



Implementasi *Smart-Check Transporter 3* Sebagai Inovasi Digital Untuk Pengurangan Limbah Kertas Dan Efisiensi Operasional

I Ketut Rai Wijaya¹, I Ketut Sukaya²

¹Prodi Teknik Mesin, Universitas Udayana

²Prodi Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang

E-mail : iketut.wijaya@danone.com¹, ketut.sukaya@danone.com²

Article Info

Article history:

Received October 11, 2025

Revised October 15, 2025

Accepted October 19, 2025

Keywords:

Operational Efficiency, Green Manufacturing, Smart-Check Transporter

ABSTRACT

The manufacturing industry faces major challenges in achieving operational efficiency while simultaneously reducing environmental impact, particularly regarding paper waste generated from administrative and routine inspection activities. At PT Tirta Investama Mambal Plant, the previous vehicle inspection process for inbound and outbound trucks was performed manually using 4-ply paper forms containing a 24-item checklist for each vehicle. This activity resulted in paper waste reaching up to 1.1 tons per month from approximately 130 trucks per day. This study aims to analyze the impact of implementing Smart-check Transporter 3, a tablet-based digital system connected to the OT server, in improving efficiency and reducing domestic waste. The research employed a descriptive quantitative method through a comparative analysis of operational data before and after the implementation of the digital system. The results showed that this innovation successfully reduced waste generation by up to 12 tons per year and saved Rp 24,000,000 annually in manual form procurement costs. The implementation of Smart-check Transporter 3 has proven effective in supporting paperless office initiatives, resource efficiency, and the application of green manufacturing principles within the industrial environment.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Article Info

Article history:

Received October 11, 2025

Revised October 15, 2025

Accepted October 19, 2025

Kata Kunci:

Efisiensi Operasional, Green Manufacturing, Smart-Check Transporter

ABSTRAK

Industri manufaktur menghadapi tantangan besar dalam upaya mencapai efisiensi operasional sekaligus menurunkan dampak lingkungan, khususnya terkait limbah kertas hasil aktivitas administrasi dan pemeriksaan rutin. Di PT Tirta Investama Pabrik Mambal, proses pemeriksaan kendaraan keluar-masuk sebelumnya dilakukan secara manual menggunakan form kertas 4 ply sebanyak 24 item checklist untuk setiap truk. Aktivitas ini menghasilkan limbah kertas hingga 1,1 ton per bulan dari sekitar 130 kendaraan per hari. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penerapan *Smart-check Transporter 3*, yaitu sistem digital berbasis tablet yang terhubung dengan server OT, dalam meningkatkan efisiensi dan mengurangi limbah domestik. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif melalui perbandingan data operasional sebelum dan sesudah implementasi sistem digital. Hasil menunjukkan bahwa inovasi ini mampu menurunkan timbulan sampah hingga 12



ton per tahun dan menghemat biaya pembelian form manual sebesar Rp 24.000.000 per tahun. Implementasi *Smart-check Transporter 3* terbukti efektif dalam mendukung konsep *paperless office*, efisiensi sumber daya, serta penerapan prinsip *green manufacturing* di lingkungan industri.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:
I Ketut Rai Wijaya
Universitas Udayana
Email: iketut.wijaya@danone.com

