh, and N. Das, “Entrepreneurship and MSMEs’ financial performance: A bibliometric analysis and future research avenues: Pal et al.,” *J. Int. Entrep.*, pp. 1–58, 2025.
- [10] Settembre-Blundo, Davide, et al. "Flexibility and resilience in corporate decision making: a new sustainability-based risk management system in uncertain times." *Global Journal of Flexible Systems Management* 22.Suppl 2 (2021): 107-132.
- [11] W. Gleißner, “Uncertainty and resilience in strategic management: profile of a robust company,” *Int. J. Risk Assess. Manag.*, vol. 26, no. 1, pp. 75–94, 2023.
- [12] F. Hamdi, A. Ghorbel, F. Masmoudi, and L. Dupont, “Optimization of a supply portfolio in the context of supply chain risk management: literature review,” *J. Intell. Manuf.*, vol. 29, no. 4, pp. 763–788, 2018.
- [13] A. Moeuf, R. Pellerin, S. Lamouri, S. Tamayo-Giraldo, and R. Barbaray, “The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 56, no. 3, pp. 1118–1136, 2018.
- [14] J. Wang, L. Zhao, and A. Huchzermeier, “Operations-finance interface in risk management: Research evolution and opportunities,” *Prod. Oper. Manag.*, vol. 30, no. 2, pp. 355–389, 2021.
- [15] W. Chen, X. Huang, Y. Liu, and Y. Song, “Does industry integration improve the competitiveness of China’s electronic information industry?—evidence from the integration of the electronic

- information industry and financial industry,” *Sustainability*, vol. 11, no. 9, p. 2695, 2019.
- [16] 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.
- [17] A. Chauhan, N. K. Sharma, S. Tayal, V. Kumar, and M. Kumar, “A sustainable production model for waste management with uncertain scrap and recycled material,” *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, vol. 24, no. 5, pp. 1797–1817, 2022.
- [18] B. Tansel, “Increasing gaps between materials demand and materials recycling rates: A historical perspective for evolution of consumer products and waste quantities,” *J. Environ. Manage.*, vol. 276, p. 111196, 2020.
- [19] S. Yana and B. Badaruddin, “Pengelolaan Limbah Plastik Sebagai Upaya Pengurangan Pencemaran Lingkungan Melalui Transformasi Yang Memiliki Nilai Tambah Ekonomi,” *J. Serambi Eng.*, vol. 2, no. 4, pp. 157–164, 2017.
- [20] L. Milios, L. H. Christensen, D. McKinnon, C. Christensen, M. K. Rasch, and M. H. Eriksen, “Plastic recycling in the Nordics: A value chain market analysis,” *Waste Manag.*, vol. 76, pp. 180–189, 2018.
- [21] S. Yana, D. Mulyati, B. Badaruddin, and H. Halimatussakdiah, “Sistem Pengelolaan Limbah Plastik di Kota Lhokseumawe-Provinsi Aceh,” *J. Serambi Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 400–405, 2019.
- [22] P. Sambyal *et al.*, “Plastic recycling: Challenges and opportunities,” *Can. J. Chem. Eng.*, vol. 103, no. 6, pp. 2462–2498, 2025.
- [23] M. H. Tan, M. S. Chiong, Y.-Y. Chun, K. Tsukahara, and K. Tahara, “An analysis of practices and challenges for plastic recycling industry in Malaysia,” *Int. J. Autom. Technol.*, vol. 16, no. 6, pp. 831–837, 2022.
- [24] S. Satapathy, “An analysis of barriers for plastic recycling in the Indian plastic industry,” *Benchmarking An Int. J.*, vol. 24, no. 2, pp. 415–430, 2017.
- [25] C. Rusmina, M. Mawardi, M. Bakri, S. Susanti, R. Radhiana, and C. A. Suraya, “Meningkatkan Daya Saing UMKM melalui Penerapan Just-in-Time dan Teknologi Sederhana,” *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [26] V. P. K. Sundram, A. S. Bahrin, Z. B. Abdul Munir, and A. H. Zolait, “The effect of supply chain information management and information system infrastructure: The mediating role of supply chain integration towards manufacturing performance in Malaysia,” *J. Enterp. Inf. Manag.*, vol. 31, no. 5, pp. 751–770, 2018.
- [27] D. Seth, N. Seth, and P. Dhariwal, “Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study,” *Prod. Plan. Control*, vol. 28, no. 5, pp. 398–419, 2017.
- [28] M. Goswami and Y. Daultani, “Product quality optimization vs production capacity optimization: an analytical perspective,” *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 40, no. 3, pp. 801–819, 2023.
