

Application of Green Technology in Digital Supply Chains to Improve Sustainability Performance

Penerapan Teknologi Hijau dalam Rantai Pasokan Digital untuk Meningkatkan Kinerja Keberlanjutan

Aswadi Jaya¹ , Ramzi Zainum Ikhsan² , Nasrul Hidayat³ , Alfri Adiwijaya⁴ , Te Hemi Zane^{5*} 

¹Department of English Education, Universitas PGRI Palembang, Indonesia

^{2,3,4}Faculty of Economics and Business, University of Raharja, Indonesia

⁵Department of Economics and Business, Pandawan Incorporation, New Zealand

¹aswadijaya@univpgri-palembang.ac.id, ²ramzi.zainum@raharja.info, ³nasrul.hidayat@raharja.info, ⁴alfri.adiwijaya@raharja.info,

⁵t9.hemizann@pandawan.ac.nz

*Penulis Korespondensi

Article Info

Article History:

Penyerahan Mei 12, 2026

Revisi Juni 17, 2026

Diterima Juni 27, 2026

Diterbitkan Juni 29, 2026

Keywords:

Green Technology

Digital Supply Chain

Sustainability Performance

Efficiency

Business

Kata Kunci:

Teknologi Hijau

Rantai Pasokan Digital

Kinerja Keberlanjutan

Efisiensi

Bisnis



ABSTRAK

Perkembangan industri digital mendorong perusahaan untuk mentransformasi sistem rantai pasokan konvensional menjadi rantai pasokan digital yang lebih transparan, efisien, dan berbasis data. Namun, transformasi ini masih menghadapi tantangan keberlanjutan, khususnya terkait konsumsi energi, emisi karbon, limbah operasional, dan penggunaan sumber daya yang belum efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan teknologi hijau dalam rantai pasokan digital serta menguji pengaruhnya terhadap kinerja keberlanjutan melalui peran mediasi sistem rantai pasokan digital. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan melibatkan 120 responden yang terlibat dalam

ABSTRACT

The rapid development of the digital industry has encouraged companies to transform conventional supply chain systems into digital supply chains that are more transparent, efficient, and data-driven. However, this transformation still faces sustainability challenges, particularly related to energy consumption, carbon emissions, operational waste, and inefficient resource utilization. This study aims to analyze the application of green technology in digital supply chains and examine its influence on sustainability performance through the mediating role of digital supply chain systems. A quantitative approach was employed by collecting data from 120 respondents involved in supply chain activities, including business actors, logistics managers, operational staff, procurement staff, distribution staff, and managerial decision-makers in the Jabodetabek area. The data were gathered using Likert-scale questionnaires and analyzed using the SEM-PLS method to test the relationships among green technology, digital supply chain, and sustainability performance. The findings show that green technology has a positive effect on digital supply chains and sustainability performance. Digital supply chains also positively influence sustainability performance and mediate the relationship between green technology and sustainability performance. The model explains 46.4% of the variance in digital supply chains and 68.1% of the variance in sustainability performance. The integration of green technology with digital supply chains can strengthen operational efficiency, reduce environmental impact, improve transparency, and support sustainable business practices. This study contributes to the development of sustainability-oriented supply chain strategies aligned with SDG 9, SDG 12, and SDG 13.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.



aktivitas rantai pasokan, seperti pelaku bisnis, manajer logistik, staf operasional, staf pengadaan, staf distribusi, dan pihak manajemen di wilayah Jabodetabek. Data dikumpulkan melalui kuesioner berskala Likert dan dianalisis menggunakan metode SEM-PLS untuk menguji hubungan antara teknologi hijau, rantai pasokan digital, dan kinerja keberlanjutan. Hasil penelitian menunjukkan **bahwa teknologi hijau** berpengaruh positif terhadap rantai pasokan digital dan kinerja keberlanjutan. Rantai pasokan digital juga berpengaruh positif terhadap kinerja keberlanjutan serta memediasi hubungan antara teknologi hijau dan kinerja keberlanjutan. Model penelitian mampu menjelaskan 46,4% variasi pada rantai pasokan digital dan 68,1% variasi pada kinerja keberlanjutan. **Integrasi teknologi hijau** dengan rantai pasokan digital dapat memperkuat efisiensi operasional, mengurangi dampak lingkungan, meningkatkan transparansi, dan mendukung praktik bisnis berkelanjutan. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan strategi rantai pasokan yang berorientasi pada keberlanjutan serta selaras dengan SDG 9, SDG 12, dan SDG 13.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.



DOI: <https://doi.org/10.33050/tmj.V11i1.2669>

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [CC-BY license \(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

©Penulis memegang semua hak cipta

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri digital telah membawa perubahan besar dalam cara perusahaan mengelola proses bisnis, termasuk dalam sistem rantai pasokan. Rantai pasokan tidak lagi hanya berfokus pada perpindahan barang dari pemasok ke konsumen, tetapi juga mencakup pengelolaan data, informasi, distribusi, produksi, dan layanan secara terintegrasi. Melalui pemanfaatan teknologi digital, perusahaan dapat meningkatkan transparansi, mempercepat proses operasional, serta memantau aktivitas rantai pasokan secara lebih efektif. Kondisi ini mendorong banyak perusahaan untuk beralih dari sistem rantai pasokan konvensional menuju rantai pasokan digital yang lebih adaptif dan responsif terhadap kebutuhan pasar [1, 2]. Namun, perkembangan rantai pasokan digital juga tidak terlepas dari berbagai tantangan, terutama dalam aspek lingkungan. Aktivitas produksi, penyimpanan, distribusi, penggunaan energi, serta pengelolaan limbah masih menjadi persoalan penting dalam dunia bisnis. Peningkatan aktivitas industri dan logistik dapat berdampak pada meningkatnya emisi karbon, konsumsi energi, serta penggunaan sumber daya alam yang berlebihan. Oleh karena itu, perusahaan perlu menerapkan pendekatan yang tidak hanya berorientasi pada efisiensi ekonomi, tetapi juga memperhatikan keberlanjutan lingkungan dan tanggung jawab sosial [3].

Teknologi hijau menjadi salah satu solusi dalam menghadapi permasalahan tersebut. Teknologi hijau merupakan penerapan teknologi yang bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, meningkatkan efisiensi penggunaan energi, serta mendukung pemanfaatan sumber daya secara lebih berkelanjutan [4]. Dalam konteks rantai pasokan, teknologi hijau dapat diterapkan melalui penggunaan energi terbarukan, sistem transportasi ramah lingkungan, pengurangan limbah produksi, digitalisasi dokumen, pemantauan emisi, serta optimalisasi penggunaan bahan baku. Penerapan teknologi ini membantu perusahaan menciptakan proses bisnis yang lebih efisien dan ramah lingkungan [5].

Rantai pasokan digital memiliki peran penting dalam mendukung penerapan teknologi hijau. Dengan adanya teknologi seperti *Internet of Things*, *big data analytics*, *artificial intelligence*, *cloud computing*, dan *blockchain*, perusahaan dapat memantau penggunaan energi, melacak aliran barang, mengukur emisi karbon, serta meningkatkan akurasi pengambilan keputusan. Digitalisasi rantai pasokan juga memungkinkan perusahaan untuk mengurangi pemborosan, mempercepat proses distribusi, dan meningkatkan transparansi antar pihak yang terlibat. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi hijau dan rantai pasokan digital dapat menjadi strategi penting dalam meningkatkan kinerja keberlanjutan [6, 7].