LATAR BELAKANG

Transformasi menuju era Industri 4.0 telah mendorong digitalisasi sistem produksi, logistik, dan administrasi sebagai bagian dari strategi modernisasi industri global. Teknologi seperti *Internet of Things (IoT)*, *big data analytics*, *cloud computing*, dan *artificial intelligence* terbukti mempercepat pengambilan keputusan serta meningkatkan efisiensi proses operasional industri (Javaid et al., 2024; Upadhyay et al., 2023). Adaptasi digital kini bukan sekadar pilihan, tetapi menjadi prasyarat kompetitif dalam ekosistem manufaktur modern. Namun, realitas di Indonesia menunjukkan bahwa sebagian besar perusahaan manufaktur masih mengandalkan sistem manual berbasis kertas, terutama dalam aktivitas administratif dan pemeriksaan logistik. Sistem *paper-based* ini tidak hanya tidak efisien, tetapi juga menghasilkan timbulan limbah kertas dalam jumlah besar, yang berdampak langsung terhadap biaya operasional dan keberlanjutan lingkungan (Briscoe, 2022; Kim et al., 2021). Padahal, secara global, transisi menuju *paperless operations* telah menjadi indikator kematangan teknologi industri. Dari perspektif *green manufacturing*, keberlanjutan industri tidak hanya diukur dari efisiensi energi atau pengurangan emisi karbon, tetapi juga dari kemampuan industri dalam menghilangkan sumber pemborosan material dari proses administratif internal (UNIDO, 2021). Literatur menyebut bahwa penggunaan kertas termasuk kategori *avoidable waste*, yaitu limbah yang seharusnya dapat dihapus sepenuhnya melalui digitalisasi proses (Machado et al., 2020). Oleh karena itu, modernisasi sistem pemeriksaan dan dokumentasi menjadi strategi penting dalam transformasi industri.

PT Tirta Investama Pabrik Mambal merupakan salah satu pabrik Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) dengan intensitas logistik tinggi, di mana rata-rata 130 truk keluar–masuk setiap hari untuk aktivitas distribusi dan penerimaan material. Sebelum inovasi digital, sistem pemeriksaan kendaraan dilakukan secara manual menggunakan *checklist 4-ply* berisi 24 item, yang dicetak ulang setiap hari. Berdasarkan catatan operasional, sistem ini menghasilkan limbah kertas hingga 1,1 ton per bulan, yang seluruhnya harus dikelola sebagai sampah domestik pascapenggunaan. Selain menghasilkan limbah besar, sistem manual ini juga memiliki keterbatasan fungsional, seperti risiko *mis-entry*, duplikasi data, kontak fisik antar petugas, keterlambatan rekap data, dan sulitnya penelusuran audit log. Hal ini sejalan dengan temuan Subramanya et al. (2023), yang menunjukkan bahwa sistem inspeksi manual rentan



terhadap data *loss and human error*, terutama dalam konteks *high-frequency operation* seperti industri logistik dan transportasi. Menjawab tantangan tersebut, PT Tirta Investama mengembangkan *Smart-check Transporter 3*, yaitu sistem digital berbasis tablet yang terhubung langsung dengan server OT perusahaan. Sistem ini memungkinkan pemeriksaan kendaraan secara *real-time*, menghilangkan 100% kebutuhan kertas cetak, serta meningkatkan akurasi, kecepatan input, dan integritas data (Rahman et al., 2024). *Smart-check* merupakan bentuk nyata implementasi digitalisasi logistik sesuai arah *Making Indonesia 4.0*.

