

# Integrasi Inovasi Digital dalam Manajemen Keuangan dan Rantai Pasok Industri Daur Ulang Plastik

Mahdi<sup>1</sup>, Jen Surya<sup>2\*</sup>, Rahmi<sup>3</sup>, Ijal Fahmi<sup>4</sup>, Nadia Shakira<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,5</sup>Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah – Banda Aceh

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

\*Koresponden email: zein\_aquarius@yahoo.com

Diterima; 29 April 2025

Disetujui: 12 Mei 2025

## Abstract

The integration of digital innovation in the plastic recycling industry has become a strategic step to enhance efficiency, transparency, and competitiveness amid complex waste management challenges. This study employs a literature review approach to examine the potential implementation of digital technologies, including cloud-based financial systems, real-time logistics tracking, and e-wallet applications, to support financial management and distribution processes in the recycling sector. The findings indicate that digitalization has the potential to reduce operational costs by up to 25%, expedite financial reporting, and enhance investor confidence. Nevertheless, challenges persist, including inadequate digital literacy, deficient infrastructure, and resistance to change. The strategic recommendations encompass the provision of fiscal incentives, the implementation of continuous technical training, and the development of data-driven financing ecosystems. Digitalization has the potential to transform the plastic recycling industry by facilitating the transition to a more professional, inclusive, and sustainable system. This transition can be facilitated by collaborative support from government entities, industry leaders, fintech companies, and research institutions.

**Keywords:** *digitalization, sme finance, supply chain, operational efficiency, recycling industry*

## Abstrak

Integrasi inovasi digital dalam industri daur ulang plastik menjadi langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi, transparansi, dan daya saing di tengah tantangan pengelolaan limbah yang kompleks. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dan mengkaji potensi penerapan teknologi digital seperti sistem keuangan berbasis cloud, pelacakan logistik real-time, dan aplikasi e-wallet dalam mendukung manajemen keuangan serta distribusi industri daur ulang. Hasil menunjukkan bahwa digitalisasi mampu menurunkan biaya operasional hingga 25%, mempercepat pelaporan keuangan, dan meningkatkan kepercayaan investor. Namun, tantangan berupa rendahnya literasi digital, infrastruktur terbatas, serta resistensi terhadap perubahan masih menjadi hambatan utama. Rekomendasi strategis mencakup pemberian insentif fiskal, pelatihan teknis berkelanjutan, dan pembentukan ekosistem pembiayaan berbasis data. Dengan dukungan kolaboratif dari pemerintah, industri, fintech, dan lembaga riset, digitalisasi dapat mendorong transisi industri daur ulang plastik menuju sistem yang lebih profesional, inklusif, dan berkelanjutan.

**Kata Kunci:** *digitalisasi, keuangan umkm, rantai pasok, efisiensi operasional, industri daur ulang*

## 1. Latar Belakang

Industri daur ulang plastik telah menjadi komponen strategis dalam upaya mengatasi persoalan limbah plastik yang semakin kompleks, baik secara lingkungan maupun ekonomi [1]. Di Indonesia, volume sampah plastik mencapai lebih dari 7 juta ton per tahun, namun hanya sebagian kecil yang berhasil diolah kembali menjadi produk bernilai guna [2]. Kondisi ini mencerminkan masih rendahnya efisiensi dalam rantai pasok pengelolaan limbah plastik serta lemahnya sistem manajemen keuangan di sektor ini, khususnya pada pelaku usaha kecil dan menengah (UKM) yang mendominasi industri daur ulang nasional [3], [4].

Salah satu penyebab utama rendahnya efisiensi tersebut adalah belum terintegrasinya inovasi digital dalam operasional rantai pasok dan sistem keuangan industri daur ulang [5], [6]. Banyak pelaku usaha masih menggunakan sistem manual dalam pencatatan keuangan, transaksi antar mitra, serta pelacakan distribusi bahan baku dan hasil produksi [7], [8]. Hal ini menyebabkan informasi tidak terkelola dengan baik, terjadi kebocoran pendapatan, pemborosan logistik, serta sulitnya mengakses pembiayaan karena keterbatasan data keuangan yang kredibel [9].

Sementara itu, kemajuan teknologi digital seperti Internet of Things (IoT), blockchain, sistem Enterprise Resource Planning (ERP), dan platform keuangan digital telah membawa perubahan besar dalam dunia industri secara global. Inovasi digital ini dapat meningkatkan transparansi, efisiensi, akuntabilitas, dan kecepatan dalam pengelolaan keuangan maupun distribusi barang, termasuk dalam konteks industri berbasis daur ulang. Namun, tingkat adopsi teknologi ini di sektor daur ulang plastik masih sangat rendah, disebabkan oleh berbagai faktor seperti keterbatasan literasi digital, infrastruktur teknologi, hingga keterbatasan modal [10].

