



Dampak *Green Strategy* dan *Green Innovation* terhadap *Performance Sustainability* dengan Dimoderasi oleh *Digital Transformation* pada Perusahaan Manufaktur

Erna Kurniawati^{1*}, Willy Arafah²

Universitas Trisakti, Jakarta Selatan, Indonesia

Email: ¹ernakurniawati@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bersifat kualitatif bertujuan untuk menganalisis peran *green strategy* dan *green innovation* dalam meningkatkan *performance sustainability*, serta mengungkap bagaimana *digital transformation* mempengaruhi hubungan tersebut dalam konteks persaingan bisnis modern agar dapat menjadi panduan bagi manajer dalam mengambil keputusan strategis untuk menentukan investasi dan jenisnya. Teknik pengumpulan data dilakukan secara sistematis melalui teknik kualitatif yang mencakup studi literatur dan dokumentasi. Literatur yang ada saat ini belum mengintegrasikan secara memadai tentang strategi berkelanjutan dengan *digital transformation* sebagai faktor penentu efektivitas *green strategy*. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini adalah bahwa sebagian besar studi hanya menguji pengaruh langsung atau mediasi dari *digital transformation* sedangkan penelitian ini menguji efek moderasinya. Berdasarkan hasil penelitian, 4 hipotesis seluruhnya dapat diterima yaitu *green strategy* berpengaruh positif terhadap *green innovation*, *green innovation* berpengaruh positif terhadap *performance sustainability*, *green strategy* berpengaruh positif terhadap *performance sustainability*, *green strategy* berdampak positif terhadap *performance sustainability* serta *green strategy* berdampak positif terhadap *performance sustainability* dengan adanya pengaruh moderasi *digital transformation*. Penerapan strategi hijau yang tepat akan mempermudah pelaksanaan inovasi hijau dan memberi kontribusi pada tujuan pembangunan berkelanjutan serta mempromosikan usaha yang bertanggung jawab terhadap lingkungan di pasar global dengan mengadopsi *digital transformation* untuk mengatasi masalah lingkungan, menanggapi permintaan konsumen, menghemat biaya dan mematuhi peraturan pemerintah.

Kata Kunci: Strategi Hijau, Inovasi Hijau, Keberlanjutan Kinerja, *Transformasi Digital*.

Abstract

This qualitative research aims to analyze the role of green strategy and green innovation in improving sustainability performance, and to reveal how digital transformation affects this relationship in the context of modern business competition so that it can be a guide for managers in making strategic decisions to determine investments and their types. Data collection techniques were carried out systematically through qualitative techniques which included literature studies and documentation. The existing literature has not adequately integrated sustainability strategies with digital transformation as a determinant of green strategy effectiveness. The novelty of this research is that most studies only examine the direct or mediating effects of digital transformation, whereas this study examines its moderating effects. Based on the research results, all 4 hypotheses can be accepted, namely green strategy has a positive effect on green innovation, green innovation has a positive effect on sustainability performance, green strategy has a positive effect on sustainability performance, green strategy has a positive effect on sustainability performance and green strategy has a positive effect on sustainability performance with the moderating effect of digital transformation. The implementation of the right green strategy will facilitate the implementation of green innovation and contribute to sustainable development goals as well as promote environmentally responsible businesses in the global market by adopting digital transformation to address environmental issues, respond to consumer demands, save costs and comply with government regulations.

Keywords: *Green Strategy, Green Innovation, Performance Sustainability, Digital Transformation.*

1. PENDAHULUAN

Tren global saat ini dalam bisnis berkelanjutan adalah mengoptimalkan kinerja inovasi hijau yang akan dipengaruhi oleh ketidakpastian lingkungan seperti pasar, pasokan dan kebijakan (Zhang *et al.*, 2024) sehingga organisasi harus memperkuat kemampuan tersebut untuk melindungi lingkungan dan mempertahankan kelangsungan hidup (Bhatti *et al.*, 2023). Industri manufaktur merupakan sektor yang berkontribusi terhadap masalah lingkungan dan seringkali tidak seimbang dengan pelestarian alam. Dampak industri terhadap lingkungan terlihat jelas dalam ekstraksi bahan baku, limbah yang dihasilkan, pembuangan komponen beracun, dan pembuangan kemasan yang tidak tepat setelah dikonsumsi oleh pelanggan. Perusahaan semakin berorientasi dan fokus pada pasar yang ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan konsumen sejalan dengan meningkatnya permintaan akan produk ramah lingkungan di era keberlanjutan (Tjahjadi *et al.*, 2020) dimana isu keberlanjutan sangat penting saat ini dan integrasi teknologi memainkan peran vital dalam pencapaian tujuan keberlanjutan (Riaz *et al.*, 2024) didukung oleh kebijakan dan peraturan pemerintah yang mendorong inovasi ramah lingkungan. Langkah-langkah yang dapat diambil antara lain meningkatkan pengelolaan hutan, memperkuat kebijakan perlindungan lingkungan, dan mendukung inisiatif masyarakat yang berhasil dalam menjaga hutan sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih akurat tentang dampak pembangunan terhadap lingkungan dan menjadi dasar penting untuk perencanaan kebijakan yang lebih berkelanjutan (Akmal *et al.*, 2025).