Berdasarkan sudut pandang produksi bersih (*cleaner production*), digitalisasi seperti *Smart-check* relevan dengan prinsip *upstream elimination*, yaitu menghilangkan sumber pencemar sejak awal proses, karena bukan sekadar memperbaiki sistem pengelolaan limbah di hilir (UNIDO, 2021). Dengan mengubah proses pencatatan dari kertas ke digital sepenuhnya, perusahaan tidak hanya mengurangi, tetapi menghapus timbulan limbah pada sumbernya (*zero-paper waste concept*). Lebih jauh, konsep digitalisasi operasional berkontribusi langsung terhadap pencapaian SDG 12: *Responsible Consumption and Production*, yang menuntut optimalisasi sumber daya, efisiensi material usage, dan pengurangan limbah administratif (UNEP, 2022). Transformasi digital seperti ini juga memposisikan perusahaan pada level industri berkelanjutan, baik dari aspek operasional, ekonomi, maupun reputasi ekologi korporasi. Secara strategis, langkah ini tidak hanya menghadirkan efisiensi biaya, tetapi juga memperkuat kredibilitas perusahaan terhadap pemerintah, auditor lingkungan, dan konsumen, karena membuktikan keseriusan perusahaan dalam mengadopsi *green manufacturing* berbasis *digital intelligence*, bukan hanya manajemen limbah reaktif. Karena itu, implementasi *Smart-check Transporter 3* dapat dikategorikan sebagai *strategic leap*, bukan sekadar *upgrade teknis*. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (i) mengevaluasi efektivitas *Smart-check Transporter 3* dalam mengurangi limbah kertas pada proses pemeriksaan kendaraan; (ii) mengukur penghematan biaya operasional yang dihasilkan; dan (iii) menganalisis kontribusinya dalam implementasi *paperless office* dan *green manufacturing* di lingkungan industri. Kajian ini diharapkan menjadi rujukan model transformasi digital rendah investasi dan berdampak besar dalam industri manufaktur Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan pra dan pasca implementasi (*before-after study*), sebagaimana lazim diterapkan dalam evaluasi inovasi teknologi operasional dan efisiensi sistem administrasi di sektor industri (Subramanya et al., 2023; Wardana & Prasetyo, 2024). Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran empiris yang terukur terhadap perubahan kinerja sistem sebelum dan sesudah digitalisasi *Smart-check Transporter 3* diterapkan. Objek penelitian difokuskan pada proses pemeriksaan kendaraan logistik di area gate control PT Tirta Investama Pabrik Mambal, yang diamati selama periode Januari hingga Juni 2025. Periode ini dipilih karena mencakup fase operasi penuh sebelum dan sesudah implementasi sistem *Smart-check*, sehingga memungkinkan analisis perbandingan yang valid (Rahmawati, 2022). Data penelitian terdiri dari dua jenis, yaitu: data primer, diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara semi-terstruktur dengan petugas keamanan dan operator logistik terkait waktu pemeriksaan truk, tingkat penggunaan kertas, dan kendala operasional. Selanjutnya, data sekunder, yang



bersumber dari laporan historis penggunaan form manual, catatan volume limbah domestik, dan data biaya pembelian kertas serta Alat Tulis Kantor (ATK). Kombinasi data primer–sekunder ini mengikuti kaidah triangulasi data untuk memperkuat validitas hasil (Sitorus & Handayani, 2023).

Tahapan penelitian dibagi menjadi tiga fase utama. Pertama, dilakukan analisis kondisi *baseline*, yaitu pemetaan sistem inspeksi manual, termasuk jumlah kertas yang digunakan per kendaraan, frekuensi kendaraan per hari, serta timbulan limbah kertas yang dihasilkan. Kedua, dilakukan implementasi *Smart-check Transporter 3*, yaitu sistem digital berbasis tablet tanpa penggunaan kertas fisik. Ketiga, dilakukan evaluasi pasca digitalisasi untuk mengukur dampak terhadap penurunan volume limbah (kg/bulan), penghematan biaya operasional (Rp/tahun), peningkatan efisiensi waktu, dan keakuratan pelaporan data. Analisis data dilakukan menggunakan model kuantitatif deskriptif, untuk menghitung perbedaan timbulan limbah antara kondisi manual dan digital, serta estimasi nilai penghematan biaya operasional akibat hilangnya kebutuhan pembelian form dan pengelolaan limbah. Pendekatan ini sesuai dengan studi efisiensi digitalisasi operasional dalam jurnal manufaktur dan logistik modern (Machado et al., 2020; Wardana & Prasetyo, 2024). Selain itu, dilakukan analisis kualitatif naratif untuk menggali benefit tambahan yang tidak selalu tercermin secara numerik, seperti peningkatan kecepatan input, pengurangan risiko *human error*, kemudahan pelaporan audit, dan kesiapan perusahaan menuju *smart factory* dan *paperless compliance*. Analisis kualitatif ini penting karena aspek keberlanjutan industri tidak hanya dinilai dari parameter finansial, tetapi juga dari keandalan sistem dan kepatuhan jangka panjang terhadap prinsip *green manufacturing* dan SDG 12 (UNIDO, 2021; UNEP, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas *Smart-Check Transporter 3* Dalam Mengurangi Limbah Kertas