Kinerja keberlanjutan menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan oleh perusahaan modern. Keberlanjutan tidak hanya berkaitan dengan keuntungan ekonomi, tetapi juga mencakup perlindungan lingkungan dan kesejahteraan sosial [8]. Perusahaan yang mampu menerapkan teknologi hijau dalam rantai pasokan digital berpotensi memperoleh berbagai manfaat, seperti pengurangan biaya operasional, peningkatan citra perusahaan, efisiensi penggunaan sumber daya, serta peningkatan kepercayaan konsumen. Dengan demikian, keberlanjutan dapat menjadi nilai tambah dalam menciptakan daya saing bisnis di era digital [9, 10].

Urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya memahami penerapan teknologi hijau dalam rantai pasokan digital untuk meningkatkan kinerja keberlanjutan. Meskipun digitalisasi rantai pasokan telah banyak diterapkan, integrasi aspek lingkungan masih belum optimal. Studi terbaru tahun 2022–2026 umumnya membahas *green technology*, *digital supply chain*, dan *sustainability performance* secara terpisah, serta menekankan digital transformation, Industry 4.0, *agility*, *resilience*, dan *collaboration* dalam rantai pasok [11].

Berdasarkan gap tersebut, originalitas penelitian ini terletak pada pengembangan model yang mengintegrasikan teknologi hijau sebagai variabel independen, rantai pasokan digital sebagai variabel mediasi, dan kinerja keberlanjutan sebagai variabel dependen. Berbeda dari penelitian terdahulu, artikel ini menegaskan bahwa teknologi hijau akan lebih efektif meningkatkan keberlanjutan apabila didukung oleh sistem rantai pasokan digital yang mampu memantau energi, emisi karbon, transparansi data, dan distribusi secara lebih optimal [12, 13].

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana penerapan teknologi hijau dalam rantai pasokan digital dapat meningkatkan kinerja keberlanjutan perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran teknologi hijau dalam mendukung rantai pasokan digital serta mengkaji pengaruhnya terhadap kinerja keberlanjutan [14]. Penelitian ini juga memiliki keterkaitan dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 9 tentang industri, inovasi, dan infrastruktur melalui pemanfaatan teknologi digital dalam rantai pasokan SDG 12 tentang konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab melalui efisiensi sumber daya dan pengurangan limbah serta SDG 13 tentang aksi iklim melalui upaya pengurangan emisi karbon dan penerapan proses bisnis yang lebih ramah lingkungan. Kontribusi dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis dalam pengembangan kajian tentang teknologi hijau dan rantai pasokan digital, serta manfaat praktis bagi perusahaan dalam merancang strategi bisnis yang lebih ramah lingkungan, inovatif, dan berkelanjutan [15, 16].

Teknologi hijau bertujuan mengurangi dampak lingkungan melalui efisiensi energi, pengurangan emisi karbon, pengelolaan limbah, dan pemanfaatan sumber daya berkelanjutan. Dalam konteks bisnis, teknologi hijau tidak hanya mendukung tanggung jawab lingkungan, tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing perusahaan. Penerapan teknologi hijau dapat dilakukan melalui penggunaan energi terbarukan, sistem efisiensi energi, daur ulang, penggunaan bahan baku ramah lingkungan, serta pemantauan emisi berbasis digital [17]. Dalam rantai pasokan digital, teknologi ini membantu perusahaan mengukur konsumsi energi, mengontrol limbah, mengurangi jejak karbon, dan memastikan proses produksi maupun distribusi berjalan lebih efisien [18].

Rantai pasokan digital merupakan proses pengelolaan aliran barang, informasi, dan layanan dengan memanfaatkan teknologi digital. Setiap aktivitas rantai pasokan, mulai dari pengadaan bahan baku, produksi, penyimpanan, distribusi, hingga pengiriman kepada konsumen, dapat dipantau dan dikelola secara lebih terintegrasi. Penerapan rantai pasokan digital didukung oleh berbagai teknologi seperti *Internet of Things*, *big data analytics*, *artificial intelligence*, *blockchain*, dan *cloud computing*. *Internet of Things* digunakan untuk memantau kondisi barang, lokasi pengiriman, suhu penyimpanan, aktivitas logistik, penggunaan energi, konsumsi bahan bakar, volume limbah, dan emisi karbon secara *real-time*. Data tersebut kemudian disimpan melalui *cloud computing* agar dapat diakses oleh bagian produksi, logistik, pengadaan, dan manajemen secara terintegrasi [19, 20].

Selanjutnya, *big data analytics* digunakan untuk mengolah data operasional guna mengidentifikasi pemborosan energi, rute distribusi yang tidak efisien, serta titik produksi yang menghasilkan limbah tinggi. *Artificial intelligence* berperan dalam memberikan rekomendasi otomatis, seperti pengaturan jadwal produksi hemat energi, pemilihan rute rendah emisi, prediksi kebutuhan bahan baku, dan pengurangan pemborosan inventori [21]. Sementara itu, *blockchain* digunakan untuk mencatat asal bahan baku, proses produksi, distribusi, dan klaim keberlanjutan secara aman dan transparan. Dengan demikian, teknologi hijau dapat diterapkan sebagai sistem teknis berbasis data dalam rantai pasokan digital, bukan hanya sebagai konsep lingkungan [22, 23].

Kinerja keberlanjutan merupakan kemampuan perusahaan dalam menjalankan kegiatan bisnis dengan memperhatikan aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Konsep ini berkaitan dengan *triple bottom line*, yaitu *profit*, *planet*, dan *people*. Aspek profit menunjukkan kemampuan perusahaan dalam menciptakan keuntungan dan efisiensi ekonomi, aspek planet berkaitan dengan upaya mengurangi dampak lingkungan seperti emisi karbon, konsumsi energi, penggunaan bahan ramah lingkungan, dan pengelolaan limbah, sedangkan aspek *people* mencakup tanggung jawab sosial perusahaan terhadap karyawan, konsumen, mitra bisnis, dan masyarakat sekitar. Dalam konteks rantai pasokan, kinerja keberlanjutan dapat dilihat dari kemampuan perusahaan menciptakan proses operasional yang efisien, ramah lingkungan, dan bertanggung jawab secara sosial [24, 25].

Teknologi hijau dan rantai pasokan digital saling mendukung dalam meningkatkan keberlanjutan perusahaan. Teknologi hijau berperan dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, sedangkan rantai pasokan digital membantu perusahaan mengelola proses bisnis secara lebih efisien, transparan, dan berbasis data. Integrasi keduanya dapat membantu perusahaan mengurangi limbah, menghemat energi, menekan emisi karbon, mengatur rute distribusi yang lebih efisien, serta mengurangi penggunaan dokumen fisik melalui digitalisasi data. Selain itu, dukungan teknologi seperti *Internet of Things*, *big data analytics*, *blockchain*, dan *cloud computing* dapat meningkatkan transparansi rantai pasokan dengan melacak asal bahan baku, proses produksi, distribusi, hingga produk sampai kepada konsumen [26]. Dengan demikian, penerapan teknologi hijau dalam rantai pasokan digital menjadi strategi penting dalam membangun sistem bisnis yang efisien, bertanggung jawab, dan berkelanjutan. Untuk memperjelas hubungan antara teknologi hijau, teknologi digital, manfaat operasional, dan dampak keberlanjutan, penjelasan tersebut dapat diringkas pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hubungan Teknologi Hijau, Teknologi Digital, Manfaat Operasional, dan Dampak Keberlanjutan