Sektor industri, khususnya manufaktur, merupakan salah satu kontributor utama emisi gas rumah kaca yang memicu perubahan iklim. Di Indonesia, sektor industri menyumbang sekitar 34% dari total emisi gas rumah kaca nasional. Emisi dari sektor industri bahkan mencapai yang berasal dari konsumsi energi, lebih dari 400 juta ton CO₂ ekuivalen pada tahun 2022 proses produksi, dan limbah industri. Jika dilihat dari struktur emisinya, sekitar 46% berasal dari pembakaran energi langsung, 16% dari konsumsi listrik, dan 38% dari proses kimia serta penggunaan produk industri. Data tersebut menunjukkan bahwa aktivitas produksi industri memiliki dampak yang signifikan terhadap degradasi lingkungan, sehingga diperlukan penerapan strategi bisnis yang lebih berkelanjutan untuk mengurangi dampak negatif tersebut.

Pertumbuhan industri yang pesat juga menyebabkan peningkatan tekanan terhadap lingkungan. Emisi karbon dari aktivitas industri di Indonesia tercatat meningkat sekitar 7,8% dalam periode 2020–2023, terutama disebabkan oleh tingginya penggunaan energi berbasis batu bara di kawasan industri. Selain itu, sektor manufaktur merupakan salah satu konsumen energi terbesar di Indonesia, sehingga peningkatan kapasitas produksi berpotensi meningkatkan emisi karbon secara signifikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa penerapan efisiensi energi serta inovasi ramah lingkungan menjadi kebutuhan yang semakin mendesak bagi industri manufaktur dalam upaya mengurangi dampak lingkungan dari aktivitas produksinya.

Selain menghasilkan emisi karbon, industri manufaktur juga menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Indonesia menghasilkan sekitar 60 juta ton limbah berbahaya dan beracun (B3) pada tahun 2021, yang sebagian besar berasal dari aktivitas industri. Namun demikian, hanya sekitar 38% perusahaan manufaktur skala menengah dan besar yang memiliki sistem pengolahan limbah cair yang memadai. Fakta ini menunjukkan bahwa praktik pengelolaan lingkungan di sektor industri masih belum optimal dan perlu ditingkatkan agar kegiatan industri dapat berjalan secara lebih berkelanjutan.

Penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada pengaruh langsung umumnya melihat hubungan linear antara variabel, seperti pengaruh *green strategy* atau *green innovation* terhadap *performance sustainability*. Meskipun memberikan pemahaman awal, pendekatan ini belum mampu menjelaskan kompleksitas faktor internal dan eksternal yang memengaruhi keberhasilan implementasi strategi hijau di perusahaan. Sementara itu, penelitian yang menggunakan variabel mediasi lebih menekankan pada bagaimana suatu variabel memengaruhi variabel lain melalui perantara tertentu, misalnya *green innovation* sebagai mediator antara *green strategy* dan *performance sustainability*. Namun, pendekatan ini masih terbatas karena belum mampu menjelaskan kondisi yang dapat memperkuat atau memperlemah hubungan tersebut. Dalam dinamika industri manufaktur saat ini yang berkembang pesat akibat kemajuan teknologi digital seperti *Internet of Things (IoT)*, *big data analytics*, *artificial intelligence*, dan *smart manufacturing*, digital transformation menjadi faktor penting yang memengaruhi implementasi strategi keberlanjutan. Oleh karena itu, digital transformation berpotensi berperan sebagai variabel moderasi yang dapat memperkuat efektivitas *green strategy* dan *green innovation* dalam meningkatkan *performance sustainability*, karena perusahaan dengan tingkat transformasi digital yang tinggi cenderung lebih mampu mengoptimalkan efisiensi energi, mengurangi limbah, serta meningkatkan transparansi pelaporan keberlanjutan.

Saat ini urgensi ancaman lingkungan seperti perubahan iklim, polusi, dan penipisan sumber daya telah meningkat sehingga menjadi perhatian perusahaan dan negara pada bisnis berkelanjutan di seluruh dunia, selanjutnya perusahaan mulai untuk beralih ke inovasi hijau dan keberlanjutan karena meningkatnya peraturan lingkungan, preferensi konsumen terhadap produk ramah lingkungan, dan keharusan tanggung jawab perusahaan (Kura & Lukman, 2025). Istilah “hijau” sering digunakan bergantian dengan konsep “keberlanjutan” terhadap dampak lingkungan, sosial dan ekonomi. Keberlanjutan sering digunakan sebagai tolok ukur investasi non keuangan (Fransisca *et al.*, 2025) sebuah perusahaan. Bagi negara berkembang harus ikut menyesuaikan diri dengan turut membuat kebijakan yang mendukung bahan produksi hijau dan sistem produksi yang mengurangi emisi karbon dan dampak negatif lainnya (Preko *et al.*, 2024). Sehingga dapat dikatakan bahwa inovasi hijau penting bagi perusahaan yang berorientasi pasar dan ramah lingkungan karena akan memengaruhi kinerja bisnis. Dan saat ini transformasi digital melalui penggunaan internet juga telah dilakukan untuk mencapai kinerja keberlanjutan (Verhoef *et al.*, 2021). Beberapa penelitian terdahulu yang pernah dilakukan adalah terkait *green strategy*, *green innovation*, *performance sustainability* dan *digital transformation*.

