



Tersedia secara online di <http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jatiunik/issue/view/76>

JATI UNIK

Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri



Tantangan Investasi dan Teknologi dalam Transformasi Kawasan Industri Tradisional Menuju *Eco-Smart*

Syafrijon^{*1}, Sarwono Hardjomuljadi², Basuki Anondho³

syafrijonsani@gmail.com^{*1}, sarwonohm2@yahoo.co.id², basukia@ft.untar.ac.id³

^{1,2,3}Program Studi Doktor Ilmu Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanegara

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 20 – November – 2024

Revised : 26 – April – 2025

Accepted : 5 – Mei – 2025

Kata kunci :

Eco-smart transformation, Industrial estates, Technology transformation, Traditional industrial estates

Abstract

The transformation of traditional industrial areas into eco-smart zones has become a strategic solution for reducing environmental impacts while improving operational efficiency. This study aims to analyze investment and technology challenges in the transformation of traditional industrial estates towards eco-smart industrial estates, as well as evaluate their impact on the company's environmental, economic, and social sustainability. The research employs a mixed-methods approach, integrating quantitative data analysis from the implementation of eco-smart technology across various industrial sectors with interviews involving key stakeholders. Quantitative data includes CO₂ emission reductions, operational cost efficiencies, and natural resource management, while interviews explore the challenges and opportunities in technology adoption. The findings reveal that implementing eco-smart technology over four years successfully reduced CO₂ emissions by 50%, achieved 40% energy cost efficiency, and generated a total operational cost saving of 26%. Additionally, the use of natural resources, such as water and energy, decreased by 20%. The main challenges identified include high initial investment and the need for collaboration among stakeholders to accelerate technology adoption. This study concludes that despite the hurdles in investment and technology implementation, transitioning to eco-smart systems offers significant environmental and economic benefits. These findings provide valuable insights for policymakers and industry players in developing sustainable industrial zones.

Abstrak

Transformasi kawasan industri tradisional menjadi zona ramah lingkungan dan cerdas (*eco-smart*) telah menjadi solusi strategis untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus meningkatkan efisiensi operasional. Penelitian ini bertujuan menganalisis tantangan investasi dan teknologi dalam transformasi kawasan industri tradisional menuju kawasan industri *eco-smart*, serta mengevaluasi dampaknya terhadap keberlanjutan lingkungan, ekonomi, dan sosial perusahaan. Penelitian menggunakan pendekatan mixed-methods yang mengintegrasikan analisis data kuantitatif dari penerapan teknologi *eco-smart* di berbagai sektor

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format :
Syafrijon, S. Hardjomuljadi, and B. Anondho, "Tantangan Investasi dan Teknologi dalam Transformasi Kawasan Industri Tradisional Menuju *Eco-Smart*," *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 123-135, 2025.

industri dengan wawancara para pemangku kepentingan utama. Data kuantitatif meliputi pengurangan emisi CO₂, efisiensi biaya operasional, dan pengelolaan sumber daya alam, sedangkan wawancara mengidentifikasi tantangan dan peluang adopsi teknologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi *eco-smart* selama empat tahun berhasil mengurangi emisi CO₂ sebesar 50%, mencapai efisiensi biaya energi sebesar 40%, dan menghasilkan penghematan total biaya operasional sebesar 26%. Selain itu, penggunaan sumber daya alam seperti air dan energi berkurang sebesar 20%. Tantangan utama meliputi investasi awal yang tinggi dan kebutuhan kolaborasi antar pemangku kepentingan untuk mempercepat adopsi teknologi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa meskipun terdapat hambatan dalam investasi dan implementasi teknologi, transisi ke sistem *eco-smart* menawarkan manfaat lingkungan dan ekonomi yang signifikan. Temuan ini memberikan wawasan berharga bagi pembuat kebijakan dan pelaku industri dalam mengembangkan kawasan industri berkelanjutan.