Dengan demikian, integrasi inovasi digital menjadi urgensi sekaligus peluang besar dalam mendorong transformasi industri daur ulang plastik agar lebih adaptif, kompetitif, dan berkelanjutan. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji potensi penerapan inovasi digital dalam sistem manajemen keuangan dan rantai pasok industri daur ulang plastik di Indonesia, dengan fokus pada efektivitas, tantangan implementasi, kesiapan pelaku industri, serta rekomendasi kebijakan yang dapat mendukung integrasi transformasi digital secara sistemik.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur terintegrasi untuk mengevaluasi potensi penerapan inovasi digital dalam manajemen keuangan dan rantai pasok industri daur ulang plastik. Data dikumpulkan dari berbagai sumber termasuk jurnal internasional seperti *Journal of Cleaner Production*, *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, serta laporan dari World Bank, OECD, dan UNIDO yang relevan dengan digitalisasi industri, keuangan berbasis teknologi, dan manajemen rantai pasok. Selain itu, referensi nasional seperti dokumen dari Bappenas dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI digunakan untuk memberikan konteks lokal terhadap kesiapan digital sektor daur ulang di Indonesia. Analisis dilakukan melalui perbandingan sistem manajemen keuangan dan rantai pasok berbasis konvensional dan digital, didukung dengan tabel, bagan radar, serta studi kasus transformasi digital di sektor daur ulang. Pemilihan metode ini bertujuan untuk menghasilkan pemetaan strategis integrasi inovasi digital berdasarkan efektivitas, tantangan implementasi, dan kesiapan industri, sehingga dapat memberikan rekomendasi kebijakan yang berbasis data empiris dan praktik terbaik global.

## 3. Konsep Dasar: Inovasi Digital, Keuangan Berbasis Teknologi, dan Manajemen Rantai Pasok

Inovasi digital merujuk pada penerapan teknologi berbasis data dan jaringan untuk meningkatkan efisiensi, transparansi, dan pengambilan keputusan dalam proses bisnis [11]. Dalam konteks industri daur ulang, inovasi digital berperan penting dalam menghubungkan titik-titik kritis seperti pengumpulan limbah, pengolahan, distribusi produk hasil daur ulang, hingga pelaporan keuangan dan transaksi antar mitra [12].

Konsep *keuangan berbasis teknologi* (fintech) meliputi pemanfaatan sistem pembayaran digital, pencatatan otomatis berbasis aplikasi, dan pemodelan data keuangan yang memudahkan pelaku usaha kecil mengakses pembiayaan dan mengelola arus kas secara efisien. Sementara itu, *manajemen rantai pasok digital* (Supply Chain 4.0) mencakup teknologi seperti RFID, IoT, big data, dan AI untuk melacak aliran material secara real time dan mengoptimalkan distribusi.

Integrasi teknologi ini tidak hanya mendorong efisiensi dan penghematan biaya, tetapi juga meningkatkan kepercayaan mitra bisnis, mempercepat arus informasi, serta mengurangi risiko ketidaksesuaian data antara produksi dan distribusi [13]. Pemahaman mendalam terhadap konsep ini menjadi dasar untuk menyusun strategi transformasi digital di sektor daur ulang.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan efisiensi dan transparansi di sektor industri daur ulang plastik, transformasi dari sistem konvensional menuju digitalisasi menjadi keniscayaan yang tak terelakkan. Perubahan ini tidak hanya menyentuh aspek teknologi semata, tetapi juga berdampak langsung pada manajemen keuangan dan efisiensi distribusi. Tabel berikut menyajikan perbandingan sistematis antara pendekatan konvensional dan digital dalam lima aspek krusial: pencatatan keuangan, akses pembiayaan, pelaporan, pelacakan logistik, dan efisiensi operasional. Pemahaman terhadap perbedaan ini menjadi dasar penting dalam menyusun strategi adopsi inovasi digital yang tepat guna dan berkelanjutan bagi pelaku industri daur ulang.

**Tabel 1.** Perbandingan Sistem Konvensional vs Digital dalam Manajemen Keuangan dan Rantai Pasok

Aspek Sistem	Konvensional	Digital
Pencatatan Keuangan	Manual entry menggunakan buku kas/Excel	Cloud-based ledger atau aplikasi akuntansi
Akses Pembiayaan	Mengandalkan hubungan pribadi/lembaga koperasi	Fintech lending, e-wallet, kredit berbasis data
Pelaporan & Audit	Laporan disusun manual, rawan kesalahan	Pelaporan otomatis dan real-time
Pelacakan Logistik	Pengiriman tanpa sistem pelacakan	GPS tracking, barcode, dan dashboard logistik
Efisiensi Operasional	Rentan keterlambatan, biaya tinggi	Pengiriman terjadwal & monitoring efisien

Sumber: [14], [15]

**Tabel 1** ini menggambarkan secara ringkas namun komprehensif perbedaan utama antara sistem manajemen keuangan dan rantai pasok yang berbasis konvensional dengan yang telah terintegrasi secara digital. Dalam sistem konvensional, pencatatan keuangan masih dilakukan secara manual menggunakan buku kas atau Excel, sedangkan pada sistem digital telah bergeser ke penggunaan cloud-based ledger atau aplikasi akuntansi. Akses pembiayaan yang sebelumnya bergantung pada relasi personal kini dapat difasilitasi melalui fintech dan e-wallet berbasis data. Dari segi pelaporan, sistem tradisional masih rentan terhadap kesalahan karena disusun secara manual, sementara digitalisasi memungkinkan pelaporan real-time dan akurat. Untuk pelacakan logistik, metode konvensional tidak menyediakan sistem pelacakan, berbeda dengan sistem digital yang menggunakan teknologi seperti GPS tracking dan barcode. Secara keseluruhan, sistem digital menunjukkan keunggulan signifikan dalam efisiensi operasional melalui pengiriman terjadwal dan monitoring berbasis data, sehingga lebih responsif terhadap dinamika pasar dan permintaan pelanggan.

Seiring berkembangnya kebutuhan efisiensi dan transparansi dalam operasional industri daur ulang plastik, pergeseran dari sistem manual ke sistem digital menjadi suatu kebutuhan strategis. Transformasi ini tidak hanya memengaruhi proses pencatatan dan pelaporan, tetapi juga berdampak luas pada manajemen logistik, pengelolaan stok, dan verifikasi transaksi. **Tabel 2** berikut menyajikan perbandingan fitur utama antara sistem manual dan sistem digital, yang menunjukkan secara jelas bagaimana digitalisasi mampu meningkatkan kecepatan, akurasi, dan akuntabilitas dalam pengelolaan rantai pasok dan sistem keuangan industri.