1.1 Green Strategy

Sun & Sun (2021) menyebutkan bahwa *green strategy* adalah aktivitas manajemen produksi perusahaan dengan cara mencegah polusi, mengelola produk dalam rangka mengurangi dampak kerusakan lingkungan, dan menjadi tahap pertama yang harus dilakukan oleh perusahaan untuk mencapai kinerja inovasi hijau (Soewarno *et al.*, 2019), meningkatkan daya saing perusahaan, pencapaian tujuan organisasi yang lebih baik yang berkaitan dengan kepedulian lingkungan (Luu, 2020) termasuk inovasi teknologi seperti penghematan energi, pencegahan pencemaran dan pengelolaan daur ulang (Yuniarti *et al.*, 2022). Pendapat tersebut menguatkan Mansoor *et al.*, (2021) yang mengungkapkan bahwa *green strategy* adalah upaya pimpinan puncak untuk mengurangi jejak karbon.

1.2 *Green Innovation*

Menurut Pratiwi & Rodiah (2024) mendefinisikan inovasi hijau sebagai proses pengembangan atau perubahan terhadap ide-ide baru dalam bisnis untuk mencapai keberlanjutan dalam aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial, serta dapat meningkatkan hambatan bagi para pesaing untuk memperoleh keunggulan kompetitif (Sun & Sun, 2021). Inovasi hijau dipersepsikan sebagai inovasi produk dan proses ramah lingkungan yang dilakukan oleh perusahaan, dalam rangka mengurangi dampak usaha terhadap lingkungan (Tjahjadi *et al.*, 2020). Pengertian lain menurut Tjahjadi *et al.*, (2020) adalah inovasi yang memungkinkan perusahaan untuk mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan dan merespons pasar hijau, dan membagi pengertian inovasi hijau menjadi tiga bagian yaitu inovasi produk hijau, inovasi proses hijau dan inovasi layanan hijau (M. Wang & Liu, 2022).

1.3 *Performance Sustainability*

Menurut Sun & Sun (2021) dan Wang & Liu (2022) bahwa kinerja berkelanjutan adalah upaya meningkatkan kinerja perusahaan yang dicapai melalui tindakan *green innovation*. Pernyataan tersebut diperkuat oleh Fransisca *et al.*, (2025) yang menyatakan bahwa kinerja keberlanjutan adalah strategi dan kebijakan perusahaan dalam mengelola lingkungan, sosial, dan tata kelola, sehingga menciptakan nilai berkelanjutan jangka panjang, mencerminkan komitmen perusahaan terhadap keberlanjutan, dapat meningkatkan daya saing dan reputasi di pasar.

1.4 *Digital Transformation*

Zhang *et al.*, (2022) menyatakan bahwa *digital transformation* adalah sistem kompleks yang melibatkan interaksi berbagai faktor, yang semuanya harus bekerja sama untuk memastikan keberhasilannya dengan tujuan untuk menciptakan nilai yang tidak terbatas pada efisiensi operasional, peningkatan model bisnis, keunggulan kompetitif dan hubungan pemangku kepentingan. Seperti yang diungkapkan oleh Verhoef *et al.*, (2021) bahwa *digital transformation* adalah proses di mana bisnis dan organisasi secara fundamental mengubah cara perusahaan beroperasi melalui inovasi teknologi, seperti *Internet of Things* (IoT), komputasi awan, Kecerdasan Buatan (AI), *blockchain*, pencetakan 3D, *big data*, dan simulasi tingkat lanjut (Rad *et al.*, 2022).

1.5 Pengembangan Hipotesis

Kepedulian terhadap lingkungan secara otomatis akan mengubah pandangan masyarakat terhadap aktivitas yang dapat merusak ekosistem dalam jangka panjang sehingga perlu dikembangkan strategi inovasi untuk meminimalkan dampak negatif. Soewarno *et al.*, (2019) mengemukakan tentang strategi inovasi hijau untuk mengimplementasikan inovasi hijau dalam rangka mencapai keunggulan kompetitif, memenuhi kebutuhan pasar dan harapan pemangku kepentingan. Sun & Sun (2021) berpendapat bahwa hubungan antara strategi inovasi hijau dan inovasi hijau masih belum jelas walaupun strategi tersebut dianggap penting. Peran aktivitas inovasi hijau telah dieksplorasi sebagai pendorong strategi hijau di perusahaan (Singh *et al.*, 2024).

Hipotesis 1: Green Strategy berpengaruh positif terhadap *Green Innovation*.

Inovasi hijau dianggap sebagai pembangunan berkelanjutan melalui proses, teknologi, produk, dan usaha baru yang lebih baik untuk mengurangi masalah lingkungan (Rehman *et al.*, 2021). Dan Malik *et al.*, (2024) menguatkan pernyataan tersebut bahwa kinerja berkelanjutan akan meningkat secara drastis dengan memasukkan strategi lingkungan ke dalam perusahaan. Hal ini menyebabkan proses mengidentifikasi, menilai,

dan mengevaluasi inovasi hijau beserta indikator kinerja keberlanjutan di industri manufaktur perlu dilakukan sebagai alat pendukung bagi industri untuk mentransformasikan kegiatan menjadi proses produksi yang berkelanjutan (Wang & Yang, 2021). Pendapat ini mendukung Asadi *et al.*, (2020) bahwa keseimbangan antara ekonomi, mengurangi kerusakan dan meningkatkan kualitas hidup dianggap penting untuk mendorong pembangunan ekonomi suatu negara. Kura & Lukman (2025) menyatakan bahwa pada akhirnya perusahaan yang memiliki sumber daya unik, komitmen terhadap keberlanjutan akan memperoleh keunggulan kompetitif dengan memanfaatkan inovasi hijau.