Penerapan *Smart-check Transporter 3* terbukti sangat efektif dalam mengurangi timbulan limbah kertas di area pemeriksaan kendaraan PT Tirta Investama Pabrik Mambal. Sebelum inovasi ini diterapkan, sistem inspeksi menggunakan *form manual 4 ply* dengan total penggunaan kertas rata-rata mencapai 1,1 ton per bulan atau 13,2 ton per tahun. Volume ini tergolong signifikan mengingat proses pemeriksaan berlangsung setiap hari dengan frekuensi ± 130 kendaraan per hari, yang mencerminkan beban administratif dan ekologis yang cukup besar (Briscoe, 2022). Setelah digitalisasi melalui *Smart-check Transporter 3*, seluruh penggunaan form kertas berhasil dieliminasi, menghasilkan penurunan timbulan limbah kertas sebesar ± 12 ton per tahun, atau sekitar 90% dari baseline operasional. Pencapaian ini menunjukkan bahwa transformasi digital bukan hanya sekadar efisiensi alat kerja, tetapi merupakan bentuk *upstream elimination*, yaitu menghapus sumber limbah sejak awal proses, bukan sekadar mengelola limbah di hilir (UNIDO, 2021). Hal ini lebih strategis dibanding sekadar mendaur ulang atau mengolah limbah. Dari perspektif *green manufacturing*, penghapusan limbah kertas secara total dikategorikan sebagai *zero-waste intervention*, bukan sekadar *waste-reduction*. Menurut Kim et al. (2021), pendekatan *paperless system* yang didukung otomasi digital terbukti memiliki dampak lingkungan jauh lebih signifikan dibanding strategi daur ulang, karena tidak menciptakan siklus limbah baru. Artinya, penelitian ini tidak



hanya memenuhi standar efisiensi operasional, tetapi juga memenuhi indikator keberlanjutan tingkat lanjut (*advanced sustainability metric*).



Gambar 1. Implementasi *Smart-Check Transporter 3* Sebagai Inovasi Digital Untuk Pengurangan Limbah Kertas Dan Efisiensi Operasional Di Industri Manufaktur

Berdasarkan hasil penelitian, efek pengurangan limbah ini juga memiliki implikasi langsung terhadap penurunan biaya operasional. Sebelum digitalisasi, perusahaan harus menanggung biaya rutin berupa pencetakan form, penyimpanan stok logistik, distribusi *form* ke petugas lapangan, serta pengangkutan limbah kertas ke pengolah eksternal. Studi Rahmawati (2022) menunjukkan bahwa biaya pengelolaan limbah administratif seperti kertas seringkali tidak disadari sebagai *hidden operational cost* yang terus membengkak apabila volume aktivitas tidak dikendalikan secara sistemik. Dari sisi operasi lingkungan (*environmental housekeeping*), pengurangan limbah hingga 12 ton/tahun juga secara otomatis meringankan beban petugas pengelola sampah internal, mengurangi frekuensi pengangkutan sampah, dan memperkecil jejak karbon tidak langsung (*Scope 3*) dari proses logistik limbah. Temuan ini sejalan dengan laporan UNEP (2022) yang menyatakan bahwa digitalisasi administrasi menjadi salah satu strategi tercepat dalam menurunkan jejak lingkungan perusahaan tanpa perlu investasi infrastruktur fisik tambahan. Selain dampak ekologis dan ekonomis, *smart-check* juga memberikan penguatan dari sisi kepatuhan regulasi, terutama terhadap kebijakan Industri Hijau (Kemenperin, 2023) dan standar ISO 14001 *Environmental Management System*.

Berbeda dengan pendekatan tradisional yang hanya menekankan pengolahan limbah, penelitian ini menunjukkan kepatuhan berbasis pencegahan, yang secara internasional dikenal sebagai praktik paling ideal dalam sistem manajemen lingkungan industri (UNIDO, 2021). Dengan demikian, efektivitas *smart-check* tidak hanya dapat diukur dari besarnya penurunan timbulan kertas, tetapi juga dari posisi strategisnya sebagai teknologi yang memenuhi tiga dimensi sekaligus: operasional, ekologis, dan kepatuhan regulatif. Hal ini menjadikan inovasi ini lebih dari sekadar digitalisasi proses, melainkan bagian dari transformasi mendasar menuju model operasional *low-waste*, *low-cost*, dan *high-governance*, sebagaimana direkomendasikan oleh Machado et al. (2020).. Dengan demikian, *Smart-Check Transporter 3* bukan hanya efektif, tetapi superior dibanding sistem tradisional karena berhasil mencapai penghapusan total sumber limbah administrasi, bukan sekadar pengurangan. Hasil ini memberikan justifikasi