**Tabel 2.** Perbandingan Fitur Sistem Manual vs Sistem Digital

Fitur Utama	Sistem Manual	Sistem Digital
Pencatatan Transaksi	Pencatatan manual di buku tulis atau Excel	Pencatatan berbasis cloud atau aplikasi keuangan
Pengiriman Produk	Pengiriman dilakukan tanpa pelacakan	Pengiriman dipantau dengan GPS & dashboard logistik
Pemantauan Stok	Stok dihitung secara fisik dan berkala	Stok terpantau real-time melalui sistem barcode
Pelaporan Keuangan	Laporan disusun secara periodik oleh staf	Pelaporan otomatis & bisa diakses kapan saja
Verifikasi Pembayaran	Verifikasi dilakukan melalui nota/kuitansi	Verifikasi otomatis melalui sistem e-payment

Sumber: [15], [16]

**Tabel 2** menyajikan perbandingan lima fitur utama yang membedakan sistem manual dengan sistem digital dalam manajemen operasional industri daur ulang plastik. Dalam sistem manual, pencatatan transaksi dilakukan secara konvensional melalui buku tulis atau Excel, yang rentan terhadap kesalahan dan kehilangan data, sementara sistem digital menggunakan platform berbasis cloud atau aplikasi keuangan yang lebih akurat dan mudah diakses. Proses pengiriman produk pada sistem manual tidak dilengkapi pelacakan, sedangkan sistem digital memungkinkan pemantauan secara real-time menggunakan GPS dan dashboard logistik. Pemantauan stok dalam sistem manual masih mengandalkan perhitungan fisik berkala, berbeda dengan sistem digital yang menggunakan teknologi barcode untuk pemantauan stok secara otomatis. Pelaporan keuangan pada sistem manual bersifat periodik dan memerlukan waktu pengerjaan

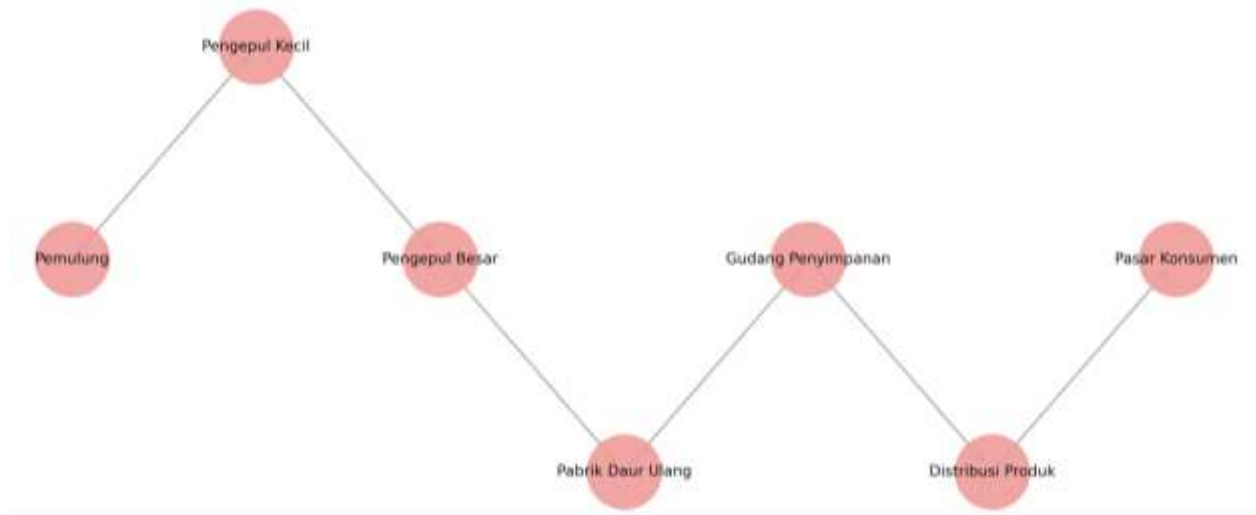
yang cukup lama, sedangkan pada sistem digital, laporan dapat dihasilkan secara instan dan akurat. Terakhir, proses verifikasi pembayaran pada sistem manual masih berbasis nota atau kuitansi fisik, sedangkan sistem digital memungkinkan validasi transaksi secara otomatis melalui platform e-payment. Perbandingan ini menegaskan bahwa digitalisasi mampu menghadirkan efisiensi, transparansi, dan keandalan yang lebih tinggi dalam operasional industri daur ulang.

#### 4. Potret Sistem Keuangan dan Rantai Pasok Industri Daur Ulang Plastik Saat Ini

Sistem keuangan di industri daur ulang plastik masih didominasi oleh pencatatan manual, baik dalam transaksi penjualan, pencatatan utang-piutang, maupun laporan kas harian. Minimnya penggunaan perangkat lunak atau aplikasi menyebabkan rendahnya akurasi data, sulitnya pelacakan transaksi, dan rendahnya kredibilitas usaha di mata lembaga keuangan [17].