Hipotesis 2: Green Innovation berpengaruh positif terhadap *Performance Sustainability*.

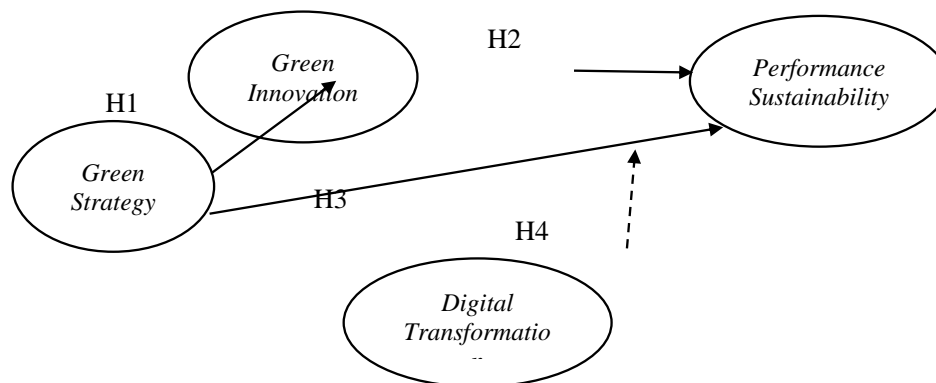
Strategi hijau oleh suatu perusahaan berhubungan positif dengan keberlanjutan yang dianggap sebagai komponen penting pembangunan negara (Saleh *et al.*, 2025) dan pandangan manajemen bahwa penting untuk merumuskan dan menerapkan strategi tersebut dalam operasional perusahaan (Moini *et al.*, 2014). Sehingga dengan meningkatnya kepedulian terhadap keberlanjutan lingkungan akan menambah minat usaha ramah lingkungan pada perusahaan (Sahoo *et al.*, 2022).

Hipotesis 3: Green Strategy berpengaruh positif terhadap *Performance Sustainability*.

Transformasi digital menghadirkan peluang menarik bagi perusahaan manufaktur untuk meningkatkan daya saing walaupun implementasinya masih sulit ditemukan (Chirumalla *et al.*, 2025) dan hampir semua industri telah atau sedang terlibat dalam transformasi digital (Zhang *et al.*, 2022). Oleh karena itu, inovasi hijau akan didorong oleh perusahaan untuk mengembangkan teknologi berkelanjutan dalam rangka memenuhi permintaan pasar untuk produk ramah lingkungan. Zhang *et al.*, (2022) juga menyatakan bahwa banyak organisasi telah menerapkan transformasi digital dengan dampak positif pada kinerja bisnis organisasi dan produktivitas, yang menyebabkan peningkatan keunggulan, inovasi dan pembangunan berkelanjutan. Untuk menilai kinerja berkelanjutan, studi ini berfokus pada transformasi digital yang banyak diabaikan oleh penelitian sebelumnya (Al-Khatib & Shuhaiber, 2022).

Hipotesis 4: Digital Transformation memoderasi pengaruh *Green Strategy* dengan *Performance Sustainability*.

Berdasarkan penjelasan di atas maka kebaruan (*novelty*) yang ditawarkan adalah adanya efek moderasi pada variabel *digital transformation* untuk melihat pengaruhnya antara *green strategy*, *green innovation* dengan *performance sustainability* sedangkan sebagian besar studi hanya menguji pengaruh langsung atau mediasinya saja (Bianchi & Noci, 1998). Berikut adalah kerangka konseptual dari penelitian:



Gambar 1. Kerangka Konseptual

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis temuan penelitian terdahulu terkait hubungan antara *green strategy*, *green innovation*, *digital transformation*, dan *performance sustainability* pada perusahaan manufaktur. Metode SLR dipilih karena mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai perkembangan penelitian, kesenjangan penelitian (*research gap*), serta pola hubungan antarvariabel secara sistematis dan transparan. Proses systematic review dalam penelitian ini mengikuti protokol PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) yang banyak digunakan dalam penelitian ilmiah untuk memastikan proses pencarian, seleksi, dan analisis literatur dilakukan secara sistematis dan dapat direplikasi.

2.2 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari artikel ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal internasional bereputasi. Pencarian literatur dilakukan melalui beberapa basis data akademik, antara lain:

- a. Scopus
- b. Web of Science
- c. ScienceDirect
- d. Google Scholar
- e. Emerald Insight
- f. SpringerLink

Basis data tersebut dipilih karena memiliki reputasi tinggi dan menyediakan artikel ilmiah yang telah melalui proses peer review.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil studi literatur yang dilakukan menunjukkan bahwa perubahan iklim telah memaksa industri dan sektor manufaktur untuk memasukkan operasional ramah lingkungan ke dalam usaha manufaktur karena sektor industri pada dasarnya merupakan sektor yang intensif penggunaan energi dan sebagai kontributor utama dari pemanasan global. Untuk itu diperlukan adanya strategi hijau yang tepat agar mampu menyusun inovasi yang ramah lingkungan atau inovasi hijau. Program keberlanjutan seringkali dikaitkan dengan usaha hijau sehingga diapresiasi akan berpengaruh pada kinerja keberlanjutan sebuah perusahaan atau organisasi. Pemanfaatan teknologi juga menjadi faktor kunci dalam menciptakan sistem manajemen yang lebih efisien, mulai dari penginputan, pelacakan data pelanggan, promosi digital, kolaborasi antar-tim, pengambilan keputusan dan meningkatkan daya saing bisnis secara signifikan.