1. Pendahuluan

Transformasi kawasan industri menuju *eco-smart* menyeimbangkan produktivitas dan kelestarian lingkungan demi mendukung pembangunan berkelanjutan global [1]. Kawasan *eco-smart* menggabungkan teknologi pintar, energi terbarukan, dan pengelolaan limbah untuk efisiensi berkelanjutan. [2]. Konsep ini sebagai prinsip ekonomi hijau dengan penerapan teknologi cerdas, untuk meningkatkan daya saing dan menjaga keberlanjutan lingkungan [3]. Upaya transformasi kawasan industri global menuntut sinergi lintas sektor untuk mempercepat adopsi teknologi hijau berkelanjutan [4]. Proses transformasi ini juga mencakup integrasi sistem manajemen berbasis teknologi pintar, seperti *Internet of Things* (IoT), *big data*, dan kecerdasan buatan (AI) untuk kontrol industri *real-time* ramah lingkungan [5]. Namun, banyak negara menghadapi tantangan besar dalam beralih dari model industri intensif sumber daya menuju model *eco-smart* yang lebih efisien dan ramah lingkungan [6]. Tantangan meliputi transisi energi, adopsi ISO 14001, dan *re-design* kawasan industri berbasis hijau [7].

Data IEA (2021) menunjukkan sektor industri menyumbang 24% emisi CO₂ global. Kawasan *eco-smart*, melalui teknologi rendah karbon dan efisiensi energi, mampu menurunkan konsumsi hingga 30% (REN21, 2023) dan mengurangi emisi 50% (UNIDO, 2022) [8]. Transformasi *eco-smart* terhambat infrastruktur usang, membutuhkan investasi besar untuk teknologi hijau, terutama di negara berkembang [9]. Dukungan kebijakan dan regulasi pemerintah sering kali belum cukup untuk mendorong adopsi teknologi hijau [10]. Keterbatasan sumber daya manusia yang kompeten dalam teknologi hijau juga menjadi

hambatan serius [11]. Transformasi memerlukan tenaga kerja terampil dalam teknologi pintar dan keberlanjutan [12].

Karawang, Jawa Barat, dikenal sebagai pusat industri terbesar di Indonesia, dengan pabrik-pabrik terkemuka di sektor otomotif, elektronik, tekstil, dan barang konsumsi. Berdasarkan data BPS 2023, lebih dari 60% aktivitas ekonomi lokal berasal dari industri, memberikan kontribusi besar terhadap pertumbuhan ekonomi. Namun, intensitas industri ini juga menambah beban lingkungan, dengan meningkatnya emisi gas rumah kaca, polusi udara, dan limbah yang belum terkelola dengan baik, menghadirkan tantangan bagi keberlanjutan kawasan ini [13]. Studi awal mengungkapkan, kawasan industri Karawang masih bergantung 80% pada energi fosil, meningkatkan emisi karbon. Adopsi teknologi hijau terbatas karena infrastruktur yang kurang dan biaya transformasi tinggi. [14].

Penelitian global selama 10 tahun terakhir menyoroti transformasi kawasan industri *eco-smart*, dengan studi Liu et al. (2019) menunjukkan integrasi IoT dan manajemen pintar meningkatkan efisiensi energi hingga 25% [15]. Penelitian Song et al. (2020) menekankan kolaborasi pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat dalam mempercepat transisi industri hijau [16]. Tantangan investasi menjadi penghalang utama, dengan biaya awal tinggi menghambat adopsi teknologi cerdas (Alabdali et al., 2023) [17].

Negara Indonesia, oleh Susanti et al. (2023) menunjukkan bahwa kurangnya regulasi dan insentif yang mendukung adopsi teknologi hijau menjadi kendala signifikan dalam transformasi kawasan industri [18]. Selain itu, Yana et al. (2022) mengungkapkan bahwa banyak kawasan industri tradisional di Indonesia masih bergantung pada energi fosil, yang menyebabkan emisi karbon tinggi [19]. Kajian-kajian ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi solusi konkret terhadap tantangan investasi dan teknologi dalam transformasi kawasan industri tradisional. Meskipun banyak penelitian telah dilakukan terkait kawasan industri *eco-smart*, sebagian besar penelitian berfokus pada implementasi teknologi tanpa menggali lebih dalam mengenai tantangan investasi yang spesifik. Kajian tentang teknologi hijau sering kali terbatas pada aspek efisiensi teknis, tanpa memperhatikan sisi ekonomi dan kebijakan lokal, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Terdapat kesenjangan penelitian dalam memahami hubungan antara investasi, teknologi, dan keberhasilan transformasi kawasan industri tradisional menjadi *eco-smart* di negara Indonesia [20].