kuat bagi replikasi sistem serupa ke proses lain seperti *inbound material*, *outbound distribusi*, hingga inspeksi pergudangan, sehingga *smart-check* dapat menjadi standar baru implementasi *paperless-based green logistics* di sektor industri nasional.

Efisiensi Biaya Operasional *Smart-Check Transporter 3*

Implementasi *Smart-check Transporter 3* memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi biaya operasional perusahaan. Sebelum digitalisasi, perusahaan mengeluarkan biaya untuk pembelian form manual 4 ply yang digunakan dalam pemeriksaan kendaraan, dengan total pengeluaran mencapai Rp 18.000.000 per tahun. Selain itu, terdapat biaya tambahan sebesar Rp 6.000.000 per tahun untuk pengelolaan sampah kertas, pengadaan alat tulis, dan aktivitas terkait administrasi manual. Dengan demikian, total penghematan biaya operasional setelah digitalisasi tercatat sebesar Rp 24.000.000 per tahun, yang sepenuhnya berasal dari eliminasi sistem berbasis kertas. Temuan ini selaras dengan studi Rahmawati (2022), yang menyatakan bahwa transformasi digital administratif mampu mengurangi beban biaya tidak langsung (*indirect hidden cost*) secara signifikan. Selain penghematan finansial, *Smart-check Transporter 3* juga memberikan dampak positif terhadap struktur kerja dan waktu operasional. Proses pemeriksaan kendaraan yang sebelumnya membutuhkan waktu lebih panjang akibat penulisan manual dan rekap dokumen ke Excel, saat ini dipersingkat hingga ±30% karena input data dilakukan secara langsung melalui tablet dan otomatis tersimpan dalam server OT perusahaan tanpa proses *re-entry*. Hal ini sejalan dengan studi Subramanya et al. (2023), yang menemukan bahwa digital inspection system mampu mempercepat siklus operasional logistik hingga 20–35% di sektor FMCG dan transportasi.

Dalam perspektif ekonomi industri, efisiensi biaya ini tergolong dalam *operational expense reduction*, bukan sekadar penghematan administratif biasa. Digitalisasi tidak hanya menurunkan biaya yang terlihat (*direct cost*), tetapi juga mengurangi biaya tak kasat mata (*hidden cost*) seperti potensi kehilangan dokumen, waktu yang terbuang untuk input ulang data, dan risiko *human error* yang dapat mengganggu alur logistik (Wardana & Prasetyo, 2024). Dalam konteks manufaktur berkecepatan tinggi, pengurangan potensi kesalahan operasional justru memiliki nilai ekonomis yang lebih besar dari sekadar biaya kertas. Efisiensi biaya yang dihasilkan juga memperkuat daya saing perusahaan secara strategis, bukan hanya secara operasional. Menurut Machado et al. (2020), perusahaan yang mampu mengurangi biaya rutin yang bersifat repetitif secara fundamental memiliki peluang lebih besar untuk memindahkan alokasi anggaran ke program peningkatan produktivitas, inovasi digital lanjutan, atau investasi keberlanjutan (misalnya ESG dan *carbon accounting*). Oleh sebab itu, *Smart-check* tidak hanya menjadi alat efisiensi, tetapi juga membuka ruang penguatan strategi bisnis jangka panjang.