Teknologi Hijau	Teknologi Digital Pendukung	Manfaat Operasional	Dampak Keberlanjutan
Penggunaan energi terbarukan	<i>Internet of Things</i> , <i>Cloud Computing</i>	Memantau konsumsi energi secara <i>real-time</i> , meningkatkan efisiensi penggunaan listrik	Mengurangi ketergantungan energi fosil dan menurunkan emisi karbon
Sistem efisiensi energi	<i>Big Data Analytics</i> , <i>Artificial Intelligence</i>	Mengidentifikasi pemborosan energi, mengoptimalkan jadwal produksi dan distribusi	Menekan biaya operasional dan mendukung penggunaan energi yang lebih hemat
Pengurangan limbah produksi	<i>Internet of Things</i> , <i>Big Data Analytics</i>	Memantau volume limbah, mendeteksi titik pemborosan dalam proses produksi	Mengurangi limbah operasional dan meningkatkan efisiensi sumber daya
Digitalisasi dokumen	<i>Cloud Computing</i> , <i>Blockchain</i>	Mempercepat pertukaran data, mengurangi penggunaan kertas, meningkatkan akurasi administrasi	Mendukung proses bisnis tanpa kertas dan mengurangi dampak lingkungan
Transportasi dan distribusi rendah emisi	<i>Artificial Intelligence</i> , <i>Internet of Things</i>	Mengoptimalkan rute distribusi, mengurangi konsumsi bahan bakar, meningkatkan ketepatan pengiriman	Menurunkan emisi karbon dari aktivitas logistik
Pemantauan emisi karbon	<i>Internet of Things</i> , <i>Big Data Analytics</i> , <i>Cloud Computing</i>	Mengukur emisi dari proses produksi dan distribusi secara lebih akurat	Mendukung pengendalian emisi dan aksi iklim perusahaan
Transparansi asal bahan baku	<i>Blockchain</i> , <i>Cloud Computing</i>	Meningkatkan keterlacakan bahan baku dan keamanan data rantai pasok	Memastikan praktik bisnis yang lebih bertanggung jawab dan berkelanjutan
Pengelolaan bahan baku berkelanjutan	<i>Artificial Intelligence</i> , <i>Big Data Analytics</i>	Membantu prediksi kebutuhan bahan baku dan mengurangi pemborosan inventori	Mendukung konsumsi dan produksi yang lebih bertanggung jawab

Tabel 1 menjelaskan hubungan antara penerapan teknologi hijau, dukungan teknologi digital, manfaat operasional, dan dampaknya terhadap keberlanjutan perusahaan. Setiap bentuk teknologi hijau, seperti penggunaan energi terbarukan, efisiensi energi, pengurangan limbah, digitalisasi dokumen, transportasi rendah emisi, pemantauan emisi karbon, transparansi asal bahan baku, dan pengelolaan bahan baku berkelanjutan, dapat diperkuat melalui teknologi digital seperti *Internet of Things*, *Big Data Analytics*, *Artificial Intelligence*,

Cloud Computing, dan *Blockchain*. Integrasi tersebut membantu perusahaan meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi pemborosan sumber daya, mempercepat proses bisnis, serta mendukung praktik bisnis yang lebih ramah lingkungan, transparan, dan berkelanjutan [27].

2. PERMASALAHAN

Permasalahan utama dalam penerapan teknologi hijau pada rantai pasokan digital adalah masih rendahnya kesiapan perusahaan dalam mengintegrasikan teknologi ramah lingkungan ke dalam proses bisnis secara menyeluruh. Banyak perusahaan sudah mulai menggunakan sistem digital untuk mengelola rantai pasokan, seperti pencatatan data, pemantauan distribusi, dan pengelolaan inventori. Namun, penerapan tersebut belum selalu diikuti dengan perhatian terhadap aspek lingkungan. Aktivitas produksi, penyimpanan, dan distribusi masih berpotensi menghasilkan emisi karbon, pemborosan energi, serta limbah operasional yang dapat menurunkan kualitas kinerja keberlanjutan perusahaan [28].

Selain itu, penerapan teknologi hijau juga menghadapi kendala dari sisi biaya, sumber daya manusia, dan infrastruktur digital. Tidak semua perusahaan memiliki kemampuan finansial untuk berinvestasi pada energi terbarukan, sistem efisiensi energi, teknologi daur ulang, atau perangkat digital yang mendukung pemantauan lingkungan. Di sisi lain, kurangnya pemahaman karyawan terhadap konsep keberlanjutan dan rendahnya kesiapan teknologi dapat menghambat proses transformasi rantai pasokan digital yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang lebih mendalam mengenai bagaimana teknologi hijau dapat diterapkan secara efektif dalam rantai pasokan digital untuk meningkatkan kinerja keberlanjutan [29].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis pengaruh teknologi hijau dalam rantai pasokan digital terhadap kinerja keberlanjutan. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk mengukur hubungan antar variabel secara objektif melalui data numerik. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi teknologi hijau sebagai variabel independen, rantai pasokan digital sebagai variabel mediasi, dan kinerja keberlanjutan sebagai variabel dependen. Melalui pendekatan ini, penelitian dapat menjelaskan sejauh mana penerapan teknologi hijau mampu mendukung digitalisasi rantai pasokan dan meningkatkan keberlanjutan perusahaan [30, 31].

Data penelitian dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner kepada responden yang memiliki keterlibatan dalam aktivitas rantai pasokan. Responden berasal dari pelaku bisnis, manajer logistik, staf operasional, bagian pengadaan, bagian distribusi, atau pihak lain yang memahami proses rantai pasokan perusahaan. Kuesioner disusun menggunakan skala Likert untuk mengukur persepsi responden terhadap penerapan teknologi hijau, efektivitas rantai pasokan digital, dan pencapaian kinerja keberlanjutan. Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling, yaitu pemilihan responden berdasarkan kriteria tertentu yang sesuai dengan kebutuhan penelitian [32, 33].

Penelitian ini melibatkan 120 responden yang berasal dari perusahaan atau unit bisnis yang telah menggunakan sistem digital dalam aktivitas rantai pasokan. Lokasi penelitian difokuskan pada wilayah Jabodetabek karena wilayah tersebut memiliki aktivitas industri, logistik, distribusi, dan bisnis digital yang cukup tinggi. Kriteria sampel dalam penelitian ini meliputi responden yang memiliki pengalaman atau pengetahuan terkait aktivitas rantai pasokan, terlibat dalam proses pengadaan, produksi, penyimpanan, distribusi, logistik, atau pengelolaan operasional, serta memahami penggunaan teknologi digital dalam proses bisnis perusahaan [34].

Karakteristik responden dalam penelitian ini mencakup pelaku bisnis, manajer logistik, staf operasional, staf pengadaan, staf distribusi, dan pihak manajemen yang berkaitan dengan pengambilan keputusan rantai pasokan. Penyebaran kuesioner dilakukan secara daring menggunakan Google Form dan secara langsung kepada responden yang memenuhi kriteria penelitian. Sebelum kuesioner disebarkan, peneliti memberikan penjelasan mengenai tujuan penelitian, kerahasiaan data responden, serta petunjuk pengisian. Data yang terkumpul kemudian diseleksi untuk memastikan kelengkapan jawaban dan kesesuaian responden dengan kriteria sampel sebelum dianalisis menggunakan metode SEM-PLS [35].