Penelitian ini menawarkan kontribusi ilmiah dengan mengidentifikasi tantangan spesifik pada aspek investasi dan teknologi dalam transformasi kawasan industri tradisional menuju *eco-smart*. Fokus penelitian ini tidak hanya pada adopsi teknologi tetapi juga pada

pendekatan holistik yang mencakup regulasi, insentif, dan kolaborasi antar pemangku kepentingan. Studi ini memberikan perspektif baru mengenai relevansi ekonomi dan sosial lokal dalam mendorong transformasi kawasan industri, yang belum banyak dibahas dalam penelitian sebelumnya. Studi ini menganalisis tantangan investasi dan teknologi dalam transformasi kawasan industri tradisional menuju *eco-smart*, dengan harapan mendorong kebijakan dan strategi yang efektif untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi energi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tantangan investasi dan teknologi dalam transformasi kawasan industri tradisional menuju kawasan industri *eco-smart*, serta mengevaluasi dampaknya terhadap keberlanjutan lingkungan, ekonomi, dan sosial perusahaan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi perumusan kebijakan yang mendorong transformasi kawasan industri tradisional menuju *eco-smart* melalui dukungan investasi, insentif teknologi, dan kolaborasi multipihak, serta menjadi rujukan bagi perusahaan dalam mengadopsi strategi berkelanjutan yang berdampak positif terhadap efisiensi operasional dan lingkungan

2. Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Desain penelitian menggunakan pendekatan *mixed-methods* dengan analisis data kuantitatif dari implementasi teknologi *eco-smart* di berbagai sektor industri, didukung wawancara dengan para pemangku kepentingan [21]. Pendekatan ini dipilih karena fokus penelitian adalah untuk memahami tantangan, peluang, dan strategi yang diterapkan dalam proses transformasi tersebut, serta dampaknya terhadap keberlanjutan lingkungan dan sosial. Lokasi penelitian dipilih di kawasan industri Karawang, Jawa Barat, yang merupakan salah satu kawasan industri terbesar di Indonesia.

2.2 Populasi dan Sampel

Subjek dalam studi ini, melibatkan pihak-pihak yang terlibat langsung dalam transformasi kawasan industri, yaitu pengelola kawasan industri, pemerintah daerah, dan pelaku industri, yang dipilih secara purposif [7], [14]. Informan kunci penelitian terdiri dari manajer kawasan industri yang bertanggung jawab atas pengelolaan dan proyek transformasi, Kepala Dinas Lingkungan Hidup yang mengawasi kebijakan lingkungan terkait, serta pengusaha di kawasan industri yang terlibat dalam implementasi teknologi ramah lingkungan.

2.3 Instrumen Penelitian

Data yang dipakai melalui dua teknik utama, yaitu wawancara mendalam dan observasi. Wawancara mendalam dilakukan dengan berbagai pemangku kepentingan sebanyak tiga orang yaitu manajer kawasan industri yang bertanggung jawab atas pengelolaan dan proyek transformasi, Kepala Dinas Lingkungan Hidup yang mengawasi kebijakan lingkungan terkait, serta pengusaha di kawasan industri yang terlibat dalam implementasi teknologi ramah lingkungan untuk menggali pengalaman, tantangan, dan harapan mereka terkait dengan proses transformasi menuju kawasan *eco-smart*. Dalam penelitian ini, *snowball sampling* digunakan sebagai metode pemilihan informan untuk wawancara. Teknik *snowball sampling* adalah salah satu jenis teknik non-probability sampling yang sering digunakan dalam penelitian kualitatif. Metode ini sangat efektif ketika populasi yang ingin diteliti sulit dijangkau atau ketika peneliti memerlukan informasi dari orang-orang yang memiliki pengetahuan mendalam tentang topik yang spesifik, seperti dalam konteks transformasi kawasan industri menuju *eco-smart*. Selanjutnya, observasi langsung dilakukan untuk mengamati praktik-praktik yang diterapkan di lapangan dan untuk menilai dampak nyata dari transformasi yang sedang berlangsung.

2.4 Metode Pengumpulan dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan prosedural yang melibatkan analisis data kuantitatif dan kualitatif. Tahap pertama dimulai dengan pengumpulan data melalui kuesioner untuk mengukur dampak implementasi teknologi *eco-smart* terhadap pengurangan emisi CO₂, efisiensi biaya energi, dan pengelolaan sumber daya alam. Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif seperti rata-rata dan persentase guna memberikan gambaran awal mengenai efektivitas transformasi kawasan industri, sekaligus menjadi dasar dalam proses triangulasi data. Tahap kedua melibatkan teknik kualitatif melalui wawancara mendalam dan observasi untuk menggali perspektif para pemangku kepentingan terkait tantangan, strategi, dan dampak dari transformasi industri.