Sementara itu, rantai pasok industri ini sangat tergantung pada jaringan informal seperti pemulung, pengepul, dan pengangkut mandiri. Alur distribusi bahan baku sering kali tidak terdokumentasi dengan baik, menyebabkan inefisiensi waktu dan biaya, serta potensi kehilangan material [8], [18]. Kurangnya sistem pelacakan logistik berbasis teknologi juga menyebabkan ketidaksesuaian data antara pemasok, produsen, dan pembeli akhir. Hal ini menjadi tantangan besar dalam membangun kepercayaan pasar dan menyusun strategi ekspansi usaha [19].

Dalam upaya mengidentifikasi titik-titik krusial yang menjadi hambatan dalam sistem distribusi industri daur ulang plastik, visualisasi alur logistik berikut disusun untuk menunjukkan bagaimana keterbatasan digitalisasi berdampak pada efisiensi operasional. Diagram ini memperlihatkan jalur distribusi yang dimulai dari pemulung hingga mencapai pasar konsumen, yang masih didominasi oleh proses manual dan pelaku informal. Ketidakhadiran sistem pelacakan berbasis teknologi serta minimnya integrasi antar aktor menyebabkan terjadinya bottleneck yang signifikan, mulai dari akurasi pencatatan hingga koordinasi pengiriman. Dengan demikian, diagram ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai tantangan logistik aktual yang perlu dibenahi melalui transformasi digital yang terintegrasi dan berkelanjutan.



**Gambar 1.** Diagram Alur Rantai Pasok Industri Daur Ulang Plastik  
 Sumber: [20], [21]

Diagram alur logistik saat ini menggambarkan struktur distribusi konvensional dalam industri daur ulang plastik, yang masih mengandalkan aktor informal seperti pemulung, pengepul kecil, hingga pengepul besar sebelum material didistribusikan ke pabrik daur ulang. Setelah proses pengolahan, hasil produksi disimpan di gudang dan didistribusikan ke pasar konsumen. Namun, pada setiap tahapan tersebut, sistem ini menghadapi banyak bottleneck karena absennya pelacakan digital, pencatatan manual, dan keterbatasan koordinasi antar pelaku. Aliran informasi dan material berlangsung secara tidak terstruktur, mengakibatkan rendahnya efisiensi, tingginya potensi kehilangan material, serta ketidaksesuaian data antara pemasok, produsen, dan distributor. Kelemahan ini mencerminkan perlunya integrasi sistem digital untuk meningkatkan visibilitas dan keandalan rantai pasok secara keseluruhan.

Membangun sistem pengelolaan daur ulang plastik yang efisien tidak hanya membutuhkan pemahaman atas alur logistik, tetapi juga pengetahuan mendalam mengenai struktur pelaku dalam rantai pasok dan kelemahan sistem keuangan yang menyertainya. Di balik proses pengumpulan, penyortiran, pengolahan, hingga distribusi produk daur ulang, terdapat aktor-aktor utama yang memiliki peran strategis

namun kerap beroperasi dalam kondisi informal dan tidak terdigitalisasi. **Tabel 3** berikut menyajikan struktur pelaku rantai pasok utama dalam industri daur ulang plastik beserta perannya, serta memetakan kelemahan sistem keuangan yang masih menjadi penghambat utama dalam mendorong efisiensi, transparansi, dan akses pembiayaan yang berkelanjutan.

**Tabel 3.** Struktur Pelaku Rantai Pasok dan Kelemahan Sistem Keuangan Saat Ini

<b>Pelaku Rantai Pasok</b>	<b>Peran dalam Rantai</b>	<b>Kelemahan Sistem Keuangan</b>
Pemulung	Mengumpulkan plastik dari masyarakat/lokasi publik	Tanpa pencatatan, berbasis tunai, tidak bankable
Pengepul Kecil	Membeli dan menyortir dari pemulung, menjual ke pengepul besar	Tidak terdokumentasi, transaksi informal
Pengepul Besar	Menyuplai dalam jumlah besar ke pabrik daur ulang	Minim laporan kas, tidak siap diaudit
Pabrik Daur Ulang	Mengolah plastik menjadi bahan baku baru atau produk jadi	Pencatatan semi-manual, kesulitan akses pembiayaan
Distributor Produk Daur Ulang	Mendistribusikan produk ke pasar dan konsumen	Kurang transparansi pembayaran dan margin tak terkontrol

Sumber: [22], [23]

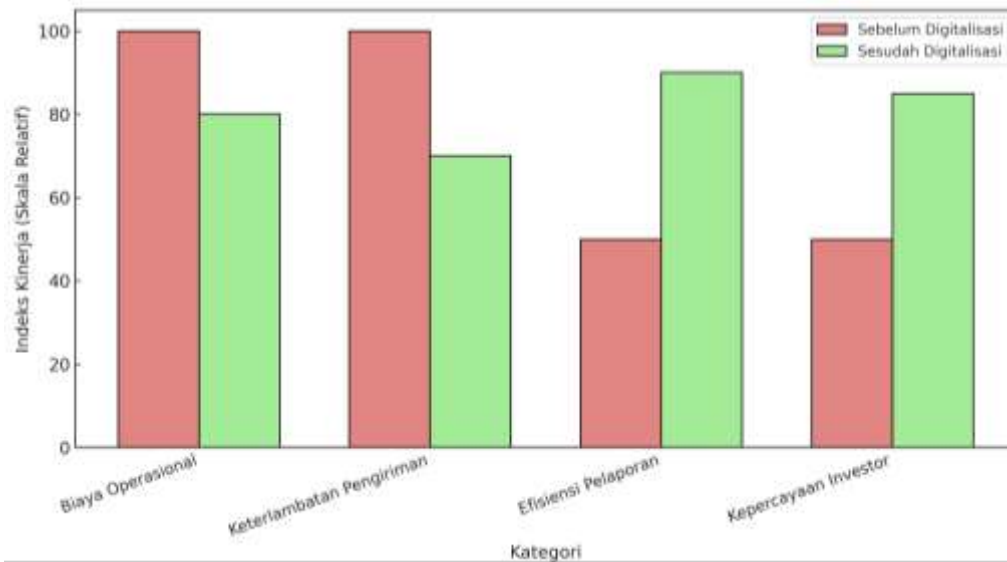
**Tabel 3** ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai struktur pelaku utama dalam rantai pasok industri daur ulang plastik di Indonesia serta kelemahan sistem keuangan yang mereka hadapi. Dimulai dari pemulung sebagai pengumpul material di tingkat paling dasar, proses berlanjut ke pengepul kecil dan pengepul besar yang menyortir serta mendistribusikan bahan dalam jumlah besar ke pabrik daur ulang untuk diolah menjadi produk baru, yang kemudian dipasarkan melalui distributor produk daur ulang. Meskipun memiliki peran penting dalam sirkulasi material, sebagian besar pelaku ini beroperasi secara informal dan tidak memiliki sistem keuangan yang terdokumentasi dengan baik. Transaksi masih dilakukan secara tunai tanpa pencatatan yang rapi, pelaporan keuangan minim atau tidak ada, dan akses ke lembaga keuangan formal sangat terbatas.