3.1. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual dalam penelitian ini menggambarkan hubungan antara teknologi hijau, rantai pasokan digital, dan kinerja keberlanjutan. Teknologi hijau berperan sebagai variabel independen yang mencer-

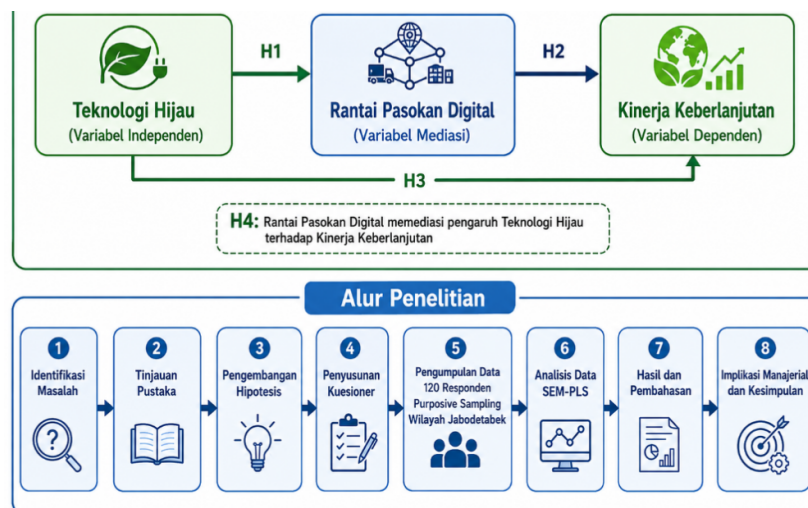
minkan penerapan teknologi ramah lingkungan, efisiensi energi, pengurangan limbah, serta penggunaan sumber daya secara berkelanjutan. Rantai pasokan digital berperan sebagai variabel mediasi yang menghubungkan penerapan teknologi hijau dengan pencapaian kinerja keberlanjutan melalui dukungan teknologi digital seperti *Internet of Things*, *big data analytics*, *artificial intelligence*, *blockchain*, dan *cloud computing*.

Kinerja keberlanjutan menjadi variabel dependen dalam penelitian ini. Variabel ini mencerminkan kemampuan perusahaan dalam mencapai keseimbangan antara aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Melalui penerapan teknologi hijau, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi proses operasional dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Sementara itu, rantai pasokan digital membantu perusahaan memantau, mengelola, dan mengoptimalkan aktivitas rantai pasokan secara lebih transparan dan berbasis data [36].

Berdasarkan hubungan tersebut, penelitian ini memandang bahwa teknologi hijau tidak hanya berpengaruh langsung terhadap kinerja keberlanjutan, tetapi juga dapat memberikan pengaruh tidak langsung melalui rantai pasokan digital. Artinya, semakin baik penerapan teknologi hijau dalam perusahaan, maka semakin besar peluang perusahaan untuk membangun rantai pasokan digital yang efisien dan ramah lingkungan. Pada akhirnya, hal tersebut dapat meningkatkan kinerja keberlanjutan perusahaan secara menyeluruh [37]. Secara sederhana, kerangka konseptual penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:

Teknologi Hijau → Rantai Pasokan Digital → Kinerja Keberlanjutan.

Selain itu, teknologi hijau juga dapat memberikan pengaruh langsung terhadap kinerja keberlanjutan: Teknologi Hijau → Kinerja Keberlanjutan



Gambar 1. Model Konseptual dan Alur Penelitian

Gambar 1 menunjukkan kerangka konseptual dan alur penelitian yang digunakan dalam studi ini. Model penelitian menggambarkan hubungan antara Teknologi Hijau sebagai variabel independen, Rantai Pasokan Digital sebagai variabel mediasi, dan Kinerja Keberlanjutan sebagai variabel dependen. Selain itu, gambar juga menampilkan tahapan penelitian mulai dari identifikasi masalah, tinjauan pustaka, pengembangan hipotesis, penyusunan kuesioner, pengumpulan data dari 120 responden, analisis menggunakan SEM-PLS, hingga penyusunan hasil, pembahasan, implikasi manajerial, dan kesimpulan [1].

3.2. Pengembangan Hipotesis

Pengembangan hipotesis dalam penelitian ini disusun berdasarkan hubungan antarvariabel yang telah dijelaskan dalam kerangka konseptual. Hipotesis digunakan sebagai dugaan sementara yang akan diuji melalui data penelitian. Dalam penelitian ini, hipotesis berfokus pada pengaruh teknologi hijau terhadap rantai pasokan digital, pengaruh rantai pasokan digital terhadap kinerja keberlanjutan, pengaruh teknologi hijau terhadap kinerja keberlanjutan, serta peran mediasi rantai pasokan digital dalam hubungan tersebut. Teknologi hijau diperkirakan memiliki pengaruh positif terhadap rantai pasokan digital. Penerapan teknologi hijau dapat mendorong perusahaan untuk menggunakan sistem yang lebih efisien, hemat energi, dan ramah lingkungan dalam aktivitas rantai pasokan. Dengan adanya teknologi digital, penerapan teknologi hijau dapat dipantau dan dioptimalkan secara lebih baik. Oleh karena itu, semakin tinggi penerapan teknologi hijau, semakin baik pula

pengembangan rantai pasokan digital dalam perusahaan [38, 39].

H1: Teknologi hijau berpengaruh positif terhadap rantai pasokan digital.

Rantai pasokan digital diperkirakan memiliki pengaruh positif terhadap kinerja keberlanjutan. Melalui digitalisasi, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi distribusi, mengurangi pemborosan, mempercepat proses operasional, dan memperkuat transparansi dalam rantai pasokan. Kemampuan tersebut dapat mendukung pencapaian keberlanjutan dari sisi ekonomi, lingkungan, dan sosial. Dengan demikian, rantai pasokan digital yang baik dapat membantu perusahaan meningkatkan kinerja keberlanjutan [40, 41].

H2: Rantai pasokan digital berpengaruh positif terhadap kinerja keberlanjutan.

Teknologi hijau juga diperkirakan berpengaruh positif terhadap kinerja keberlanjutan. Penerapan teknologi hijau dapat membantu perusahaan mengurangi emisi karbon, menghemat energi, mengelola limbah, dan menggunakan sumber daya secara lebih efisien. Upaya tersebut dapat meningkatkan kinerja lingkungan sekaligus mendukung efisiensi ekonomi perusahaan. Oleh karena itu, teknologi hijau menjadi salah satu faktor penting dalam meningkatkan kinerja keberlanjutan [42, 43].

H3: Teknologi hijau berpengaruh positif terhadap kinerja keberlanjutan.

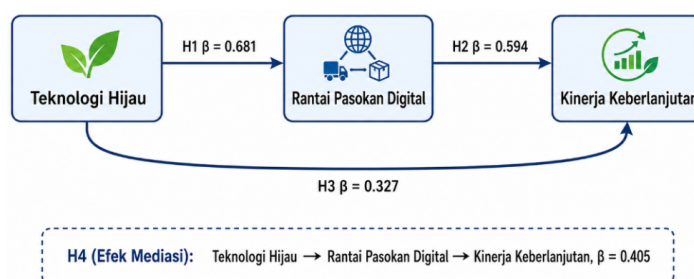
Selain pengaruh langsung, rantai pasokan digital diperkirakan mampu memediasi hubungan antara teknologi hijau dan kinerja keberlanjutan. Teknologi hijau akan lebih efektif apabila didukung oleh sistem rantai pasokan digital yang mampu memantau penggunaan energi, mengelola data distribusi, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan transparansi proses bisnis. Dengan demikian, rantai pasokan digital dapat memperkuat pengaruh teknologi hijau terhadap kinerja keberlanjutan [44, 45].