- [29] G. L. Tortorella, R. Giglio, and D. H. Van Dun, “Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement,” *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 39, no. 6/7/8, pp. 860–886, 2019.
- [30] D. H. Utku, “The evaluation and improvement of the production processes of an automotive industry company via simulation and optimization,” *Sustainability*, vol. 15, no. 3, p. 2331, 2023.
- [31] S. Vasani and A. M. Abdulkareem, “MSME market presence and competitiveness in a global economy,” *Cogent Econ. Financ.*, vol. 12, no. 1, p. 2416992, 2024.
- [32] P. K. Behera, N. C. Sahu, and A. Mahanta, “Volatility spillover and connectedness between SME and main markets of India and China,” *Asia-Pacific Financ. Mark.*, vol. 32, no. 4, pp. 1407–1429, 2025.
- [33] M. N. Jat, M. S. S. Jajja, S. A. A. Shah, and S. Farooq, “Manufacturer’s servitization level and financial performance: the role of risk management,” *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 34, no. 1, pp. 122–146, 2023.
- [34] E. Napier, S. Y. H. Liu, and J. Liu, “Adaptive strength: Unveiling a multilevel dynamic process model for organizational resilience,” *J. Bus. Res.*, vol. 171, p. 114334, 2024.
- [35] E. A. Khan, M. M. H. Chowdhury, H. M. K. Hassan, A. K. M. S. Mahmud, and M. Shamsuddoha, “Sustainable recycling management: configuration of risk factors and resilience strategies,” *J. Bus. Ind. Mark.*, vol. 39, no. 8, pp. 1827–1844, 2024.
- [36] Nizar, Muhammad, et al. “Bibliometric analysis of global research on organic waste enzymes for plastic biodegradation: Trends, microbial roles, and process optimization.” *Cleaner and Circular*

- Bioeconomy* 12 (2025): 100164.
- [37] 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](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/global-plastics-outlook_de747aef-en)
- [38] X. Xu, J. Wang, C. He, X. Jiang, and Q. An, "Sewage Treatment Equipment Supply Chain Collaboration and Resilience Improvement Path Analysis: Collaborative Decision-Making, Information Sharing, Risk Management," *Sustainability*, vol. 16, no. 20, p. 9031, 2024.
- [39] M. Debnath, S. K. Mazumder, M. B. Hossain, A. Garai, and C. B. Illes, "Optimal base-stock inventory-management policies of cement retailers under supply-side disruptions," *Mathematics*, vol. 11, no. 18, p. 3971, 2023.
- [40] T. E. Saputro, G. Figueira, and B. Almada-Lobo, "Integrating supplier selection with inventory management under supply disruptions," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 59, no. 11, pp. 3304–3322, 2021.
- [41] Ginn, William, and Jamel Saadaoui. "Do supply chain disruptions matter for global economic conditions?." *The World Economy* 48.7 (2025): 1534-1551.
- [42] P. Basu, D. Chatterjee, I. Ghosh, and P. K. Dan, "Lean manufacturing implementation and performance: the role of economic volatility in an emerging economy," *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 32, no. 6, pp. 1188–1223, 2021.
- [43] A. Barman, A. K. Chakraborty, S. S. Sana, and P. Banerjee, "Pricing strategy and risk-averse flexibility in sustainable supply chain: a dual-channel logistics process under reward contracts and demand uncertainty," *Glob. J. Flex. Syst. Manag.*, vol. 25, no. 4, pp. 733–762, 2024.
- [44] N. Dormady, A. Roa-Henriquez, and A. Rose, "Economic resilience of the firm: A production theory approach," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 208, pp. 446–460, 2019.
- [45] H. Parker and K. Ameen, "The role of resilience capabilities in shaping how firms respond to disruptions," *J. Bus. Res.*, vol. 88, pp. 535–541, 2018.
- [46] 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.
- [47] S. Singh, R. Raj, B. M. Dash, V. Kumar, M. Paliwal, and S. Chauhan, "Access to finance and its impact on operational efficiency of MSMEs: mediating role of entrepreneurial personality and self-efficacy," *J. Small Bus. Enterp. Dev.*, vol. 32, no. 3, pp. 596–619, 2025.
- [48] F. Tian, G. Sošić, and L. Debo, "Manufacturers' competition and cooperation in sustainability: Stable recycling alliances," *Manage. Sci.*, vol. 65, no. 10, pp. 4733–4753, 2019.
- [49] M. Elyasi, B. Altan, A. Ekici, O. Ö. Özener, İ. Yanıkoğlu, and A. Dolgui, "Production planning with flexible manufacturing systems under demand uncertainty," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 62, no. 1–2, pp. 157–170, 2024.