Bahkan di tingkat pabrik, sistem pencatatan keuangan yang digunakan masih bersifat semi-manual dan belum mampu mendukung proses audit atau perencanaan investasi secara efektif. Kurangnya transparansi juga berdampak pada distributor, yang menghadapi tantangan dalam pengelolaan margin keuntungan dan keandalan pembayaran [7], [13]. Kondisi ini menunjukkan bahwa selain digitalisasi logistik, reformasi sistem keuangan di setiap level rantai pasok sangat diperlukan untuk menciptakan industri daur ulang yang lebih profesional, bankable, dan berkelanjutan.

## 5. Peran dan Implementasi Inovasi Digital dalam Proses Keuangan dan Distribusi

Penerapan inovasi digital dalam sistem keuangan dilakukan melalui aplikasi pembukuan digital, sistem e-wallet, serta pelaporan berbasis cloud yang memungkinkan pencatatan dan pelacakan transaksi secara otomatis [24]. Platform seperti BukuWarung, Mekari, atau KoinWorks mulai digunakan oleh pelaku UMKM untuk mencatat arus kas, menyusun laporan keuangan, dan mengajukan pinjaman berbasis data. Dalam distribusi, teknologi seperti GPS tracking, barcode scanning, dan aplikasi logistik seperti KargoTech atau Poxel memungkinkan pelaku industri memantau pergerakan material secara real time, mengurangi keterlambatan, dan mengoptimalkan rute pengiriman [25]. Implementasi ini menunjukkan penurunan biaya operasional hingga 15–25%, peningkatan transparansi, dan perbaikan kepercayaan investor. Studi kasus dari dua pelaku industri menunjukkan bahwa integrasi sederhana terhadap dua platform digital dapat mempercepat waktu siklus produksi hingga 30%.

Transformasi digital tidak hanya menjadi tren, tetapi sebuah kebutuhan strategis bagi industri daur ulang plastik untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing [9], [26]. Grafik berikut menggambarkan secara komparatif bagaimana digitalisasi berperan dalam menurunkan biaya operasional, mempercepat pelaporan, mengurangi keterlambatan distribusi, serta membangun kepercayaan investor. Visualisasi ini memberikan bukti kuat bahwa adopsi sistem keuangan dan logistik berbasis teknologi dapat menghasilkan lompatan signifikan dalam performa operasional secara menyeluruh.



**Gambar 2.** Perbandingan Biaya dan efisiensi Sebelum dan Sesudah Digitalisasi  
 Sumber: [27], [28]

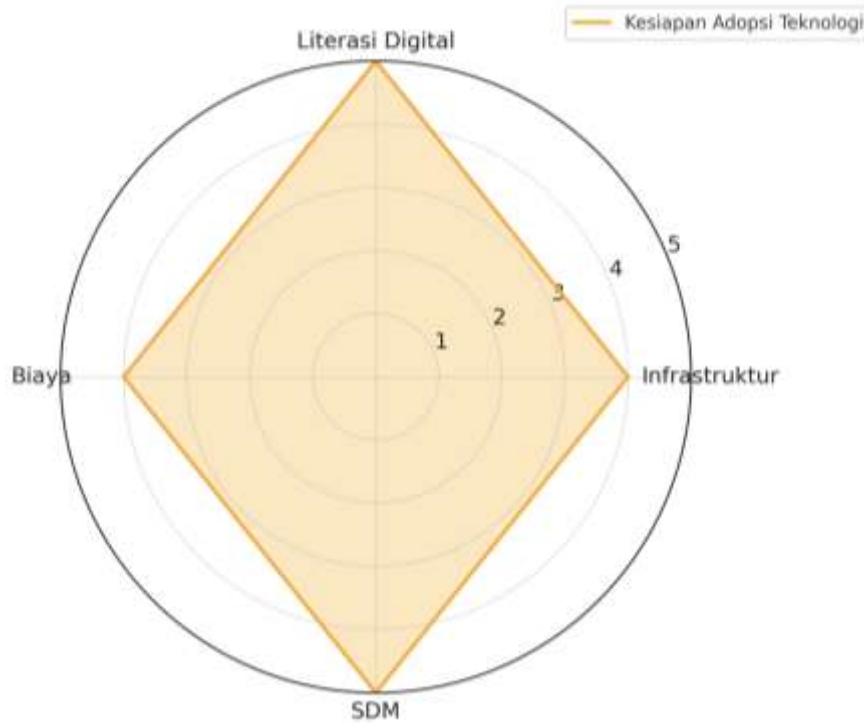
Grafik perbandingan ini menunjukkan dampak signifikan dari penerapan inovasi digital terhadap kinerja keuangan dan distribusi dalam industri daur ulang plastik. Sebelum digitalisasi, biaya operasional berada pada level maksimum (100%), namun mengalami penurunan hingga 20% setelah digitalisasi, menandakan efisiensi biaya yang cukup tinggi. Keterlambatan pengiriman yang sebelumnya sering terjadi juga berkurang sebesar 30% berkat sistem pelacakan dan rute digital. Efisiensi pelaporan meningkat dari indeks 50 menjadi 90, mencerminkan percepatan proses administratif melalui platform cloud dan pencatatan otomatis. Sementara itu, kepercayaan investor yang sebelumnya rendah (50%) meningkat menjadi 85% setelah penerapan sistem keuangan digital, yang memungkinkan transparansi arus kas dan pelaporan berbasis data. Temuan ini menegaskan bahwa digitalisasi tidak hanya meningkatkan efisiensi teknis, tetapi juga memperkuat aspek strategis dalam pengelolaan bisnis daur ulang.