3.1 *Green Strategy* berpengaruh positif terhadap *Green Innovation*

Hasil pengujian hipotesis 1 menunjukkan bahwa *green strategy* berpengaruh positif terhadap *green innovation*. Hal ini membuktikan pendapat dari Song & Yu (2018) menyatakan bahwa perusahaan harus mengembangkan strategi inovasi hijau untuk mendorong inovasi hijau. Soewarno *et al.*, (2019) menguatkan pernyataan tersebut bahwa mengembangkan strategi inovasi hijau merupakan tahap pertama yang harus dilakukan oleh perusahaan yang ingin mencapai kinerja inovasi hijau dan menemukan strategi inovasi hijau berpengaruh positif terhadap inovasi hijau dan kinerja inovasi hijau. Hal ini didukung oleh pernyataan bahwa pemberian pelatihan penggunaan strategi hijau dapat meningkatkan kinerja hijau (Saleh *et al.*, 2025).

3.2 *Green Innovation* berpengaruh positif terhadap *Performance Sustainability*

Hipotesis 2 mendukung inovasi hijau terhadap kinerja berkelanjutan di industri manufaktur (Wang & Yang, 2021). Selanjutnya Wang & Liu (2022) menemukan bahwa perusahaan akan terus berupaya meningkatkan kinerja dengan menerapkan inovasi hijau sebagai upaya adaptasi terhadap globalisasi isu lingkungan karena masalah lingkungan memiliki dampak besar pada kinerja perusahaan.

3.3 *Green Strategy* berpengaruh positif terhadap *Performance Sustainability*

Penelitian pada hipotesis 3 menunjukkan pengaruh positif *green strategy* yang signifikan terhadap *performance sustainability*. Penerapan strategi hijau terbukti menjadi pendorong utama bagi perusahaan untuk bertahan dan tumbuh dalam jangka panjang. Hal ini disebabkan karena *green strategy* adalah sebuah strategi investasi karena jika gagal mengadopsinya maka akan berisiko pada penurunan kinerja jangka panjang yang disebabkan oleh kehilangan pasar. Wang & Liu (2022) menemukan bahwa penting untuk menentukan cara mengelola strategi inovasi hijau perusahaan dengan lebih baik dalam rangka mencapai dan mempertahankan keunggulan kinerja berkelanjutan, sehingga dapat dikatakan bahwa strategi inovasi hijau perusahaan berhubungan positif dengan kinerja perusahaan.

3.4 *Digital Transformation* memoderasi pengaruh *Green Strategy* terhadap *Performance Sustainability*

Dan pada penelitian hipotesis 4 mendukung pengaruh positif *digital transformation* ternyata memperkuat hubungan *green strategy* dengan *performance sustainability*. Transformasi digital secara signifikan memperkuat hubungan antara adopsi strategi hijau dan kinerja berkelanjutan (Riaz *et al.*, 2024). Penerapan *internet of things* (IoT) adalah contoh teknologi digital yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas, mengoptimalkan penggunaan energi, dan memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data (Rehman *et al.*, 2023) sehingga mampu menawarkan strategi hijau dan teknologi yang lebih baik dalam mencapai kinerja berkelanjutan serta dapat mengurangi dampak lingkungan karena menerapkan transformasi digital (Feroz *et al.*, 2021) yang dilakukan oleh perusahaan manufaktur (Marinelli *et al.*, 2022).

Dalam konteks industri manufaktur modern, penerapan teknologi digital menjadi faktor penting dalam mendukung implementasi strategi keberlanjutan. Beberapa teknologi digital seperti blockchain, digital twin, Internet of Things (IoT), dan big data analytics dapat membantu perusahaan meningkatkan efisiensi operasional sekaligus memperkuat transparansi dan akuntabilitas dalam praktik keberlanjutan.

Salah satu teknologi yang memiliki potensi besar dalam meningkatkan transparansi rantai pasok hijau adalah blockchain. Blockchain merupakan teknologi buku besar terdistribusi (*distributed ledger*) yang memungkinkan pencatatan transaksi secara permanen, transparan, dan tidak dapat dimanipulasi. Dalam konteks green supply chain, blockchain dapat digunakan untuk melacak asal-usul bahan baku, proses produksi, hingga distribusi produk kepada konsumen. Dengan adanya sistem pencatatan yang transparan dan dapat diverifikasi oleh berbagai pihak, perusahaan dapat memastikan bahwa bahan baku yang digunakan berasal dari sumber yang berkelanjutan dan memenuhi standar lingkungan. Misalnya, perusahaan manufaktur dapat menggunakan blockchain untuk memverifikasi bahwa bahan baku diperoleh dari pemasok yang menerapkan praktik ramah lingkungan atau memiliki sertifikasi keberlanjutan. Selain itu, teknologi ini juga dapat mengurangi praktik *greenwashing*, karena seluruh data terkait emisi karbon, penggunaan energi, dan pengelolaan limbah dapat diakses dan diaudit secara transparan oleh pemangku kepentingan.