Analisis dilakukan menggunakan metode tematik, mencakup proses transkripsi, koding, dan pengelompokan tema, serta diperkuat dengan triangulasi antar sumber dan metode untuk meningkatkan validitas temuan. Penelitian ini dirancang berlangsung selama enam bulan, dengan tiga bulan pertama difokuskan pada pengumpulan data dan tiga bulan berikutnya untuk analisis serta penyusunan laporan. Dengan pendekatan ini, diharapkan penelitian mampu menghasilkan temuan yang mendalam dan aplikatif mengenai tantangan,

peluang, serta strategi dalam transformasi kawasan industri tradisional menjadi *eco-smart*, beserta implikasinya terhadap keberlanjutan sosial dan lingkungan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tantangan Investasi dan Teknologi dalam Transformasi Kawasan Industri Tradisional Menuju *Eco-Smart*

Tantangan utama yang dihadapi perusahaan dalam mengimplementasikan teknologi *eco-smart* adalah biaya awal yang tinggi dan perubahan sistem yang membutuhkan adaptasi internal. Namun, setelah transisi, perusahaan mulai melihat peluang besar dalam hal penghematan biaya operasional dan peningkatan efisiensi energi.

Tantangan:

- Biaya investasi awal yang tinggi, yang membutuhkan perencanaan anggaran yang matang.
- Proses adaptasi terhadap teknologi baru memerlukan pelatihan karyawan dan perubahan prosedur operasional standar.

Peluang:

- Penghematan biaya energi jangka panjang.
- Peningkatan loyalitas pelanggan melalui peningkatan reputasi perusahaan yang lebih ramah lingkungan.

3.2 Dampak Lingkungan

Teknologi *eco-smart* memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pengurangan emisi CO₂ dan penggunaan sumber daya alam. Berdasarkan data yang diperoleh, perusahaan yang mengimplementasikan teknologi *eco-smart* berhasil mengurangi emisi CO₂ hingga 50% dalam periode empat tahun (Tabel 1).

Tabel 1. Pengurangan Emisi CO₂ setelah Implementasi Teknologi *Eco-Smart*

Tahun	Emisi CO ₂ (ton/tahun)	Pengurangan Emisi (%)	Jenis Teknologi yang Digunakan
Sebelum	1.000	-	Tanpa Teknologi Eco-smart
Tahun 1	850	15%	Pengelolaan energi berbasis IoT
Tahun 2	700	30%	Pengelolaan energi dan sistem manajemen karbon
Tahun 3	600	40%	Optimasi penggunaan bahan bakar dan energi
Tahun 4	500	50%	Teknologi berbasis AI untuk pengelolaan emisi

(Sumber: Olah data, 2024)

Perusahaan yang mengimplementasikan teknologi *eco-smart* berhasil mengurangi emisi CO₂ sebesar 50%, yang setara dengan pengurangan 500 ton CO₂ per tahun. Hal ini menunjukkan efektivitas teknologi dalam mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas operasional perusahaan.

3.3 Efisiensi Biaya Operasional

Implementasi teknologi *eco-smart* juga membawa dampak signifikan terhadap efisiensi biaya operasional. Data menunjukkan bahwa perusahaan mampu mengurangi biaya energi hingga 40% dalam empat tahun, serta menghemat biaya operasional secara keseluruhan sebesar 26% (Tabel 2).

Tabel 2. Efisiensi Biaya Operasional Setelah Implementasi Teknologi *Eco-Smart*

Tahun	Biaya Energi (juta rupiah)	Penghematan Energi (%)	Biaya Operasional Total (juta rupiah)	Penghematan Total (%)
Sebelum	500	0	2.500	-
Tahun 1	450	10%	2.350	6%
Tahun 2	400	20%	2.200	12%
Tahun 3	350	30%	2.000	20%
Tahun 4	300	40%	1.850	26%

(Sumber: Olah data, 2024)

Berdasarkan data penelitian, perusahaan yang mengimplementasikan teknologi *eco-smart* menunjukkan penurunan emisi CO₂ hingga 50% dalam kurun waktu empat tahun, atau sekitar 500 ton per tahun, yang mengindikasikan efektivitas teknologi dalam mengurangi dampak lingkungan operasional.

3.4 Pengurangan Penggunaan Sumber Daya Alam

Teknologi *eco-smart* juga berhasil mengurangi penggunaan sumber daya alam, khususnya dalam hal energi dan air. Setelah empat tahun implementasi, perusahaan berhasil mengurangi penggunaan energi sebesar 20% dan penggunaan air sebesar 20% (Tabel 3).

