Jurnal Manajerial, Volume 13 Nomor 03 Tahun 2026 **P-ISSN : 2354-8592**
http://dx.doi.org/10.30587/jurnalmanajerial.v13i03.12527 **E-ISSN : 2621-5055**

MODEL ADOPSI KECERDASAN BUATAN (AI) BERPUSAT PADA MANUSIA UNTUK KINERJA PELABUHAN BERKELANJUTAN DAN PENCAPAIAN SDGS

Gugus Wijonarko[1]*
Program Studi Manajemen, STIA dan Manajemen Kepelabuhan Barunawati Surabaya, Surabaya, Indonesia, gugus.wijonarko@stiamak.ac.id
**Corresponding Author*

Audi Permana[2]
Program Studi Manajemen, STIA dan Manajemen Kepelabuhan Barunawati Surabaya, Surabaya, Indonesia, audi.permana@stiamak.ac.id

Safira Hutama Putri[3]
Program Studi Manajemen, STIA dan Manajemen Kepelabuhan Barunawati Surabaya, Surabaya, Indonesia, safira@stiamak.ac.id

Sudarmanto[4]
Program Studi Manajemen, STIA dan Manajemen Kepelabuhan Barunawati Surabaya, Surabaya, Indonesia, sudarmanto@stiamak.ac.id

Diterima : 7 September 2026
Direview : 17 September 2026
Direvisi : 9 November 2026
Disetujui : 11 November 2026

Abstract

Background – *Artificial intelligence (AI) offers ports substantial opportunities to improve vessel and berth scheduling, asset reliability, safety, energy efficiency, and emissions management. However, technology-centred implementation may also generate skills gaps, technostress, job insecurity, algorithmic distrust, and employee resistance, thereby limiting sustainable value creation.*

Aim – *This study develops an integrative human-centred AI adoption model linking AI readiness and algorithmic governance with human resource development, employee well-being, Green/Sustainable Human Resource Management (HRM), sustainable port performance, and the Sustainable Development Goals (SDGs).*

Design / methodology / approach – *An integrative literature review of international Scopus-indexed journal articles published in 2021–2026 was combined with VOSviewer-assisted bibliometric mapping and contextual interpretation of the Indonesian port ecosystem.*

Findings – *The synthesis indicates that AI improves operational, safety, environmental, and resilience outcomes when data interoperability, digital infrastructure, cybersecurity, auditability, and human-in-the-loop governance are reinforced by reskilling/upskilling, employee participation, AI self-efficacy, psychological safety, and Green/Sustainable HRM. Human resource development and employee well-being therefore function as organisational and psychological mechanisms through which AI readiness is converted into sustainable performance.*

Conclusion *– Sustainable AI adoption in ports is a socio-technical transformation rather than a purely technological upgrade. Its success depends on simultaneously creating organisational value and human value through responsible AI governance, workforce capability development, participatory work design, and protection of employee well-being.*

Research implications *– Ports should implement AI incrementally, integrate productivity, safety, environmental and well-being indicators, and align measurable outcomes with SDGs 3, 4, 8, 9, 12, 13, and 17.*

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

Limitations *– The proposed model is conceptual and relies on secondary evidence; its causal relationships and cross-port generalisability require longitudinal, multilevel, and empirical testing.*

Keywords: *Human-Centred AI; Human Resource Development; Employee Well-Being; Sustainable Port Performance; SDGs*

Abstrak

Latar belakang – Kecerdasan buatan (AI) menawarkan peluang besar bagi pelabuhan untuk meningkatkan penjadwalan kapal dan tambatan, reliabilitas aset, keselamatan, efisiensi energi, serta pengendalian emisi. Namun, implementasi yang terlalu berpusat pada teknologi dapat memunculkan kesenjangan kompetensi, technostress, ketidakamanan kerja, ketidakpercayaan terhadap algoritma, dan resistensi karyawan sehingga membatasi penciptaan nilai berkelanjutan.

Tujuan – Penelitian ini mengembangkan Model Integratif Adopsi AI Berpusat pada Manusia yang menghubungkan kesiapan AI dan tata kelola algoritmik dengan pengembangan sumber daya manusia, kesejahteraan karyawan, Green/Sustainable Human Resource Management (HRM), kinerja pelabuhan berkelanjutan, dan Sustainable Development Goals (SDGs).