Teknologi lain yang berperan penting dalam mendukung efisiensi energi adalah digital twin. Digital twin merupakan representasi virtual dari sistem fisik, proses produksi, atau aset industri yang terhubung secara real-time dengan data operasional melalui sensor dan perangkat IoT. Dengan menggunakan digital twin, perusahaan dapat melakukan simulasi dan analisis terhadap proses produksi tanpa harus mengganggu operasional nyata. Dalam konteks keberlanjutan, digital twin memungkinkan perusahaan untuk memonitor konsumsi energi, emisi karbon, dan efisiensi penggunaan sumber daya secara lebih akurat. Misalnya, perusahaan dapat mensimulasikan berbagai skenario produksi untuk menemukan konfigurasi mesin yang paling efisien dalam penggunaan energi. Selain itu, digital twin juga dapat membantu dalam predictive maintenance, yaitu memprediksi potensi kerusakan mesin sebelum terjadi kegagalan sistem. Dengan demikian, perusahaan dapat mengurangi pemborosan energi, meningkatkan efisiensi operasional, serta menurunkan emisi yang dihasilkan dari proses produksi.

Selain blockchain dan digital twin, teknologi Internet of Things (IoT) juga memainkan peran penting dalam mendukung praktik manufaktur berkelanjutan. IoT memungkinkan berbagai perangkat dan sensor dalam sistem produksi saling terhubung dan bertukar data secara real-time. Sensor IoT dapat digunakan untuk memantau penggunaan energi, konsumsi air, suhu mesin, serta emisi yang dihasilkan selama proses produksi. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi potensi pemborosan sumber daya dan peluang peningkatan efisiensi. Dengan demikian, perusahaan dapat mengambil keputusan berbasis data untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi dampak lingkungan.

Selain itu, big data analytics dan artificial intelligence (AI) juga dapat membantu perusahaan dalam menganalisis data lingkungan dalam jumlah besar dan kompleks. Teknologi ini memungkinkan perusahaan mengidentifikasi pola penggunaan energi, memprediksi kebutuhan sumber daya, serta merancang strategi produksi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Misalnya, algoritma AI dapat digunakan untuk mengoptimalkan jadwal produksi agar penggunaan energi lebih stabil dan tidak menyebabkan lonjakan konsumsi listrik yang tinggi.

Secara keseluruhan, integrasi teknologi digital seperti blockchain, digital twin, IoT, dan big data analytics memungkinkan perusahaan manufaktur untuk meningkatkan transparansi rantai pasok, mengoptimalkan konsumsi energi, serta meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Oleh karena itu, digital transformation dapat menjadi faktor penting yang memperkuat pengaruh green strategy dan green innovation terhadap performance sustainability, karena teknologi digital memberikan kemampuan bagi perusahaan untuk mengimplementasikan strategi keberlanjutan secara lebih efektif, terukur, dan transparan.

4. KESIMPULAN

Adapun keterbatasan dalam penelitian ini yaitu penelitian ini hanya membahas peranan variabel *green innovation*, *green strategy*, *performance sustainability* dengan dimoderasi oleh *digital transformation* dengan obyek penelitian pada perusahaan manufaktur. Selanjutnya penelitian dapat diperluas pada jenis usaha lain yang banyak menggunakan sumber daya alam dan variabel moderasi lain seperti *digital transformation leadership*.

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa *green strategy* berpengaruh positif terhadap *green innovation*. Hal ini menunjukkan bahwa dengan strategi hijau yang tepat akan mendorong timbulnya inovasi hijau pada perusahaan. Kemampuan perusahaan untuk beradaptasi terhadap isu global

lingkungan akan membuat konsumen ikut menggunakan produk ramah lingkungan. Strategi dan inovasi hijau harus mampu membuat perusahaan tetap mendapat keuntungan tanpa membuat lingkungan menjadi semakin rusak. Selanjutnya *green innovation* berpengaruh positif terhadap *performance sustainability*. Penerapan inovasi hijau pada sektor manufaktur dapat meminimalisasi dampak kerusakan lingkungan. Dengan adanya komitmen semua pihak akan menjamin ketersediaan sumber daya alam untuk kinerja berkelanjutan terutama jika didukung oleh kebijakan pemerintah. Adanya kebijakan *green strategy* berdampak positif terhadap *performance sustainability*. Implementasi strategi hijau yang tepat akan memberi manfaat bagi proses pengelolaan lingkungan. Dengan terpeliharanya sumber daya alam akan menjamin pemilihan konsumen untuk produk ramah lingkungan dan juga kinerja keberlanjutan perusahaan. Proses *digital transformation* berpengaruh positif terhadap hubungan antara *green strategy* dengan *performance sustainability*, dimana perannya sebagai moderasi ikut memperkuat hubungan keduanya. Kemajuan teknologi saat ini tidak bisa dihindari oleh perusahaan dan diperlukan untuk mendukung pemanfaatan sumber daya alam melalui pembuatan produk ramah lingkungan. Peran strategi hijau untuk mempertahankan lingkungan tanpa menghilangkan aspek modernisasi sangat diperlukan untuk mencapai kinerja berkelanjutan. Disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan variabel lain seperti *digital transformation leadership* dan memperluas obyek penelitian lebih luas ke perusahaan dengan bidang usaha yang berbeda seperti pertanian dan pertambangan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