Tabel 3. Pengurangan Penggunaan Air dan Energi dalam Proses Produksi

Tahun	Penggunaan Energi (kWh)	Pengurangan Energi (%)	Penggunaan Air (m ³)	Pengurangan Air (%)
Sebelum	500.000	-	100.000	-
Tahun 1	475.000	5%	95.000	5%
Tahun 2	450.000	10%	90.000	10%
Tahun 3	425.000	15%	85.000	15%
Tahun 4	400.000	20%	80.000	20%

(Sumber: Olah data, 2024)

Pengurangan penggunaan energi dan air menunjukkan keberhasilan teknologi *eco-smart* dalam mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi, sekaligus membantu perusahaan mengurangi biaya operasional.

3.5 Keberlanjutan Sosial dan Peningkatan Reputasi Perusahaan.

Teknologi *eco-smart* tidak hanya memberikan dampak positif terhadap efisiensi biaya dan lingkungan, tetapi juga meningkatkan reputasi perusahaan di mata konsumen. 65% perusahaan yang mengimplementasikan teknologi *eco-smart* melaporkan peningkatan dalam kepercayaan konsumen, serta peningkatan loyalitas pelanggan.

Tabel 4. Peningkatan Reputasi Perusahaan dan Loyalitas Pelanggan

Tahun	Kepercayaan Konsumen (%)	Loyalitas Pelanggan (%)
Sebelum	60%	50%
Tahun 1	65%	55%
Tahun 2	70%	60%
Tahun 3	75%	65%
Tahun 4	80%	70%

(Sumber: Olah data, 2024)

Peningkatan kepercayaan dan loyalitas pelanggan menunjukkan bahwa perusahaan yang mengadopsi teknologi *eco-smart* memperoleh keuntungan jangka panjang dalam hal penguatan hubungan dengan pelanggan. Keberlanjutan sosial ini juga berkontribusi pada keuntungan dan pertumbuhan perusahaan.

Studi dari hasil yang diperoleh memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai dampak implementasi teknologi *eco-smart* pada pengurangan emisi CO₂, efisiensi biaya operasional, pengurangan penggunaan sumber daya alam, serta peningkatan reputasi perusahaan. Penelitian ini juga menunjukkan bagaimana teknologi *eco-smart* berkontribusi pada keberlanjutan sosial perusahaan melalui peningkatan loyalitas pelanggan dan kepercayaan publik.

a. Pengurangan Emisi CO₂

Temuan utama dalam penelitian ini adalah pengurangan emisi CO₂ yang signifikan setelah implementasi teknologi *eco-smart*. Perusahaan yang mengadopsi teknologi ini berhasil mengurangi emisi CO₂ hingga 50% dalam waktu empat tahun. Angka ini menunjukkan keberhasilan teknologi *eco-smart* dalam mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi emisi karbon yang dihasilkan oleh aktivitas operasional perusahaan.

Penurunan emisi CO₂ ini didorong oleh penggunaan teknologi berbasis IoT (*Internet of Things*) untuk pengelolaan energi, yang memungkinkan perusahaan untuk memantau dan mengatur konsumsi energi secara lebih efisien [21], [22]. Teknologi ini memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi sumber-sumber pemborosan energi dan menyesuaikan penggunaan energi berdasarkan kebutuhan yang lebih spesifik. Dalam konteks ini, temuan ini sejalan dengan penelitian Jeong et al. (2018) yang menunjukkan bahwa teknologi berbasis IoT dapat mengurangi emisi karbon dalam perusahaan dengan mengoptimalkan konsumsi energi [23].

Teknologi *eco-smart* yang diterapkan pada sistem manajemen karbon dan pengelolaan energi berbasis AI (*Artificial Intelligence*) semakin meningkatkan efisiensi dalam penggunaan energi. Implementasi sistem yang dapat memprediksi kebutuhan energi dan mengoptimalkan penggunaan bahan bakar menunjukkan bahwa teknologi ini tidak hanya

efektif dalam mengurangi emisi, tetapi juga dalam meningkatkan operasional secara keseluruhan.

b. Efisiensi Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan dampak lain yang signifikan dari implementasi teknologi *eco-smart*. Dalam penelitian ini, perusahaan yang mengadopsi teknologi ini berhasil menghemat biaya operasional hingga 26% setelah empat tahun. Penghematan ini didorong oleh pengurangan biaya energi yang tercatat mencapai 40% selama periode tersebut. Dengan demikian, efisiensi biaya operasional yang tercapai tidak hanya memberikan manfaat langsung dalam bentuk penghematan biaya, tetapi juga meningkatkan daya saing perusahaan.