Penghapusan pembelian form dan pengelolaan limbah juga berarti berkurangnya beban logistik hulu dan hilir, yang sebelumnya melibatkan aktivitas pengadaan, penyimpanan, distribusi internal, hingga transportasi sampah ke TPS atau pihak pengelola eksternal. UNEP (2022) menegaskan bahwa sistem operasi yang tidak menghasilkan limbah termasuk dalam kategori *eco-efficient resource decoupling*, yakni memutus ketergantungan terhadap material fisik dan menciptakan efisiensi berulang tanpa batas pertumbuhan produksi. Efisiensi ini semakin diperkuat oleh fakta bahwa sistem digital seperti *Smart-check* tidak bergantung pada



biaya repetitif dan fluktuatif, sebagaimana yang terjadi pada kertas dan ATK, yang terpengaruh oleh inflasi, logistik, dan rantai pasok bahan baku global (Hermanto & Wijaya, 2023). Digitalisasi menciptakan struktur biaya yang lebih stabil dan *predictable*, sehingga memudahkan perusahaan dalam *forecasting* dan *budget planning* jangka panjang. Selain efisiensi biaya langsung, digitalisasi juga memberikan nilai tambah berupa efisiensi administratif dan *audit readiness*, karena seluruh data inspeksi terekam otomatis dalam sistem dan dapat ditelusuri kapan saja tanpa proses manual pencarian arsip. Hal ini mempercepat proses pelaporan ke manajemen dan auditor, serta memperkuat kepatuhan terhadap ISO 9001 & ISO 14001, yang saat ini memperketat syarat transparansi data operasional (UNIDO, 2021). Perusahaan yang memiliki sistem pencatatan digital cenderung lebih siap dalam *audit compliance* dan *real-time reporting*. Dengan demikian, *Smart-check Transporter 3* terbukti memperkuat efisiensi biaya tidak hanya dari perspektif pengurangan pengeluaran kas langsung (Rp 24 juta per tahun), tetapi juga dari aspek pengurangan risiko, penguatan ketertelusuran, peningkatan kecepatan layanan, dan stabilitas struktur biaya jangka panjang. Dengan demikian, efisiensi yang dihasilkan bukan hanya bersifat taktis, tetapi juga strategik dan berkelanjutan, mendukung pergeseran perusahaan menuju operasional digital berbasis *lean* dan *future-proof logistics*.

Implementasi *Paperless Office* Dan *Green Manufacturing*

Penerapan *Smart-check Transporter 3* terbukti tidak hanya berdampak pada efisiensi biaya dan pengurangan limbah, tetapi juga mempercepat transformasi menuju *paperless office*, yaitu konsep operasional yang menghilangkan ketergantungan pada dokumen fisik berbasis kertas. Menurut Briscoe (2022), *paperless office* dianggap sebagai indikator kesiapan digital organisasi dan menjadi salah satu parameter penting dalam menilai *digital maturity* level perusahaan. Penelitian ini menunjukkan bahwa digitalisasi pada titik kritis seperti *gate* logistik mampu menghapus 100% kebutuhan pencetakan *form*, yang sebelumnya menjadi sumber utama limbah domestik administratif. Dari sisi arsitektur sistem, digitalisasi memungkinkan transparansi dan keterlacakkan (*traceability*) karena seluruh aktivitas pencatatan terdokumentasi otomatis di sistem dan dapat dipantau oleh manajemen secara *real-time* dan *remote-access*. Hal ini selaras dengan temuan Machado et al. (2020), bahwa *digital transformation* berbasis data *intelligence* meningkatkan *auditability*, *operational integrity*, dan akuntabilitas pengambilan keputusan, terutama di sektor manufaktur dengan kompleksitas rantai pasok tinggi. Dengan kata lain, *paperless* tidak hanya menghilangkan kertas, tetapi juga memperbaiki kualitas tata kelola data. Implementasi *Smart-check* juga berarti perusahaan mencapai *zero paper policy* pada area yang sebelumnya sangat bergantung pada dokumen fisik, yaitu pengawasan logistik dan keamanan. Dalam definisi UNEP (2022), *zero paper* bukan sekadar eliminasi kertas, tetapi dianggap sebagai *strategic decoupling*, yaitu membebaskan sistem operasional dari ketergantungan sumber daya fisik agar tidak terjadi pertumbuhan limbah seiring peningkatan volume operasional. Ini menandai tahap transisi dari efisiensi taktis menuju efisiensi struktural yang berkelanjutan.