Kontribusi dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh langsung dan tidak langsung antara *green strategy*, *green innovation*, *performance sustainability* dan *digital transformation* dalam perusahaan manufaktur dan sebagai adaptasi perubahan dalam lingkungan bisnis. Penerapan inovasi hijau di semua sektor yang terkait dengan eksploitasi sumber daya alam, seperti pertanian dan pertambangan, seharusnya dilakukan segera untuk memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kesehatan ekonomi dan mendukung pembuatan kebijakan yang lebih berkelanjutan didukung oleh komitmen semua pihak (Akmal *et al.*, 2025).

4.1 Implikasi Manajerial

Urutan investasi teknologi untuk mendukung strategi hijau di industri manufaktur sebaiknya dilakukan secara bertahap sesuai tingkat kesiapan digital perusahaan. Tahap awal adalah penerapan Internet of Things (IoT) dan sensor monitoring untuk memantau konsumsi energi, air, dan bahan baku secara real-time sehingga perusahaan dapat mengidentifikasi inefisiensi dan mengurangi emisi. Setelah data tersedia, perusahaan dapat menginvestasikan big data analytics atau Energy Management System (EMS) untuk menganalisis pola konsumsi energi dan menghasilkan insight guna meningkatkan efisiensi operasional. Tahap berikutnya adalah penggunaan digital twin untuk mensimulasikan dan mengoptimalkan proses produksi secara virtual agar lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Selanjutnya, Artificial Intelligence (AI) dapat dimanfaatkan untuk memprediksi konsumsi energi, mengoptimalkan jadwal produksi, serta meningkatkan efisiensi rantai pasok. Pada tahap lanjutan, blockchain dapat diterapkan untuk meningkatkan transparansi dalam green supply chain, seperti melacak asal bahan baku berkelanjutan dan memverifikasi laporan emisi karbon, sehingga memperkuat kredibilitas praktik keberlanjutan perusahaan.

REFERENCES

- Akmal, A. D., Fajri, H., Pemana, I., & Sari, O. P. (2025). *Green economy is a challenge for sustainable development in west Sumatra*. 1441, 1–13. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1441/1/012045>
- Al-khatib, A. (2022). *Green Intellectual Capital and Green Supply Chain Performance : Does Big Data Analytics Capabilities Matter ?* 1–23.
- Asadi, S., OmSalameh Pourhashemi, S., Nilashi, M., Abdullah, R., Samad, S., Yadegaridehkordi, E., Aljojo, N., & Razali, N. S. (2020). Investigating influence of green innovation on sustainability performance: A case on Malaysian hotel industry. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120860. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120860>
- Bhatti, S. M., Al Mamun, A., Wu, M., Naznen, F., Kanwal, S., & Makhbul, Z. K. M. (2023). Modeling the significance of green orientation and culture on green innovation performance: moderating effect of firm size and green implementation. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(44), 99855–99874. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29353-4>
- Bianchi & Noci. (1998). bianchi1998. *Greening SME's Competitiveness*, 11.
- Chirumalla, K., Oghazi, P., Nnewuku, R. E., Tuncay, H., & Yahyapour, N. (2025). Critical factors affecting digital transformation in manufacturing companies. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 21(1). <https://doi.org/10.1007/s11365-024-01056-3>
- Feroz, A. K., & Zo, H. (2021). *Digital Transformation and Environmental Sustainability : A Review and Research Agenda*. 1–20.
- Fransisca, F., Pratama, A., & Muhammad, K. (2025). Does Sustainability Pay Off? Examining Governance, Performance, and Debt Costs in Southeast Asian Companies (A Survey of Public Companies in Indonesia, Malaysia, Singapore, and Thailand for the 2021–2023 Period). *Journal of Risk and Financial Management*, 18(7). <https://doi.org/10.3390/jrfm18070377>
- Kura, K. M., & Lukman, R. (2025). Linking green entrepreneurial orientation and green market orientation to firm sustainability performance: a three-level meta-analysis. *Discover Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01755-z>
- Lin, Y. H., & Chen, Y. S. (2016). Determinants of green competitive advantage: the roles of green knowledge sharing, green dynamic capabilities, and green service innovation. *Quality and Quantity*, 51(4), 1663–1685. <https://doi.org/10.1007/s11135-016-0358-6>
- Luu, T. T. (2020). Integrating green strategy and green human resource practices to trigger individual and organizational green performance: the role of environmentally-specific servant leadership. *Journal of Sustainable Tourism*, 28(8), 1193–1222. <https://doi.org/10.1080/09669582.2020.1729165>
- Malik, M. S., Ali, K., Amir, M., Tariq, K., & Ramzan, M. (2024). Green Transformational Leadership, Environmental Strategy, and Green Innovation: Mediated Moderation of Knowledge Sharing and Green Absorptive Capacity. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 18(2), 503–526. <https://doi.org/10.64534/commer.2024.049>
- Mansoor, A., Farrukh, M., Lee, J. K., & Jahan, S. (2021). Stimulation of employees' green creativity through green transformational leadership and management initiatives. *Sustainability (Switzerland)*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/su13147844>
- Marinelli, L., Bartoloni, S., & Pascucci, F. (2022). *Genesis of an innovation-based entrepreneurial ecosystem : exploring the role of intellectual capital*. 24(1), 10–34. <https://doi.org/10.1108/JIC-09-2021-0264>
- Moini, H., Sorensen, O. J., & Szuchy-Kristiansen, E. (2014). Adoption of green strategy by Danish firms. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 5(2), 197–223. <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-01-2013-0003>
- Nadila Hary Pratiwi, & Siti Rodiah. (2024). Pengaruh Keunggulan Kompetitif Hijau Dan Inovasi Hijau Terhadap KinerjaBerkelanjutan. *Jurnal Akuntansi Bisnis*, 22(2), 155–173.