H4: Rantai pasokan digital memediasi pengaruh teknologi hijau terhadap kinerja keberlanjutan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pengujian hipotesis, penelitian ini terlebih dahulu menyusun model struktural untuk menggambarkan hubungan antar variabel yang digunakan. Model ini terdiri dari tiga variabel utama, yaitu Teknologi Hijau sebagai variabel independen, Rantai Pasokan Digital sebagai variabel mediasi, dan Kinerja Keberlanjutan sebagai variabel dependen. Hubungan antar variabel tersebut disusun berdasarkan kerangka konseptual yang telah dijelaskan sebelumnya [46, 47].

Model struktural pada penelitian ini menunjukkan bahwa Teknologi Hijau diperkirakan mampu mendorong penguatan Rantai Pasokan Digital. Selain itu, Rantai Pasokan Digital juga diperkirakan berperan dalam meningkatkan Kinerja Keberlanjutan perusahaan. Teknologi Hijau juga diuji pengaruh langsungnya terhadap Kinerja Keberlanjutan. Dengan demikian, model ini digunakan untuk melihat pengaruh langsung maupun tidak langsung antar variabel dalam penelitian. Setelah model penelitian disusun, analisis dilakukan menggunakan pendekatan SEM-PLS untuk mengetahui nilai hubungan antar variabel. Hasil model struktural tersebut dapat dilihat pada gambar berikut [48].



Gambar 2. Model Struktural Penelitian

Gambar 2 menunjukkan bahwa Teknologi Hijau berpengaruh positif terhadap Rantai Pasokan Digital ($\beta = 0.681$) dan Kinerja Keberlanjutan ($\beta = 0.327$). Selain itu, Rantai Pasokan Digital juga berpengaruh positif terhadap Kinerja Keberlanjutan ($\beta = 0.594$) serta memediasi hubungan Teknologi Hijau terhadap Kinerja Keberlanjutan ($\beta = 0.405$).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Teknologi Hijau berperan penting dalam memperkuat Rantai Pasokan Digital melalui efisiensi energi, pengurangan limbah, dan peningkatan proses operasional. Dukungan teknologi digital seperti *Internet of Things*, *big data analytics*, *artificial intelligence*, *blockchain*, dan *cloud*

computing membuat rantai pasokan lebih transparan, cepat, dan terukur. Selain itu, Rantai Pasokan Digital berpengaruh positif terhadap Kinerja Keberlanjutan, sehingga integrasi keduanya dapat menjadi strategi efektif untuk menciptakan bisnis yang efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan [49].

Tabel 2. Hasil Uji Validitas Konvergen

<i>Variable</i>	<i>Indicator</i>	<i>Outer Loading</i>	<i>Information</i>
Teknologi Hijau	TH1	0.812	Valid
Teknologi Hijau	TH2	0.846	Valid
Teknologi Hijau	TH3	0.879	Valid
Rantai Pasokan Digital	RPD1	0.835	Valid
Rantai Pasokan Digital	RPD2	0.861	Valid
Rantai Pasokan Digital	RPD3	0.884	Valid
Kinerja Keberlanjutan	KK1	0.829	Valid
Kinerja Keberlanjutan	KK2	0.872	Valid
Kinerja Keberlanjutan	KK3	0.891	Valid

Tabel 2 menunjukkan hasil uji validitas konvergen pada tiga variabel penelitian, yaitu Teknologi Hijau, Rantai Pasokan Digital, dan Kinerja Keberlanjutan. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh indikator memiliki nilai *outer loading* di atas batas minimum 0.70, dengan rentang nilai antara 0.812 hingga 0.891, sehingga seluruh indikator dapat dinyatakan valid dan memenuhi kriteria validitas konvergen. Nilai *outer loading* yang tinggi menunjukkan bahwa setiap indikator memiliki kontribusi yang kuat dalam menjelaskan konstruk atau variabel laten yang diukur. Pada variabel Teknologi Hijau, indikator yang digunakan mampu mencerminkan penerapan prinsip ramah lingkungan dalam aktivitas operasional dan proses bisnis. Pada variabel Rantai Pasokan Digital, indikator yang digunakan menunjukkan kemampuan sistem digital dalam mendukung integrasi, efisiensi, dan transparansi aliran informasi dalam rantai pasok. Sementara itu, pada variabel Kinerja Keberlanjutan, indikator yang digunakan mampu menggambarkan pencapaian organisasi dalam aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Dengan demikian, hasil ini menegaskan bahwa instrumen penelitian memiliki kualitas pengukuran yang baik, karena setiap indikator mampu merepresentasikan variabelnya secara konsisten dan layak digunakan dalam tahap analisis selanjutnya [50].

Tabel 3. Hasil Uji Reliabilitas dan AVE

<i>Variable</i>	<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>Composite Reliability</i>	<i>AVE</i>	<i>Keterangan</i>
Teknologi Hijau	0.842	0.904	0.758	Reliabel
Rantai Pasokan Digital	0.861	0.915	0.782	Reliabel
Kinerja Keberlanjutan	0.874	0.922	0.798	Reliabel

Tabel 3 menunjukkan hasil uji reliabilitas dan AVE pada setiap variabel penelitian. Seluruh variabel memiliki nilai *Cronbach's Alpha* di atas 0.70, *Composite Reliability* di atas 0.70, dan AVE di atas 0.50, sehingga dapat dinyatakan reliabel dan memenuhi validitas konvergen. Hasil ini menunjukkan bahwa indikator pada variabel Teknologi Hijau, Rantai Pasokan Digital, dan Kinerja Keberlanjutan memiliki konsistensi internal yang baik serta mampu merepresentasikan konstruk penelitian secara memadai [51].

Tabel 4. Hasil *R-Square*

<i>Variable Dependent</i>	<i>R-Square</i>	<i>Keterangan</i>
Rantai Pasokan Digital	0.464	Moderat
Kinerja Keberlanjutan	0.681	Kuat

Tabel 4 menunjukkan nilai *R-Square* untuk variabel dependen dalam model penelitian. Nilai *R-Square* Rantai Pasokan Digital sebesar 0.464 termasuk kategori moderat, yang berarti Teknologi Hijau mampu menjelaskan 46.4% variasi pada Rantai Pasokan Digital. Sementara itu, nilai *R-Square* Kinerja Keberlanjutan sebesar 0.681 termasuk kategori kuat, menunjukkan bahwa Teknologi Hijau dan Rantai Pasokan Digital mampu menjelaskan 68.1% variasi pada Kinerja Keberlanjutan.

Tabel 5. Hasil Uji Hipotesis

Hipotesis	Hubungan Variable	Path Coefficient	T-Statistics	P-Values	Keterangan
H1	Teknologi Hijau → Rantai Pasokan Digital	0.681	8.214	0.000	Diterima
H2	Rantai Pasokan Digital → Kinerja Keberlanjutan	0.594	6.735	0.000	Diterima
H3	Teknologi Hijau → Kinerja Keberlanjutan	0.327	3.482	0.001	Diterima
H4	Teknologi Hijau → Rantai Pasokan Digital → Kinerja Keberlanjutan	0.405	5.926	0.000	Diterima

Tabel 5 menunjukkan hasil uji hipotesis pada hubungan antarvariabel penelitian. Seluruh hipotesis dinyatakan diterima karena memiliki nilai *P-Values* di bawah 0.05 dan nilai *T-Statistics* di atas batas minimum. Hasil ini menunjukkan bahwa Teknologi Hijau berpengaruh positif terhadap Rantai Pasokan Digital dan Kinerja Keberlanjutan, sedangkan Rantai Pasokan Digital juga berpengaruh positif terhadap Kinerja Keberlanjutan serta mampu memediasi hubungan antara Teknologi Hijau dan Kinerja Keberlanjutan.