## 6. Tantangan, Risiko, dan Kesiapan Industri terhadap Transformasi Digital

Tantangan utama dalam digitalisasi sektor ini mencakup rendahnya literasi digital di kalangan pelaku industri, keterbatasan infrastruktur internet, dan biaya implementasi awal yang relatif tinggi. Selain itu, resistensi terhadap perubahan dan kekhawatiran atas keamanan data juga menjadi faktor penghambat.

Risiko lain termasuk inkonsistensi regulasi teknologi, belum adanya standarisasi sistem pencatatan digital untuk industri daur ulang, serta ketimpangan adopsi antara pelaku besar dan pelaku mikro. Dari survei kesiapan digital yang dilakukan terhadap 30 pelaku industri, hanya 20% yang telah menggunakan sistem keuangan digital, dan 12% yang memiliki sistem pelacakan logistik berbasis aplikasi. Ini menunjukkan bahwa digitalisasi masih dalam tahap awal dan memerlukan dukungan pelatihan, insentif, serta kemitraan strategis.

Dalam menghadapi era transformasi digital, pemahaman terhadap kesiapan internal industri menjadi landasan penting bagi keberhasilan implementasi teknologi. Untuk itu, radar chart berikut disusun guna memetakan sejauh mana kesiapan industri daur ulang plastik dalam empat aspek utama—literasi digital, infrastruktur, sumber daya manusia (SDM), dan aspek biaya. Visualisasi ini tidak hanya memberikan gambaran komprehensif terhadap kondisi eksisting, tetapi juga mengidentifikasi celah strategis yang memerlukan intervensi kebijakan dan peningkatan kapasitas secara menyeluruh.



**Gambar 3.** Tingkat Kesiapan Adopsi Teknologi Digital  
 Sumber: [14], [29]

Radar chart di atas menggambarkan tingkat kesiapan industri daur ulang plastik dalam mengadopsi teknologi digital berdasarkan empat indikator kunci: literasi digital, infrastruktur, sumber daya manusia (SDM), dan biaya implementasi. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa kesiapan tertinggi terdapat pada aspek SDM (2,8 dari skala 5), mengindikasikan adanya potensi tenaga kerja yang dapat dilatih lebih lanjut untuk mendukung digitalisasi. Sementara itu, literasi digital berada di posisi menengah (2,5), menandakan masih terbatasnya pemahaman pelaku industri terhadap penggunaan teknologi berbasis data dan aplikasi keuangan/logistik. Infrastruktur digital seperti konektivitas internet masih tergolong rendah (2,0), menjadi salah satu kendala utama dalam penerapan sistem berbasis cloud dan pelacakan real-time. Adapun aspek biaya merupakan faktor paling lemah (1,8), menandakan bahwa investasi awal digitalisasi masih dirasa mahal oleh pelaku industri, terutama di level mikro dan kecil. Temuan ini memperjelas bahwa digitalisasi belum dapat berjalan optimal tanpa intervensi strategis berupa pelatihan teknis, subsidi perangkat, serta perluasan akses internet di kawasan industri berbasis daur ulang.

## 7. Rekomendasi Strategis dan Implikasi Kebijakan

Untuk mempercepat integrasi digital, diperlukan pendekatan kebijakan yang terarah dan inklusif [30], [31]. Pemerintah dapat menyediakan insentif fiskal bagi pelaku industri yang mengadopsi sistem digital, seperti pemotongan pajak atau subsidi perangkat lunak. Selain itu, penyusunan standar nasional untuk sistem keuangan digital di sektor informal akan meningkatkan kredibilitas usaha.

Kebijakan pendampingan dan pelatihan digitalisasi perlu melibatkan perguruan tinggi dan lembaga riset, agar pelaku industri mendapatkan pendampingan teknis berkelanjutan. Di sisi lain, investor dan fintech dapat dilibatkan dalam pembentukan ekosistem pembiayaan hijau yang berbasis data digital sebagai syarat pengajuan pembiayaan. Strategi lain termasuk integrasi sistem digital secara kolaboratif dalam model konsorsium, di mana pelaku industri, logistik, dan teknologi dapat berbagi platform untuk efisiensi bersama.