Pengelolaan energi yang lebih baik berkontribusi pada pengurangan biaya yang dikeluarkan untuk pemanasan, pendinginan, dan pencahayaan, yang selama ini merupakan komponen utama dari pengeluaran operasional. Selain itu, efisiensi dalam penggunaan energi juga berdampak pada pengurangan kebutuhan bahan bakar fosil, yang berujung pada penghematan biaya produksi.

Hal ini sesuai dengan temuan Iris dan Lam (2021) yang mengemukakan bahwa implementasi teknologi ramah lingkungan dapat mengurangi biaya operasional secara keseluruhan, terutama dalam hal pengelolaan energi dan sumber daya [24]. Oleh karena itu, penelitian ini memperkuat argumen bahwa investasi dalam teknologi *eco-smart* bukan hanya pilihan ramah lingkungan, tetapi juga keputusan ekonomi yang cerdas bagi perusahaan.

c. Pengurangan Penggunaan Sumber Daya Alam

Teknologi *eco-smart* berperan penting dalam pengurangan penggunaan sumber daya alam, khususnya dalam hal energi dan air. Penggunaan energi yang lebih efisien dan pengelolaan air yang lebih hemat merupakan dua hal yang sangat penting dalam mencapai keberlanjutan lingkungan. Contohnya, perusahaan berhasil mengurangi penggunaan energi sebesar 20% dan penggunaan air sebesar 20% setelah implementasi teknologi *eco-smart*. Ini menunjukkan bahwa teknologi tidak hanya mengurangi emisi karbon, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan jejak ekologis perusahaan secara keseluruhan. Pengurangan penggunaan energi dan air ini menunjukkan bagaimana teknologi *eco-smart* dapat meningkatkan efisiensi operasional perusahaan, sambil tetap memperhatikan dampak lingkungan.

Pengurangan penggunaan sumber daya alam ini dapat dihubungkan dengan prinsip *reduce, reuse, recycle* yang menjadi dasar dari banyak inisiatif keberlanjutan perusahaan.

Penggunaan teknologi berbasis AI dan IoT dalam pengelolaan energi dan air memungkinkan perusahaan untuk memantau penggunaan sumber daya ini secara *real-time*, mengidentifikasi potensi pemborosan, dan mengimplementasikan solusi yang lebih efisien.

d. Keberlanjutan Sosial dan Peningkatan Reputasi Perusahaan

Dampak yang sering kali terabaikan dalam penelitian teknologi ramah lingkungan adalah pengaruhnya terhadap reputasi perusahaan di mata konsumen dan pemangku kepentingan lainnya. Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi teknologi *eco-smart* tidak hanya membawa dampak positif bagi perusahaan dari segi ekonomi dan lingkungan, tetapi juga meningkatkan reputasi perusahaan di mata masyarakat dan konsumen.

Peningkatan kepercayaan pelanggan dan loyalitas pelanggan yang tercatat dalam penelitian ini menunjukkan bahwa perusahaan yang mengadopsi teknologi ramah lingkungan lebih dihargai oleh konsumen. 65% perusahaan yang mengimplementasikan teknologi *eco-smart* melaporkan peningkatan loyalitas pelanggan dan kepercayaan konsumen. Konsumen semakin memperhatikan tanggung jawab sosial dan lingkungan perusahaan, dan cenderung mendukung perusahaan yang menunjukkan komitmen terhadap keberlanjutan.

Hal ini sejalan dengan temuan Gelderman et al. (2018) yang menunjukkan bahwa perusahaan yang memperkenalkan praktik ramah lingkungan dapat meningkatkan reputasi mereka di mata konsumen, yang berujung pada peningkatan loyalitas pelanggan [25]. Keberlanjutan sosial yang tercipta dari implementasi teknologi ini memberikan keuntungan tidak hanya dalam hal reputasi, tetapi juga dalam hal pertumbuhan pasar yang lebih luas.

e. Kolaborasi Antar Pemangku Kepentingan

Teknologi *eco-smart* memerlukan kolaborasi yang erat antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk perusahaan, pemerintah, lembaga penelitian, dan masyarakat. Kolaborasi ini sangat penting dalam mendukung adopsi teknologi yang ramah lingkungan, serta dalam memastikan bahwa teknologi yang diterapkan sesuai dengan kebutuhan dan tantangan yang ada.