Desain / metodologi / pendekatan – Tinjauan literatur integratif terhadap artikel jurnal internasional terindeks Scopus periode 2021–2026 dipadukan dengan pemetaan bibliometrik berbantuan VOSviewer dan interpretasi kontekstual terhadap ekosistem pelabuhan Indonesia.

Temuan – Sintesis menunjukkan bahwa AI dapat meningkatkan kinerja operasional, keselamatan, lingkungan, dan resiliensi apabila interoperabilitas data, infrastruktur digital, keamanan siber, auditabilitas algoritma, dan tata kelola human-in-the-loop diperkuat melalui reskilling/upskilling, partisipasi karyawan, efikasi AI, keamanan psikologis, serta Green/Sustainable HRM. Pengembangan SDM dan kesejahteraan karyawan dengan demikian berfungsi sebagai mekanisme organisasional dan psikologis yang mengonversi kesiapan AI menjadi kinerja berkelanjutan.

Kesimpulan - Adopsi AI yang berkelanjutan di pelabuhan merupakan transformasi sosio-teknis, bukan sekadar peningkatan teknologi. Keberhasilannya bergantung pada penciptaan nilai organisasi dan nilai manusia secara simultan melalui tata kelola AI yang bertanggung jawab, pengembangan kapabilitas tenaga kerja, desain kerja partisipatif, dan perlindungan kesejahteraan karyawan.

Implikasi Penelitian – Pelabuhan perlu menerapkan AI secara bertahap, mengintegrasikan indikator produktivitas, keselamatan, lingkungan, dan well-being, serta menghubungkan hasil yang terukur dengan SDG 3, 4, 8, 9, 12, 13, dan 17.

Batasan Penelitian –Model yang diusulkan bersifat konseptual dan berbasis bukti sekunder; hubungan kausal dan generalisasi antarpelabuhan masih memerlukan pengujian longitudinal, multilevel, dan empiris.

Kata Kunci: AI berpusat pada manusia; pengembangan SDM; kesejahteraan karyawan; pelabuhan berkelanjutan; SDGs.

PENDAHULUAN

Pelabuhan merupakan simpul strategis perdagangan dan rantai pasok yang menghadapi tekanan simultan untuk meningkatkan produktivitas, keselamatan, ketahanan, dan kinerja lingkungan. Kecerdasan buatan (AI) memungkinkan optimasi dalam penjadwalan kapal, alokasi tambatan, pergerakan petikemas, pemeliharaan prediktif, pengendalian energi, dan analitik keselamatan. Namun, manfaat tersebut hanya tercapai apabila teknologi terintegrasi dengan proses organisasi dan tata kelola keberlanjutan (Durlik et al., 2024).

Konsep *smart port* menempatkan AI, *Internet of Things, big data, digital twin,* dan *platform* pertukaran data sebagai satu ekosistem. Tinjauan sistematis menunjukkan bahwa tujuan *smart port* mencakup efisiensi, pengurangan biaya, peningkatan kapasitas,

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

keselamatan, serta penurunan dampak lingkungan (Paraskevas et al., 2024). Bukti empiris juga memperlihatkan bahwa praktik *smart port* dan pemanfaatan teknologi berpengaruh terhadap kinerja pelabuhan berkelanjutan (Othman et al., 2022).

Transformasi digital logistik maritim bergerak mulai dari digitalisasi dokumen menuju integrasi keputusan lintas organisasi. Perubahan tersebut membutuhkan interoperabilitas, kualitas data, keamanan siber, dan kolaborasi antarpemangku kepentingan (Raza et al., 2023). Infrastruktur konektivitas, termasuk 5G, dapat memperkuat koordinasi *real-time* serta pengukuran manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan (Cavalli et al., 2021), sementara elektrifikasi, smart grid, penyimpanan energi, dan optimasi beban mendukung dekarbonisasi pelabuhan (Sadiq et al., 2021).