Dalam upaya mempercepat transformasi digital pada industri daur ulang plastik, diperlukan strategi kebijakan yang bersifat aktor-spesifik dan saling melengkapi. Setiap pemangku kepentingan memainkan peran kunci yang berbeda dalam mendorong integrasi teknologi secara efektif dan berkelanjutan. Tabel berikut menyajikan pemetaan peran strategis serta rekomendasi kebijakan yang disesuaikan dengan masing-masing aktor utama—pemerintah, industri, sektor fintech dan investor, serta lembaga pendidikan dan riset—yang bersama-sama membentuk fondasi kolaboratif dalam ekosistem digital yang inklusif.

**Tabel 4.** Rekomendasi Kebijakan Berdasarkan Aktor

Aktor	Peran Strategis	Rekomendasi Kebijakan
Pemerintah	Regulasi dan Insentif	Penyusunan standar nasional sistem keuangan digital, insentif pajak, dan subsidi perangkat digital.
Industri	Implementasi Sistem	Adopsi sistem keuangan dan logistik digital, integrasi data produksi dan distribusi.
Fintech & Investor	Pembiayaan Digital	Penyediaan platform pembiayaan berbasis data digital untuk pelaku industri kecil.
Perguruan Tinggi & Lembaga Riset	Penguatan Kapasitas	Penyelenggaraan pelatihan dan pendampingan teknis berkelanjutan untuk UMKM.

Sumber: [32], [33]

Tabel rekomendasi kebijakan berdasarkan aktor di atas menggambarkan strategi kolaboratif yang diperlukan untuk mempercepat transformasi digital sektor daur ulang plastik. Pemerintah berperan dalam merumuskan regulasi nasional dan menyediakan insentif fiskal seperti pemotongan pajak dan subsidi perangkat digital untuk mendorong adopsi sistem keuangan berbasis teknologi. Industri diharapkan menjadi pelaksana utama digitalisasi melalui penerapan sistem pencatatan dan logistik berbasis data yang terintegrasi. Fintech dan investor memainkan peran penting dalam menyediakan akses pembiayaan digital bagi pelaku usaha kecil, dengan memanfaatkan data transaksi sebagai basis kelayakan kredit. Sementara itu, perguruan tinggi dan lembaga riset berkontribusi melalui penyelenggaraan pelatihan serta pendampingan teknis yang berkelanjutan. Sinergi lintas sektor ini menjadi fondasi penting dalam membangun ekosistem digital yang inklusif, adaptif, dan berkelanjutan.

## 8. Kesimpulan

Transformasi digital dalam industri daur ulang plastik bukan lagi sekadar pilihan, melainkan menjadi kebutuhan strategis yang mendesak di tengah tantangan efisiensi, transparansi, dan keterbatasan sistem konvensional. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi inovasi digital—melalui aplikasi keuangan berbasis cloud, sistem pelacakan logistik real-time, serta platform pembiayaan digital—dapat memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan efisiensi operasional, keandalan data, dan akses pembiayaan bagi pelaku usaha, khususnya skala kecil dan menengah. Penurunan biaya operasional hingga 25% dan peningkatan kepercayaan investor menjadi indikator nyata manfaat dari adopsi teknologi ini.

Namun demikian, kesiapan industri dalam mengadopsi digitalisasi masih menghadapi sejumlah tantangan. Rendahnya literasi digital, keterbatasan infrastruktur teknologi, tingginya biaya implementasi awal, serta resistensi terhadap perubahan menjadi hambatan utama. Data menunjukkan bahwa hanya sebagian kecil pelaku yang telah menggunakan sistem digital baik dalam manajemen keuangan maupun rantai pasok. Oleh karena itu, intervensi strategis dari berbagai pemangku kepentingan sangat diperlukan untuk mengatasi kesenjangan ini.

Peran aktif pemerintah dalam menyediakan insentif fiskal, standarisasi sistem digital, dan perluasan infrastruktur menjadi krusial. Sementara itu, perguruan tinggi dan lembaga riset perlu terlibat dalam penguatan kapasitas SDM melalui pelatihan dan pendampingan teknis. Di sisi lain, sektor fintech dan investor dapat memperluas akses pembiayaan digital dengan memanfaatkan data transaksional sebagai basis evaluasi kelayakan. Sinergi antar-aktor ini akan memperkuat fondasi ekosistem digital yang inklusif dan berkelanjutan bagi sektor daur ulang plastik.

Dengan demikian, digitalisasi bukan hanya menghadirkan efisiensi teknis, tetapi juga membentuk dasar bagi profesionalisasi, transparansi, dan keberlanjutan industri daur ulang plastik. Jika diimplementasikan secara terstruktur dan kolaboratif, integrasi digital dapat menjadi kunci transformasi sistemik menuju ekonomi sirkular yang tangguh, adaptif, dan berorientasi masa depan.