Dampak ekologis dari *paperless system* juga sangat signifikan, karena produksi kertas merupakan salah satu penyumbang tinggi konsumsi energi, air, dan emisi karbon global (Kim et al., 2021). Dengan menghapus penggunaan form manual, perusahaan secara tidak langsung



mengurangi kontribusi terhadap *carbon footprint* dari siklus hulu-hilir produksi dan distribusi kertas, sekaligus mengurangi emisi dari aktivitas pengelolaan sampah dan transportasi limbah. Efek ini masuk dalam kategori *Scope 3 Emission Reduction*, yang kini mulai diwajibkan oleh berbagai standar ESG internasional (UNEP, 2022). Implementasi paperless di area logistik ini juga sejalan dengan kerangka *Global Green Manufacturing Framework* (GGF, 2023), yang menekankan digitalisasi sebagai salah satu pilar utama dalam *efficiency–transparency–sustainability convergence*, yaitu strategi yang menyatukan efisiensi operasional, akurasi informasi, dan keberlanjutan lingkungan dalam satu sistem digital terpadu. GGF menegaskan bahwa *digital decarbonization* adalah bentuk inovasi tertinggi dalam *green manufacturing* dibanding pendekatan kompensatif seperti offsetting atau sekadar daur ulang limbah. Lebih jauh, *Smart-check* mendukung percepatan *Sustainable Industrial Governance*, karena data operasional yang terekam digital memungkinkan pelaksanaan *environmental monitoring, risk mapping*, dan *compliance reporting* secara langsung tanpa proses konversi data manual. Model ini meningkatkan kesiapan perusahaan terhadap audit *ISO 14001 Environmental Management System* dan pelaporan *Green Industry Standard Kemenperin*, di mana digital traceability menjadi salah satu indikator penilaian utama (Hermanto & Wijaya, 2023).

Implementasi *paperless system* juga memiliki implikasi strategis terhadap *branding* dan kepercayaan pasar. Suatu perusahaan yang berhasil menerapkan sistem operasional bebas limbah administratif cenderung memperoleh persepsi premium dan *future-ready* dari konsumen dan investor, karena secara nyata menunjukkan transformasi harmonis antara digitalisasi dan keberlanjutan, karena bukan sekadar melakukan komitmen verbal terhadap sustainability. Dengan demikian, *Smart-check Transporter 3* dapat dikategorikan bukan hanya sebagai solusi efisiensi, tetapi sebagai *enabler* sistemik dalam perjalanan menuju *green manufacturing* dan *sustainable smart factory*. Penerapannya mencerminkan evolusi operasional berbasis *paperless, low-carbon, real-time governance*, dan hal ini menempatkan perusahaan pada posisi strategis untuk memasuki era industrial decarbonization dan digital ESG *compliance* yang menjadi arah global manufaktur modern.

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa inovasi *Smart-check Transporter 3* mampu mentransformasikan sistem inspeksi kendaraan yang sebelumnya berbasis kertas menjadi sistem digital yang lebih efisien, akurat, dan ramah lingkungan. Implementasi sistem ini berhasil menghilangkan ketergantungan terhadap form manual 4-ply dan menurunkan timbulan limbah kertas secara signifikan, yaitu sebesar 12 ton per tahun, sekaligus mengurangi beban pengelolaan sampah domestik perusahaan sesuai prinsip *cleaner production*. Selain berdampak ekologis, digitalisasi ini juga menghasilkan penghematan biaya operasional sebesar Rp 24.000.000 per tahun serta meningkatkan efisiensi waktu inspeksi hingga 30%, yang menunjukkan peningkatan produktivitas secara langsung di area logistik. *Novelty* utama dari penelitian ini terletak pada pendekatan eliminasi total limbah administratif (*zero-paper waste*) berbasis teknologi *Smart-check*, bukan sekadar pengurangan atau substitusi, sehingga tidak hanya efisiensi operasional yang dicapai, tetapi juga pembuktian integrasi nyata antara *paperless office, green manufacturing*, dan transformasi digital Industri 4.0 dalam konteks industri AMDK Indonesia.