Perusahaan yang berhasil mengimplementasikan teknologi *eco-smart* adalah mereka yang memiliki hubungan kerja yang baik dengan pemerintah dan lembaga terkait. Dukungan dari pemerintah dalam bentuk insentif fiskal dan regulasi yang mendukung inisiatif ramah lingkungan sangat membantu perusahaan dalam melakukan transformasi ini. Selain itu, perusahaan juga bekerja sama dengan lembaga penelitian untuk mengembangkan dan mengoptimalkan teknologi yang digunakan.

Kolaborasi yang sukses antara perusahaan dan pemangku kepentingan lainnya dapat meningkatkan efektivitas implementasi teknologi *eco-smart*, dan mempercepat pencapaian tujuan keberlanjutan. Dalam hal ini, penelitian ini mendukung temuan Rashed dan Shah (2020) yang menyatakan bahwa kolaborasi antara sektor swasta, pemerintah, dan masyarakat sangat penting dalam mewujudkan keberlanjutan jangka panjang [26].

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi teknologi *eco-smart* di sektor energi dan manufaktur memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pengurangan emisi, efisiensi biaya, dan pengelolaan sumber daya alam. Selain memberikan keuntungan lingkungan dan finansial, penerapan teknologi ini juga memperkuat reputasi perusahaan melalui peningkatan kepercayaan dan loyalitas konsumen. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa transformasi kawasan industri menuju *eco-smart* tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan, tetapi juga memberikan nilai tambah bisnis yang berkelanjutan. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi dampak jangka panjang, peran kebijakan pemerintah, dan integrasi teknologi baru dalam mendukung transisi industri yang lebih hijau dan inklusif.

Daftar Pustaka

- [1] S. Malini, K. Raj, S. Madhumathy, K. M. El-Hady, S. Islam, and M. Dutta, "Bioinspired Advances in Nanomaterials for Sustainable Agriculture," *Journal of Nanomaterials*, vol. 2022. 2022, doi: 10.1155/2022/8926133.
- [2] S. E. Bibri, "Data-driven smart eco-cities and sustainable integrated districts: A best-evidence synthesis approach to an extensive literature review," *European Journal of Futures Research*. 2021, doi: 10.1186/s40309-021-00181-4.
- [3] G. A. Alkawsi *et al.*, "A hybrid SEM-neural network method for identifying acceptance factors of the smart meters in Malaysia: Challenges perspective," *Alexandria Eng. J.*, vol. 60, no. 1, 2021, doi: 10.1016/j.aej.2020.07.002.
- [4] T. Paksoy and M. Deveci, *Smart and Sustainable Operations and Supply Chain Management in Industry 4.0*. 2023.
- [5] A. Adamik, M. Nowicki, and A. Puksas, "Energy Oriented Concepts and Other SMART WORLD Trends as Game Changers of Co-Production—Reality or Future?," *Energies*, vol. 15, no. 11, 2022, doi: 10.3390/en15114112.
- [6] M. E. Wong and M. Stasiowski, "Revisiting Jane Jacobs's Urban Complexity in Global Sustainability City Discourse," *Architecture_MPS*, vol. 19, no. 1, 2021, doi: 10.14324/111.444.amps.2021v19i1.003.
- [7] R. Sanchez-Iborra, L. Bernal-Escobedo, and J. Santa, "Eco-efficient mobility in smart city scenarios," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 20. 2020, doi:

10.3390/su12208443.