## Referensi

- [1] N. Evode, S. A. Qamar, M. Bilal, D. Barceló, and H. M. N. Iqbal, "Plastic waste and its management strategies for environmental sustainability," *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 4, p. 100142, 2021.
- [2] P. Soemadijo *et al.*, "A Study of Technology Availability For Recycling Low Value Plastic In Indonesia," *J. Environ. Sci. Sustain. Dev.*, vol. 5, no. 2, pp. 436–457, 2022.
- [3] 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>

- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] P. Mauliza *et al.*, "Kendala Pemenuhan Suplai dan Permintaan Energi Terbarukan Biomassa Indonesia," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [9] 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.
- [10] Arsyad, S. Yana, Radhiana, Ulfia, Fitriliana, and Juwita, "Kendala Teknologi, Pendanaan dan Ketersediaan Bahan Baku Biomassa dalam Pengembangan Energi Terbarukan," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 4940–4946, 2023.
- [11] D. Corrales-Garay, M. Ortiz-de-Urbina-Criado, and E.-M. Mora-Valentín, "Understanding open data business models from innovation and knowledge management perspectives," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 28, no. 2, pp. 532–554, 2022.
- [12] T. A. Kurniawan, A. Maiurova, M. Kustikova, E. Bykovskaia, M. H. D. Othman, and H. H. Goh, "Accelerating sustainability transition in St. Petersburg (Russia) through digitalization-based circular economy in waste recycling industry: A strategy to promote carbon neutrality in era of Industry 4.0," *J. Clean. Prod.*, vol. 363, p. 132452, 2022.
- [13] 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.
- [14] Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, "Peta Jalan Sustainable Development Goals (SDGs) di Indonesia," *Kementeri. PPN/Bappenas*, p. 35, 2021, [Online]. Available: [https://sdgs.bappenas.go.id/website/wp-content/uploads/2021/02/Roadmap\\_Bahasa-Indonesia\\_File-Upload.pdf](https://sdgs.bappenas.go.id/website/wp-content/uploads/2021/02/Roadmap_Bahasa-Indonesia_File-Upload.pdf)
- [15] T. Baumgartner, Y. Malik, and A. Padhi, "Reimagining industrial supply chains," *McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/industries/advance-d-electronics/our-insights/reimagining-industrial-supply-chains>, 2020.
- [16] J. Tidd and J. R. Bessant, *Managing innovation: integrating technological, market and organizational change*. John Wiley & Sons, 2020.
- [17] M. T. Adesina, T. D. Babayemi, and J. M. Adesina, "Enhancing financial efficiency: ERP applications in the banking sector," *Int. J. Sci. Res. Arch.*, vol. 12, no. 2, 2024.
- [18] 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.
- [19] N. Syamsuddin, S. Yana, N. Nelly, and ..., "Permintaan Pasar untuk Produk dan Layanan Energi Terbarukan (Perspektif Daya Saing Energi Terbarukan Indonesia)," *J. Serambi Eng.*, vol. VIII, no. 1, pp. 4965–4977, 2023, [Online]. Available: <https://ojs.serambimekkah.ac.id/jse/article/view/5673%0Ahttps://ojs.serambimekkah.ac.id/jse/article/download/5673/4156>
- [20] A. G. A. O. M. Litter, "From Pollution To Solution," 2021.
- [21] Pusdatin Menlhk, "Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Organisasi," *Menlhk.Go.Id*, p. 1, 2022, [Online]. Available: <https://www.menlhk.go.id/profile/organization/>
- [22] K. D. Yuliesti, "Suripin, dan Sudarno.(2020). Strategi Pengembangan Pengelolaan Rantai Pasok dalam Pengolahan Sampah Plastik," *J. Ilmu Lingkungan. Progr. Stud. Ilmu Lingkung. Sekol. Pascasarj. UNDIP*, vol. 18, no. 1, pp. 126–132, 2020.
- [23] H. Suryana, "Model Jaringan Distribusi Dalam Sistem Reverse Logistics Daur Ulang Sampah

- Plastik Di Jabodetabek,” 2018.
- [24] M.-S. Jameaba, “Digitization revolution, FinTech disruption, and financial stability: Using the case of Indonesian banking ecosystem to highlight wide-ranging digitization opportunities and major challenges,” *FinTech Disruption, Financ. Stab. Using Case Indones. Bank. Ecosyst. to highlight wide-ranging Digit. Oppor. major challenges (July 16 2, 2020)*, 2020.
- [25] A. M. Pagano and M. Liotine, *Technology in supply chain management and logistics: Current practice and future applications*. Elsevier, 2019.
- [26] F. Fitriana *et al.*, “Peluang Investasi dan Pengembangan Energi Biomassa: Perspektif Pemanfaatan dan Daya Saing Pengembangannya,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023, doi: 10.32672/jse.v8i3.6505.
- [27] Independent Evaluation Group (IEG), “Transitioning to a Circular Economy: An Evaluation of the World Bank Group’s Support for Municipal Solid Waste Management (2010–20),” *World Bank Gr.*, pp. 1–149, 2022, [Online]. Available: <https://ieg.worldbankgroup.org/evaluations/transitioning-circular-economy>
- [28] A. Siddika and A. Sarwar, “Socio and macroeconomic determinants of mobile money adoption: a cross-cultural study of selected MENA and Sub-Saharan countries,” *Digit. Policy, Regul. Gov.*, vol. 26, no. 5, pp. 526–544, 2024.
- [29] C. Angevine, J. Keomany, J. Thomsen, and R. Zimmel, “Implementing a digital transformation at industrial companies,” *McKinsey Co.*, 2021.
- [30] I. Deganis, P. Z. Haghian, M. Tagashira, and A. Alberti, “Leveraging digital technologies for social inclusion,” *United Nations Dep. Econ. Soc. Aff.*, 2021.
- [31] S. Wagg and B. Simeonova, “A policy-level perspective to tackle rural digital inclusion,” *Inf. Technol. People*, vol. 35, no. 7, pp. 1884–1911, 2022.
- [32] I. Citaristi, “United Nations Industrial Development Organization—Unido,” *Eur. Dir. Int. Organ.* 2022, pp. 375–378, 2022.
- [33] J. Widodo, “Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional,” *Peratur. Pres. Republik Indones. Nomor 18 Tahun 2020*, pp. 2020–2024, 2020.