- Preko, A., Gyepi-Garbrah, T., Martey, E. M., Akolaa, A. A., Zilevu, T. K., & Sedalo, G. (2024). The effects of strategic alignment and institutional isomorphism for entrepreneurs in the agribusiness sector, Ghana. *Journal of Global Entrepreneurship Research*, 14(1). <https://doi.org/10.1007/s40497-024-00411-6>
- Rad, F. F., Oghazi, P., & Palmi, M. (2022). *Industry 4.0 and supply chain performance : A systematic literature review of the benefits , challenges , and critical success factors of 11 core technologies*. 105(June), 268–293. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.06.009>
- Rehman, Shafique Ur; Elrehail, hamzah; ibrahim, blend; rachid, alami;Alshwayat, D. (2023). *Linking hotel environmental management initiatives and sustainable hotel performance through employees ' eco-friendly behaviour and environmental strategies : a moderated-mediated model*. 35(2), 184–201. <https://doi.org/10.1108/EBR-05-2022-0094>
- Rehman, S. U., Kraus, S., Shah, S. A., Khanin, D., & Mahto, R. V. (2021). Analyzing the relationship between green innovation and environmental performance in large manufacturing firms. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120481. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120481>
- Riaz, A., Cepel, M., & Ferraris, A. (2024). *capital , green information systems , green management initiatives and sustainable performance : a mediated-moderated perspective*. 297–327. <https://doi.org/10.1108/JIC-03-2023-0063>
- Sahoo, Saumyaranjan; Kumar, Anil;Upadhyay, A. (2022). *How do green knowledge management and green technology innovation impact corporate environmental performance ? Understanding the role of green knowledge acquisition*. May 2022, 551–569. <https://doi.org/10.1002/bse.3160>
- Saleh, M. S. M., Fathi, R. H., Aly, S. M. M., Zoromba, M., Abdel-Sattar, S. A. L., Dailah, H. G., Nashwan, A. J., & Elsabahy, H. E. (2025). On the way to sustainability: the role of green marketing strategies and best practices of TQM on green performance among nurse managers. *BMC Nursing*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12912-025-03714-5>
- Singh, V. K., Keshari, A., Singh, D., Singh, P. C., & Gautam, A. (2024). Green export strategies and SMEs export performance: mediating roles of innovation, readiness, and activities. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s13731-024-00451-y>
- Soewarno, N., Tjahjadi, B., & Fithrianti, F. (2019). Green innovation strategy and green innovation: The roles of green organizational identity and environmental organizational legitimacy. *Management Decision*, 57(11), 3061–3078. <https://doi.org/10.1108/MD-05-2018-0563>
- Song, W., & Yu, H. (2018). Green Innovation Strategy and Green Innovation: The Roles of Green Creativity and Green Organizational Identity. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 25(2), 135–150. <https://doi.org/10.1002/csr.1445>
- Sun, Y., & Sun, H. (2021). Green innovation strategy and ambidextrous green innovation: The mediating effects of green supply chain integration. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/su13094876>
- Tjahjadi, B., Soewarno, N., Hariyati, H., Nafidah, L. N., Kustiningsih, N., & Nadyaningrum, V. (2020). The role of green innovation between green market orientation and business performance: its implication for open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 1–18. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040173>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122(July 2018), 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Wang, M., & Liu, Z. (2022). How Do Green Innovation Strategies Contribute to Firm Performance Under Supply Chain Risk? Evidence From China's Manufacturing Sector. *Frontiers in Psychology*, 13(April), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.894766>

- Wang, Y., & Yang, Y. (2021). Analyzing the green innovation practices based on sustainability performance indicators: a Chinese manufacturing industry case. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 1181–1203. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10531-7>
- Yuniarti, R., Soewarni, N., & Isnalita. (2022). Green Innovation on Firm Value With Financial Performance As Mediating Variable. In *Asian Academy of Management Journal* (Vol. 27, pp. 41–58).
- Zhang, H., Li, X., & Ding, Z. (2024). Optimal supply chain performance: risk aversion to green innovation. *Management Decision*, 62(12), 3996–4020. <https://doi.org/10.1108/MD-07-2023-1281>
- Zhang, X., Xu, Y., & Ma, L. (2022). Research on Successful Factors and Influencing Mechanism of the Digital Transformation in SMEs. *Sustainability (Switzerland)*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/su14052549>