5. IMPLIKASI MANAJERIAL

Hasil penelitian ini memberikan manfaat praktis bagi perusahaan dalam menerapkan teknologi hijau sebagai bagian dari strategi rantai pasokan digital. Perusahaan dapat mengadopsi teknologi ramah lingkungan, seperti sistem efisiensi energi, penggunaan energi terbarukan, digitalisasi dokumen, pengelolaan limbah, dan pemantauan emisi karbon. Penerapan tersebut dapat membantu perusahaan mengurangi biaya operasional, menekan pemborosan sumber daya, serta menciptakan proses bisnis yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Selain itu, perusahaan perlu memperkuat integrasi teknologi hijau dengan sistem digital seperti *Internet of Things*, *big data analytics*, *artificial intelligence*, *blockchain*, dan *cloud computing*. Integrasi ini dapat meningkatkan transparansi rantai pasok, mempercepat pengambilan keputusan, serta membantu perusahaan memantau aktivitas produksi dan distribusi secara lebih akurat. Secara operasional, strategi adopsi teknologi hijau dapat dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu audit rantai pasokan untuk mengidentifikasi penggunaan energi, emisi karbon, limbah, dan proses distribusi yang belum efisien; penentuan prioritas teknologi yang sesuai uji coba pada unit bisnis atau proses logistik tertentu; serta evaluasi berkala melalui indikator penurunan biaya operasional, efisiensi energi, pengurangan limbah, kecepatan distribusi, dan penurunan emisi karbon.

Dari sisi pengambilan keputusan manajerial, integrasi teknologi hijau dan rantai pasokan digital dapat membantu manajemen membuat keputusan berbasis data. Manajer dapat memanfaatkan dashboard digital untuk memantau kinerja rantai pasokan secara *real-time*, menentukan rute distribusi rendah emisi, mengatur penggunaan bahan baku secara lebih efisien, serta mengevaluasi pemasok berdasarkan standar keberlanjutan. Dengan demikian, implikasi manajerial penelitian ini tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga memberikan arahan praktis bagi perusahaan dalam menyusun strategi implementasi, mengelola risiko operasional, dan meningkatkan kinerja keberlanjutan secara terukur.

6. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi hijau dalam rantai pasokan digital berperan penting dalam meningkatkan kinerja keberlanjutan perusahaan. Hasil analisis menunjukkan bahwa teknologi hijau memberikan pengaruh positif terhadap rantai pasokan digital, sedangkan rantai pasokan digital juga berkontribusi positif terhadap peningkatan kinerja keberlanjutan. Integrasi teknologi hijau dengan sistem digital seperti *Internet of Things*, *big data analytics*, *artificial intelligence*, *blockchain*, dan *cloud computing* mampu mendorong efisiensi energi, pengurangan limbah, peningkatan transparansi, serta optimalisasi proses bisnis secara lebih ramah lingkungan. Dengan demikian, digitalisasi rantai pasokan tidak hanya berfungsi sebagai alat peningkatan efisiensi operasional, tetapi juga sebagai strategi penting dalam membangun ekosistem bisnis yang berkelanjutan.

Temuan penelitian ini juga menegaskan bahwa rantai pasokan digital mampu memperkuat hubungan antara teknologi hijau dan kinerja keberlanjutan melalui peningkatan visibilitas, akurasi data, koordinasi an-

tar pihak, serta pengambilan keputusan berbasis informasi secara real-time. Penerapan teknologi hijau yang didukung oleh rantai pasokan digital dapat membantu perusahaan dalam menekan emisi karbon, mengurangi penggunaan sumber daya secara berlebihan, mempercepat distribusi, serta meningkatkan tanggung jawab sosial dan lingkungan. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada cakupan data dan objek penelitian, sehingga penelitian selanjutnya disarankan melibatkan responden yang lebih luas, sektor industri yang lebih beragam, serta menambahkan variabel lain seperti *green innovation*, *digital capability*, dan *environmental awareness*.

Secara lebih luas, hasil penelitian ini mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 9 (*Industry, Innovation and Infrastructure*), SDG 12 (*Responsible Consumption and Production*), dan SDG 13 (*Climate Action*). Kontribusi terhadap SDG 9 terlihat dari pemanfaatan teknologi digital dan inovasi hijau dalam membangun sistem rantai pasokan yang lebih modern, adaptif, dan efisien. Dukungan terhadap SDG 12 tercermin melalui upaya optimalisasi penggunaan sumber daya, pengurangan limbah, serta penerapan proses produksi dan distribusi yang lebih bertanggung jawab. Sementara itu, kontribusi terhadap SDG 13 diwujudkan melalui pengurangan emisi karbon, efisiensi energi, dan penguatan strategi bisnis yang berorientasi pada mitigasi perubahan iklim. Oleh karena itu, penerapan teknologi hijau dalam rantai pasokan digital dapat dipandang sebagai pendekatan strategis untuk meningkatkan daya saing perusahaan sekaligus memperkuat komitmen terhadap pembangunan berkelanjutan.

7. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, perusahaan disarankan untuk menerapkan teknologi hijau secara lebih terintegrasi dalam sistem rantai pasokan digital. Penerapan tersebut dapat dimulai melalui audit penggunaan energi, pemantauan emisi karbon, pengurangan limbah operasional, digitalisasi dokumen, serta optimalisasi rute distribusi rendah emisi. Perusahaan juga perlu memperkuat penggunaan teknologi digital seperti *Internet of Things*, *big data analytics*, *artificial intelligence*, *blockchain*, dan *cloud computing* agar proses rantai pasokan dapat dipantau secara *real-time*, transparan, dan berbasis data. Dengan demikian, penerapan teknologi hijau tidak hanya menjadi upaya pengurangan dampak lingkungan, tetapi juga strategi untuk meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing bisnis.


Selain itu, manajemen perusahaan perlu menyusun indikator kinerja keberlanjutan yang terukur, seperti penurunan konsumsi energi, pengurangan emisi karbon, efisiensi biaya logistik, pengurangan limbah, peningkatan ketepatan distribusi, dan peningkatan transparansi rantai pasok. Indikator tersebut penting agar penerapan teknologi hijau dan rantai pasokan digital dapat dievaluasi secara berkala. Perusahaan juga disarankan untuk meningkatkan kompetensi sumber daya manusia melalui pelatihan mengenai keberlanjutan, literasi digital, serta pemanfaatan teknologi dalam pengambilan keputusan rantai pasokan.


Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar cakupan responden diperluas pada sektor industri yang lebih beragam dan wilayah penelitian yang lebih luas, sehingga hasil penelitian dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif. Penelitian mendatang juga dapat menambahkan variabel lain seperti *green innovation*, *digital capability*, *environmental awareness*, *supply chain resilience*, atau *organizational readiness* untuk memperkaya model penelitian. Selain itu, pendekatan *mixed methods* dapat digunakan agar hasil kuantitatif dapat diperkuat dengan wawancara mendalam mengenai tantangan implementasi teknologi hijau dalam rantai pasokan digital.