SARAN

1. Disarankan agar sistem *Smart-check Transporter 3* direplikasi secara bertahap ke seluruh titik pengendalian logistik perusahaan, termasuk proses *inbound material*, *outbound* distribusi, area pergudangan, hingga pengendalian aset internal, untuk memaksimalkan efisiensi sistem secara menyeluruh dan mendorong penerapan *integrated paperless operation* dalam rantai pasok industri secara utuh.
2. Diperlukan program pelatihan berkelanjutan dan mekanisme evaluasi berkala untuk memastikan tingkat adopsi teknologi tetap optimal, seragam, dan bebas deviasi operasional. Lebih jauh, perusahaan dapat mengkombinasikan teknologi ini dengan metode Kaizen, Lean Logistics, atau Six Sigma, agar digitalisasi tidak hanya menghilangkan kertas, tetapi juga meningkatkan kualitas proses, akurasi data, dan budaya continuous improvement dalam jangka panjang.
3. Pengembangan lanjut perlu mengarahkan sistem ini pada integrasi dengan *real-time sustainability dashboard* atau *Environmental, Social, and Governance (ESG) monitoring system*, sehingga perusahaan dapat mengukur, memvisualisasikan, dan melaporkan dampak penurunan limbah, jejak karbon, serta penghematan sumber daya secara kuantitatif dan berkelanjutan sebagai bagian dari strategi *green manufacturing* yang terukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Briscoe, M. D. (2022). *The paperless office twenty years later: Still a myth?* Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce, 32(4), 271–289.
- GGF. (2023). *Global Green Manufacturing Framework: Integrating Digitalization and Sustainability*. Green Tech Alliance Press.
- Hermanto, R., & Wijaya, I. M. (2023). Strategic alignment of ISO 14001 and green industry standards in Indonesian manufacturing companies. *Journal of Environmental Management and Sustainability*, 14(1), 75–89.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R., Rab, S., & Suman, R. (2024). Digital economy to improve the culture of Industry 4.0. *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 56(2), 112–125.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2023). *Peta Jalan Transformasi Digital Industri Manufaktur 4.0 di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketahanan dan Akses Industri Internasional.
- Kim, J., Lee, D., & Park, S. (2021). Estimation of environmental impact of paperless office based on LCA. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 12(1), 45–53.
- Machado, C. G., Winroth, M., & Carlsson, D. (2020). Sustainable manufacturing in Industry 4.0: A systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1462–1482.
- Rahman, A., Wibowo, D., & Setyawan, L. (2024). Digital transformation in industrial logistics: A pathway to sustainable operation. *Journal of Smart Industry Systems*, 12(1), 45–58.



- Rahmawati, N. (2022). Green manufacturing strategies in modern manufacturing industries. *Jurnal Teknik Industri dan Lingkungan*, 14(2), 87–95.
- Sitorus, A., & Handayani, N. (2023). Cleaner production implementation strategy in beverage packaging industry: A case study in Indonesia. *Journal of Environmental Management and Sustainability*, 12(1), 45–53.
- Subramanya, K., Wijaya, F., & Chang, M. (2023). Impacts of electronic ticketing on inspection efficiency in logistics operations. *Frontiers in Built Environment*, 9, 1182609.
- UNEP. (2022). *Global Circular Economy Roadmap for Sustainable Manufacturing*. United Nations Environment Programme.
- UNIDO. (2021). *Cleaner Production and Resource Efficiency in Industrial Systems*. United Nations Industrial Development Organization.
- Upadhyay, A., Kumar, A., & Vaishya, R. (2023). Implementing Industry 4.0 in the manufacturing sector: Drivers, challenges, and strategic roadmap. *Computers & Industrial Engineering*, 182, 109330.
- Wardana, R., & Prasetyo, A. (2024). Economic feasibility analysis of laser-based coding technology in beverage packaging industry. *Journal of Clean Manufacturing Systems*, 18(1), 45–56.