Meskipun demikian, pembahasan transformasi pelabuhan sering lebih menonjolkan teknologi daripada manusia. Digitalisasi telah mengubah desain pekerjaan, kebutuhan kompetensi, otoritas pengambilan keputusan, dan identitas profesional. Penelitian tentang SDM maritim menunjukkan bahwa perhatian penelitian masih terkonsentrasi pada keterampilan masa depan dan ancaman kehilangan pekerjaan, sedangkan praktik manajemen SDM pada tingkat organisasi dan operasional relatif kurang diteliti (Theotokas et al., 2024).

Pengembangan SDM menjadi penghubung penting antara investasi AI dan kinerja. Transformasi pengembangan SDM maritim perlu mencakup literasi data, pemahaman algoritma, pemecahan masalah, keselamatan digital, kolaborasi lintas fungsi, serta kemampuan belajar berkelanjutan (Autsadee et al., 2024). AI juga dapat mendukung personalisasi pelatihan, analitik kompetensi, perencanaan talenta, dan pengambilan keputusan SDM (Murugesan et al., 2023; Nawaz et al., 2024).

Pada saat yang sama, AI memiliki konsekuensi ganda bagi kesejahteraan karyawan. AI dapat mengurangi pekerjaan yang bersifat *repetitif*, meningkatkan keselamatan, dan membantu optimasi tugas, tetapi dapat pula memicu pengawasan berlebihan, ketidakjelasan peran, ketakutan kehilangan pekerjaan, serta technostress. Tinjauan sistematis tentang AI di tempat kerja menempatkan kepercayaan, transparansi, keadilan, otonomi, dan dukungan organisasi sebagai kondisi penting bagi penerimaan karyawan (Soulami et al., 2024). Untuk membangun pemahaman yang komprehensif, penelitian ini memetakan lima domain utama yang mendasari transformasi AI berpusat pada manusia:

1. Pengetahuan dari Penelitian Smart Port
   Penelitian smart port telah membuktikan bahwa integrasi teknologi digital, IoT, dan big data mampu meningkatkan efisiensi bongkar muat, memangkas dwelling time, dan mengoptimalkan penggunaan

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

lahan pelabuhan. Namun, implementasi smart port sering kali menemui hambatan akibat fragmentasi sistem antarpemangku kepentingan, kurangnya standar interoperabilitas data, dan kelemahan infrastruktur fisik-digital (Paraskevas et al., 2024; Raza et al., 2023).

2. Pengetahuan dari Penelitian AI Adoption
   Kajian adopsi AI menegaskan bahwa kesiapan infrastruktur (AI readiness) dan kapabilitas teknis-organisasional (AI capability) tidak otomatis menghasilkan kinerja tinggi tanpa tata kelola algoritmik yang transparan dan dapat dipertanggungjawabkan (auditability serta human-in-the-loop) (Durlik et al., 2024; Soulami et al., 2024). AI yang diterapkan secara tertutup tanpa penjelasan (black-box algorithms) cenderung memicu ketidakpercayaan dan resistensi penggunanya.
3. Pengetahuan dari Penelitian Maritime HRM
   Studi maritime Human Resource Management (HRM) mengidentifikasi bahwa digitalisasi maritim mengubah tuntutan kualifikasi tenaga kerja secara drastis (Theotokas et al., 2024; Autsadee et al., 2024). Kendati demikian, sebagian besar literatur maritim HRM masih terbatas pada pembahasan ancaman kehilangan pekerjaan (job displacement) dan kebutuhan keterampilan teknis masa depan, sementara praktik HRM strategis berbasis Green/Sustainable HRM belum banyak diterapkan secara terstruktur di tingkat operasional pelabuhan.
4. Kesenjangan dalam Penelitian Employee Well-Being
   Penelitian kesejahteraan karyawan (employee well-being) telah mendokumentasikan dampak kecemasan teknologi (technostress), pengawasan algoritmik berlebihan, dan ketidakamanan kerja (job insecurity) akibat otomasi (Chuang & Chiang, 2025; Valtonen et al., 2025). Namun, literatur yang ada belum menjelaskan secara utuh bagaimana well-being berfungsi sebagai mekanisme intervening/psikologis yang dapat mengonversi investasi AI menjadi kinerja pelabuhan berkelanjutan (sustainable port performance).
5. Kebutuhan Integrasi Multiperspektif
   Integrasi seluruh perspektif di atas sangat diperlukan karena adopsi AI di pelabuhan merupakan transformasi sosio-teknis yang kompleks. Mengisolasi aspek teknologi dari dinamika manusia dan tata kelola keberlanjutan akan memicu unintended consequences, seperti penurunan efikasi kerja, burnout, dan kegagalan adopsi sistem. Oleh karena itu, diperlukan kerangka integratif yang menghubungkan kesiapan dan kapabilitas AI dengan mekanisme SDM, kondisi psikologis karyawan,