8. DEKLARASI


8.1. Tentang Penulis

Aswadi Jaya (AJ)  <https://orcid.org/0000-0001-5706-0977>

Ramzi Zainum Ikhsan (RZ)  <https://orcid.org/0009-0005-2253-6476>

Nasrul Hidayat (NH)  <https://orcid.org/0009-0006-1498-5586>

Alfri Adiwijaya (AA)  <https://orcid.org/0009-0008-4049-5286>

Te Hemi Zane (TH)  <https://orcid.org/0009-0000-0200-3123>

8.2. Kontribusi Penulis

Konseptualisasi: AJ dan RZ; Metodologi: NH; Perangkat Lunak: AA; Validasi: TH dan RZ; Analisis Formal: NH dan AA; Investigasi: TH; Sumber daya: RZ; Kurasi Data: NH; Penulisan Draf Awal: AA dan TH; Peninjauan dan Penyuntingan Tulisan: RZ dan NH; Visualisasi: AA; Semua penulis, AJ, RZ, NH, AA, dan TH telah membaca dan menyetujui naskah yang telah diterbitkan.

8.3. Pernyataan Ketersediaan Data

Data yang disajikan dalam studi ini tersedia atas permintaan dari penulis terkait.

8.4. Pendanaan

Penulis tidak menerima dukungan finansial untuk penelitian, kepenulisan, dan/atau penerbitan artikel ini.

8.5. Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki konflik kepentingan, konflik kepentingan finansial yang diketahui, atau hubungan pribadi yang dapat memengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Azizah, P. A. Sunarya, U. Rahardja, A. B. Mutiara, P. Prihandoko, and C. Pasha, "Improving smear-negative tuberculosis detection using data augmentation and faster r-cnn," *International Journal of Cyber and IT Service Management (IJCITSM)*, vol. 6, no. 1, pp. 65–77, 2026.
- [2] M. Farrukh Shahzad, H. Liu, and H. Zahid, "Industry 4.0 technologies and sustainable performance: do green supply chain collaboration, circular economy practices, technological readiness and environmental dynamism matter?" *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 36, no. 1, pp. 1–22, 2025.
- [3] D. De Fano, R. Schena, and A. Russo, "Harnessing ai ambidexterity for competitive advantage: the role of dynamic capabilities in digital innovation ecosystems," *European Journal of Innovation Management*, vol. 29, no. 2, pp. 490–504, 2026.
- [4] M. Putri and J. Setyono, "Peran inovasi teknologi dalam menjawab tantangan pasar modal syariah di era digital," *Al-Muzdahir: Jurnal Ekonomi Syariah*, vol. 8, no. 1, pp. 116–132, 2026.
- [5] R. Damayanti, H. Setiadi, P. Laksono, and J. Triyono, "Strategi analisis swot pada pengembangan website pusat studi: Dukungan diseminasi persebaran informasi," *TECHNOMEDIA JOURNAL : iLearning Journal Center*, vol. 9, no. 3, pp. 285–295, 2025.
- [6] L. Meria, M. S. Gunawan, S. Solahudin, U. Rahardja, and A. Patel, "Enhancing digital business students competence through ui/ux design training for digital product development," *ADI Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 6, no. 2, pp. 133–144, 2026.
- [7] D. Barile, G. Secundo, and P. Del Vecchio, "An artificial intelligence-based innovation ecosystem enabling open innovation and sustainable growth: evidence from a case study," *Innovation*, vol. 28, no. 1, pp. 14–36, 2026.
- [8] L. Ifti, F. D. Anggraini, M. J. Putri, A. S. Dinar, and R. Ridwasyah, "Implementasi digital marketing halal untuk penguatan daya saing usaha mikro kecil menengah syariah," *Jurnal Asy-Syarikah: Jurnal Lembaga Keuangan, Ekonomi dan Bisnis Islam*, vol. 8, no. 1, pp. 68–86, 2026.
- [9] U. Rahardja, "Using highchart to implement business intelligence on attendance assessment system based on yii framework," *International Transactions on Education Technology (ITEE)*, vol. 1, no. 1, pp. 19–28, 2022.
- [10] M. R. Ahmed and B. Ahmed, "Artificial intelligence and product development," *Ahmed, MR, & Ahmed, BE (2023). Artificial Intelligence and Product Development, American Academy of Business Journal*, (27), vol. 2, 2023.
- [11] Y. Liu, "Research on the mechanism of artificial intelligence-driven government innovation services to enhance manufacturing innovation capabilities," *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, vol. 18, pp. 17–17, 2026.
- [12] L. K. Choi, A. S. Panjaitan, and D. Apriliasari, "The effectiveness of business intelligence management implementation in industry 4.0," *Startuppreneur Business Digital (SABDA Journal)*, vol. 1, no. 2, pp. 115–125, 2022.

- [13] T. Williams, E. Kallas, E. Garcia, A. Fitzroy, and P. Sithole, "International business expansion strategies: A data-driven approach with ibm spss," *APTISI Transactions on Management*, vol. 8, no. 2, pp. 131–138, 2024.
- [14] OECD, *Strengthening Supply Chains through Efficiency, Resilience, AI and Environmental Performance*. Paris: OECD Publishing, 2026, accessed: 2026-06-19. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1787/2a495d96-en>
- [15] Q. Wang, Y. Qi, and R. Li, "Artificial intelligence and corporate sustainability: shaping the future of esg in the age of industry 5.0," *Sustainable Development*, vol. 34, no. 1, pp. 1–26, 2026.
- [16] OECD, *Governing with Artificial Intelligence: The State of Play and Way Forward in Core Government Functions*. Paris: OECD Publishing, 2025. [Online]. Available: https://www.oecd.org/en/publications/governing-with-artificial-intelligence_795de142-en.html
- [17] A. S. Sitorus, A. K. Hutabarat, K. E. Sari, and M. T. Harahap, "Pemanfaatan digital banking syariah oleh pelaku umkm: Studi kualitatif terhadap adaptasi teknologi keuangan," *Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Manajemen*, vol. 4, no. 1, pp. 216–226, 2026.
- [18] C. Donaldson, G. Linton, and J. Bendickson, "Generative artificial intelligence use and configurational pathways to innovation performance in start-ups," *Journal of Small Business Management*, vol. 64, no. 2, pp. 505–562, 2026.
- [19] R. Singh, S. Khan, A. Joshi, R. Katragadda, and V. Kumar, "Exploring the role of artificial intelligence on business innovation and entrepreneurship," *Strategy & Leadership*, vol. 54, no. 3, pp. 302–322, 2026.
- [20] F. Awamleh, A. Awamleh, and M. Jarrah, "The effect of digital leadership and cloud intelligence in driving organizational innovation: The mediating role of ethical artificial intelligence," *J. Res. Innov. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 98–109, 2026.
- [21] T. T. Le, Q. P. V. Nhu, and A. Behl, "Role of digital supply chain in promoting sustainable supply chain performance: the mediating of supply chain integration and information sharing," *The international journal of logistics management*, vol. 36, no. 5, pp. 1439–1462, 2025.
- [22] F. Tan, Q. Zhang, A. Mehrotra, R. Attri, and H. Tiwari, "Unlocking venture growth: Synergizing big data analytics, artificial intelligence, new product development practices, and inter-organizational digital capability," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 200, p. 123174, 2024.
- [23] S. Edilia and N. D. Larasati, "Innovative approaches in business development strategies through artificial intelligence technology," *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, vol. 5, no. 1, pp. 84–90, 2023.
- [24] S. Thandayuthapani, V. Rajalakshmi, B. Subha, B. Arunkumar, A. Sreenivasan, and P. Prasanna, "Loyalty-driven success: A sustainable approach to business growth," in *Artificial Intelligence and Technology: Systems Management, Decisions and Control for Sustainability in the Digital Age*. Springer, 2026, pp. 1049–1062.
- [25] M. A. Priputranto, W. Santosa, R. Darasih, and D. Widowati, "Pengaruh kemampuan digital terhadap kinerja inovasi hijau: Peran mediasi kolaborasi rantai pasok hijau dan moderasi kesadaran lingkungan manajemen puncak," *Paradoks: Jurnal Ilmu Ekonomi*, vol. 8, no. 3, pp. 1313–1327, 2025.
- [26] E. W. Nasution and T. Ningsih, "Optimalisasi manajemen rantai pasok dalam agribisnis: Studi kasus produksi kelapa sawit di negara berkembang," *Tabela Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, vol. 3, no. 1, pp. 23–31, 2025.
- [27] D. C. Samiun, "Literature review: Peran artificial intelligence dalam mendukung keputusan bisnis," in *Prosiding Seminar Nasional KONSTELASI*, vol. 3, no. 1, 2026, pp. 44–54.
- [28] A. F. Limbong and B. Harsanto, "Analisis karakteristik dan peran aktor dalam rantai pasok pertanian berkelanjutan di indonesia," *Jurnal Pertanian Terpadu*, vol. 13, no. 2, pp. 283–292, 2025.
- [29] C. Liu, "The application of ai and product innovation efficiency: the role of knowledge innovation under segi model," *Aslib Journal of Information Management*, vol. 78, no. 3, pp. 690–714, 2026.
- [30] D. A. Sawaftah, "Leveraging artificial intelligence in digital marketing to drive sustainable consumer behavior: Pathways and perceptions for supply chain sustainability," in *Technology and Innovation Towards a Future of Business Sustainability: Insights in the Digital Age*. Springer, 2026, pp. 29–42.
- [31] S. Zulaikha, I. R. Dewi, and M. Kurniawati, "Unveiling the intellectual landscape of artificial intelligence and consumer behavior," *Discover Artificial Intelligence*, vol. 6, no. 1, p. 2, 2026.
- [32] M. M. Kabeer, "Artificial intelligence in data analytics and product lifecycle management: Current trends and future directions," *Global Trends in Science and Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 94–109, 2026.