- [8] A. Wiśniewska-Sałek, “Managing a Sustainable Supply Chain-Statistical Analysis of Natural Resources in the Furniture Industry,” *Management Systems in Production Engineering*, vol. 29, no. 3, 2021, doi: 10.2478/mspe-2021-0028.
- [9] S. Kodors, I. Zarembo, G. Majore, E. Rubauskis, and L. Litavniece, “DIGITAL TWIN MODELLING FOR SMART FRUIT-GROWING: ECO-CYBER-PHYSICAL SYSTEM 4 + 1 ARCHITECTURE,” in *Engineering for Rural Development*, 2023, vol. 22, doi: 10.22616/ERDev.2023.22.TF140.
- [10] M. M. Mogadem, Y. Li, and D. L. Meheretie, “A survey on internet of energy security: related fields, challenges, threats and emerging technologies,” *Cluster Comput.*, vol. 25, no. 4, 2022, doi: 10.1007/s10586-021-03423-z.
- [11] D. G. K. Dissanayake, “Does Mass Customization Enable Sustainability in the Fashion Industry?,” in *Fashion Industry - An Itinerary Between Feelings and Technology*, 2020.
- [12] M. Park and J. Jeong, “Design and Implementation of Machine Vision-Based Quality Inspection System in Mask Manufacturing Process,” *Sustain.*, vol. 14, no. 10, 2022, doi: 10.3390/su14106009.
- [13] C. Huang, S. Bu, Q. Chen, and H. H. Lee, “Meta-Power: Next-Generation Smart Grid,” *Power Gener. Technol.*, vol. 43, no. 2, 2022, doi: 10.12096/j.2096-4528.pgt.22058.
- [14] K. L. Ameta, V. S. Solanki, V. Singh, A. P. Devi, R. S. Chundawat, and S. Haque, “Critical appraisal and systematic review of 3D & 4D printing in sustainable and environment-friendly smart manufacturing technologies,” *Sustainable Materials and Technologies*, vol. 34, 2022, doi: 10.1016/j.susmat.2022.e00481.
- [15] Y. Liu, C. Yang, L. Jiang, S. Xie, and Y. Zhang, “Intelligent Edge Computing for IoT-Based Energy Management in Smart Cities,” *IEEE Netw.*, vol. 33, no. 2, pp. 111–117, 2019, doi: 10.1109/MNET.2019.1800254.
- [16] T. Song, H. Li, and Z. Feng, “Policy and market mechanisms for promoting sustainable energy transition: role of government and private sector,” *Econ. Chang. Restruct.*, vol. 57, no. 4, pp. 153–162, 2024.
- [17] S. A. Alabdali, S. F. Pileggi, and D. Cetindamar, “Influential Factors, Enablers, and Barriers to Adopting Smart Technology in Rural Regions: A Literature Review,” *Sustain.*, vol. 15, no. 10, p. 7908, 2023, doi: 10.3390/su15107908.
- [18] P. H. Susanti, Febianti, Rahmawati, and N. L. P. I. Nirmalasari, “Destinasi Pariwisata Ramah Lingkungan: Praktik Berkelanjutan,” *J. Ilm. Hosp.*, vol. 12, no. 2, pp. 663–676, 2023.
- [19] S. Yana *et al.*, “Dampak Ekspansi Biomassa sebagai Energi Terbarukan: Kasus Energi Terbarukan Indonesia,” *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 4, 2022, doi: 10.32672/jse.v7i4.4963.
- [20] S. E. Bibri and J. Krogstie, “Data-Driven Smart Sustainable Cities of the Future: A Novel Model of Urbanism and Its Core Dimensions, Strategies, and Solutions,” *J. Futur. Stud.*, vol. 25, no. 2, 2020, doi: 10.6531/JFS.202012_25(2).0009.
- [21] J. R. Kotzebue, *Towards Sustainable Transport and Mobility: Perspectives on*

Travelling and Commuting in Small Island State, vol. 11, no. 1. Hamburg University Press Cover, 2022.

- [22] I. Yaqoob, K. Salah, R. Jayaraman, and M. Omar, “Metaverse applications in smart cities: Enabling technologies, opportunities, challenges, and future directions,” *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 23, no. July, p. 100884, 2023, doi: 10.1016/j.iot.2023.100884.
- [23] K. Jeong, T. Hong, and J. Kim, “Development of a CO2 emission benchmark for achieving the national CO2 emission reduction target by 2030,” *Energy Build.*, 2018, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.10.015.
- [24] Ç. Iris and J. S. L. Lam, “A review of energy efficiency in ports: Operational strategies, technologies and energy management systems,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 112, no. 1, pp. 170–182, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.04.069.
- [25] C. J. Gelderman, J. Schijns, W. Lambrechts, and S. Vijgen, “Green marketing as an environmental practice: The impact on green satisfaction and green loyalty in a business-to-business context,” *Bus. Strateg. Environ.*, 2021, doi: 10.1002/bse.2732.
- [26] A. H. Rashed and A. Shah, “The role of private sector in the implementation of sustainable development goals,” *Environ. Dev. Sustain.*, vol. 23, no. 2, pp. 2931–2948, 2021, doi: 10.1007/s10668-020-00718-w.