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

kinerja pelabuhan berkelanjutan, dan Sustainable Development Goals (SDGs).

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menyusun kerangka adopsi AI pelabuhan yang mengintegrasikan kapabilitas teknologi, pengembangan SDM, kesejahteraan karyawan, Green/Sustainable HRM, kinerja pelabuhan berkelanjutan, dan SDGs. Adapun kebaruan penelitian ini terletak pada penempatan *well-being* sebagai kriteria desain transformasi, bukan sekadar akibat sampingan implementasi teknologi.

TINJAUAN PUSTAKA

Adopsi AI dan Kapabilitas Pelabuhan Cerdas (Smart Port)

Kapabilitas AI pelabuhan tidak cukup dinilai dari ketersediaan perangkat lunak atau otomasi. Kapabilitas tersebut mencakup kualitas dan interoperabilitas data, integrasi sistem, kecukupan komputasi, keamanan siber, mekanisme *human-in-the-loop*, auditabilitas algoritma, serta kemampuan organisasi mengubah rekomendasi AI menjadi keputusan operasional (Durlik et al., 2024; Paraskevas et al., 2024; Othman et al., 2022; Raza et al., 2023). Untuk menghindari ketidakkonsistenan konseptual, penelitian ini menetapkan batasan dan definisi operasional yang jelas bagi tiga konstruk utama adopsi AI, antara lain :

1. Kesiapan AI (*AI Readiness*)
   Kondisi awal dan ketersediaan fondasi organisasi yang memfasilitasi adopsi AI, mencakup kecukupan infrastruktur komputasi, kualitas dan interoperabilitas data, keamanan siber, serta dukungan komitmen manajemen puncak.
2. Kapabilitas AI (*AI Capability*)
   Kemampuan organisasi untuk memobilisasi, mengintegrasikan, dan memanfaatkan sumber daya berbasis AI secara dinamis dalam proses operasional pelabuhan, termasuk penggunaan analitik prediktif, optimasi multiagen, dan mekanisme tata kelola algoritmik (*human-in-the-loop* dan auditabilitas).
3. Adopsi AI (*AI Adoption*)
   Tingkat penerimaan, integrasi aktual, dan rutinisasi penggunaan teknologi AI oleh karyawan dan unit kerja dalam menjalankan tugas operasional pelabuhan sehari-hari.

Pengembangan SDM dalam Transformasi Kecerdasan Buatan (AI)

Pengembangan SDM mencakup pemetaan kompetensi, pelatihan, *reskilling, upskilling*, pembelajaran berbasis pekerjaan, coaching, dan mobilitas karier. Pada konteks pelabuhan, kompetensi prioritas meliputi literasi AI dan data, interpretasi dashboard, pemahaman risiko algoritmik, keamanan siber, pemecahan masalah operasional, komunikasi lintas pemangku kepentingan, serta kompetensi hijau (Theotokas et al., 2024; Autsadee et al., 2024; Murugesan et al., 2023; Nawaz et al., 2024). Kerangka teoretis penelitian ini dibentuk melalui integrasi tiga

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

perspektif teoretis komplementer untuk menjelaskan keseluruhan mekanisme adopsi AI hingga pencapaian kinerja berkelanjutan, antara lain :