- [33] D. YULIANTO and A. FEBRIANTO, "Sistem informasi pengelolaan sampah kabupaten bantul berbasis website menggunakan model modified waterfall," *TECHNOMEDIA JOURNAL : iLearning Journal Center*, vol. 9, no. 3, pp. 309–320, 2025.
- [34] S. R. Tan, R. Ma, P. Wang, J. Wood, A. Bhati, and E. L. Eijdenberg, "Digital transformation in international operations: Insights from australian businesses in singapore," in *Emerging Technologies and Business Development in the Tropics*. Routledge, 2026, pp. 142–160.
- [35] Q. Lu, W. Qin, and Y. Yang, "Intelligent resource orchestration counselor: how artificial intelligence enables enterprises' exploratory innovation," *Journal of Business & Industrial Marketing*, vol. 41, no. 3, pp. 396–412, 2026.
- [36] N. Sadiku-Dushi, "Artificial intelligence in strategic management: Shaping the future of business leadership," in *Navigating AI in Business: Strategies and Insights Across Disciplines*. Springer, 2026, pp. 45–63.
- [37] R. T. Pakpahan, "Implementasi e-government dan inovasi pelayanan publik di era artificial intelligence," *PANDITA: Interdisciplinary Journal of Public Affairs*, vol. 9, no. 1, pp. 283–308, 2026.
- [38] I. Jayanto and D. O. Suparwata, "Peran artificial intelligence dalam mendorong inovasi produk dan model bisnis pada technopreneur di era ekonomi digital," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 14, no. 2, pp. 2862–2874, 2025.
- [39] U. Rahardja, Q. Aini, R. Supriati, and M. A. Al Hafiz, "Optimizing digital promotional graphic design strategies using the aida model," *ADI Journal on Recent Innovation (AJRI)*, vol. 7, no. 2, pp. 220–230, 2026.
- [40] H. Wu, G. Li, and H. Zheng, "How does digital intelligence technology enhance supply chain resilience? sustainable framework and agenda," *Annals of Operations Research*, vol. 355, no. 1, pp. 901–923, 2025.
- [41] S. N. Julianti, I. K. Mala *et al.*, "Strategi inovatif dalam mendorong kemajuan bisnis di era digital," *Multilingual: Journal of Universal Studies*, vol. 5, no. 1, pp. 186–201, 2025.
- [42] T. S. U. Suharto, "Analisis integratif design thinking dan artificial intelligence dalam mendorong inovasi umkm di indonesia," *bit-Tech*, vol. 7, no. 3, pp. 1078–1089, 2025.
- [43] S. A. Nurcahyo, A. Ali, U. P. Sanjaya, P. Priyanto, T. H. Widagdo, K. Kustiyono, N. L. Ramadhani, P. Sundari, and Y. Indraningtyas, "Penyuluhan inovatif: Talent management dan ai digital brainstorming sebagai upaya pembentukan kepribadian unggul peserta didik ma darul ma'arif pringapus," *ABDIMASKU: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, vol. 9, no. 1, pp. 149–158, 2026.
- [44] Y. A. Pratama and S. Rumangkit, "Kecerdasan buatan dan transformasi digital kewirausahaan: Pemetaan sistematis melalui pendekatan bibliometrik tren dan penelitian masa depan," *Jurnal Bisnis Darmajaya*, vol. 11, no. 1, pp. 13–28, 2025.
- [45] OECD, "Smart data and digital technology in education: Artificial intelligence, learning analytics and beyond," OECD, n.d. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/en/about/projects/smart-data-and-digital-technology-in-education--artificial-intelligence,-learning-analytics-and-beyond.html>
- [46] N. Alyani, H. Adzro, R. A. Ramadhani, and M. Madya, "Pengaruh digital capability terhadap innovation capability dan operational efficiency startup melalui pemanfaatan ai generatif," *J-KBDI: Jurnal Kecerdasan Buatan dan Data Science Industri*, vol. 1, no. 1, pp. 24–29, 2026.
- [47] L. Budiarti, A. H. Pertiwi, G. P. Khoerunnisa, A. D. Permata, and I. D. Al-lust, "Peningkatan daya saing umkm melalui strategi pemasaran berbasis kecerdasan buatan," *BUDIMAS: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, vol. 7, no. 1, 2025.
- [48] S. O. Rhomazani, A. Gamaliel, M. F. Abdillah, and Z. Gustaf, "Efektivitas kecerdasan buatan dalam pengembangan strategi pemasaran digital," *JAMIN: Jurnal Aplikasi Manajemen dan Inovasi Bisnis*, vol. 7, no. 2, pp. 163–175, 2025.
- [49] Y. Manza and M. R. Wayahdi, "Teknologi kecerdasan buatan dalam pengembangan sistem cerdas: Tantangan dan peluang," *JUTEK: Jurnal Teknologi*, vol. 1, no. 2, pp. 62–67, 2025.
- [50] E. Eryc and I. Deu, "Integrasi teknologi digital dan ai dalam memperkuat akuntabilitas pada operasi manajemen rantai pasokan: Analisis literatur sistematis," *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 5, no. 2, pp. 200–2011, 2024.
- [51] A. Aslan and D. R. Soesanto, "Transformasi manajemen sdm di era ai: Strategi upskilling, kesejahteraan holistik, dan kepemimpinan digital untuk meningkatkan ketahanan organisasi," *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, vol. 3, no. 11, pp. 334–346, 2026.
-