1. Kerangka *Technology–Organization–Environment* (TOE)
   Menjelaskan bagaimana faktor teknologi (interoperabilitas, keamanan siber), organisasi (kesiapan infrastruktur, komitmen pimpinan), dan lingkungan (regulasi keberlanjutan, standar maritim internasional) memicu kesiapan dan kapabilitas AI.
2. Teori *Dynamic Capabilities*
   Menjelaskan bagaimana organisasi pelabuhan mengonstruksi dan merekonfigurasi sumber daya melalui praktik *Green/Sustainable HRM* dan pengembangan SDM untuk mentransformasi kapabilitas AI menjadi keunggulan bersaing yang berkelanjutan.
3. Model *Job Demands–Resources* (JD-R)
   Menjelaskan mekanisme psikologis tingkat individu. Dalam perspektif JD-R, AI dapat berfungsi sebagai *job resource* ketika meningkatkan otonomi, keselamatan kerja, efisiensi tugas, dan efikasi diri; sebaliknya, AI bertindak sebagai *job demand* ketika memicu pengawasan ketat, ketidakjelasan peran, beban kognitif berlebih, dan *technostress* (Chuang & Chiang, 2025; Valtonen et al., 2025).

Kesejahteraan Karyawan dan Model Job Demands–Resources

Dalam perspektif *Job Demands–Resources*, kecerdasan buatan (AI) dapat menjadi *job resource* ketika meningkatkan otonomi, keselamatan, akses informasi, dan efikasi kerja; sebaliknya, AI menjadi *job demand* ketika meningkatkan beban kognitif, ketidakamanan kerja, intensifikasi kerja, pengawasan, atau technostress. Studi empiris menunjukkan bahwa pengaruh AI terhadap *well-being* terutama bekerja melalui optimasi tugas dan keselamatan (Valtonen et al., 2025).

Temuan longitudinal juga menunjukkan bahwa efikasi AI dapat meningkatkan keterlibatan dan kepuasan kerja, sedangkan technostress meningkatkan kelelahan dan konflik kerja–kehidupan (Chuang & Chiang, 2025). Pelatihan teknis, dukungan organisasi, partisipasi karyawan, dan desain kerja yang manusiawi diperlukan untuk menekan efek negatif tersebut (Fan & Soomro, 2026). Pengembangan SDM maritim mencakup *reskilling* dan *upskilling* di bidang literasi data, interpretasi *dashboard* AI, pemecahan masalah operasional, dan keselamatan digital (Theotokas et al., 2024; Autsadee et al., 2024). *Green HRM* menyelaraskan fungsi rekrutmen, pelatihan, penilaian kinerja, dan penghargaan dengan target pemeliharaan lingkungan (Gyensare et al., 2024; Muchsinati et al., 2025). Sementara itu, *Sustainable HRM* memperluas fokus

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

tersebut dengan menekankan ketahanan modal manusia, keadilan algoritmik, dan perlindungan kesehatan mental karyawan jangka panjang (Lu et al., 2023; Ren et al., 2023).

Green dan Sustainable Human Resource Management

Green HRM menyelaraskan rekrutmen, pelatihan, penilaian kinerja, penghargaan, pemberdayaan, dan partisipasi dengan tujuan lingkungan. Praktik Green HRM dapat meningkatkan perilaku hijau dan kesejahteraan subjektif karyawan, terutama ketika organisasi memberikan komitmen sumber daya yang memadai (Gyensare et al., 2024). Sustainable HRM memperluas fokus tersebut dengan memperhatikan ketahanan, keterlibatan kerja, kesehatan, keadilan, kemampuan kerja jangka panjang, dan nilai kebaikan bersama. Praktik ini memperkuat resiliensi karyawan dan kinerja melalui keterlibatan kerja (Lu et al., 2023), serta menempatkan pengembangan modal manusia sebagai bagian dari agenda keberlanjutan strategis (Ren et al., 2023). Kesejahteraan karyawan (*employee well-being*) mencakup dimensi fisik, psikologis (seperti *psychological safety* dan rendahnya *technostress*), dan sosial. Kinerja pelabuhan berkelanjutan (*sustainable port performance*) menuntut keseimbangan antara penciptaan nilai ekonomi-operasional (waktu putar kapal, produktivitas bongkar muat), efisiensi lingkungan (dekarbonisasi, efisiensi energi), sosial-keselamatan (*zero accident*, kepuasan kerja), dan resiliensi sistem (Durlik et al., 2024; Othman et al., 2022).

Keterkaitan dengan SDGs

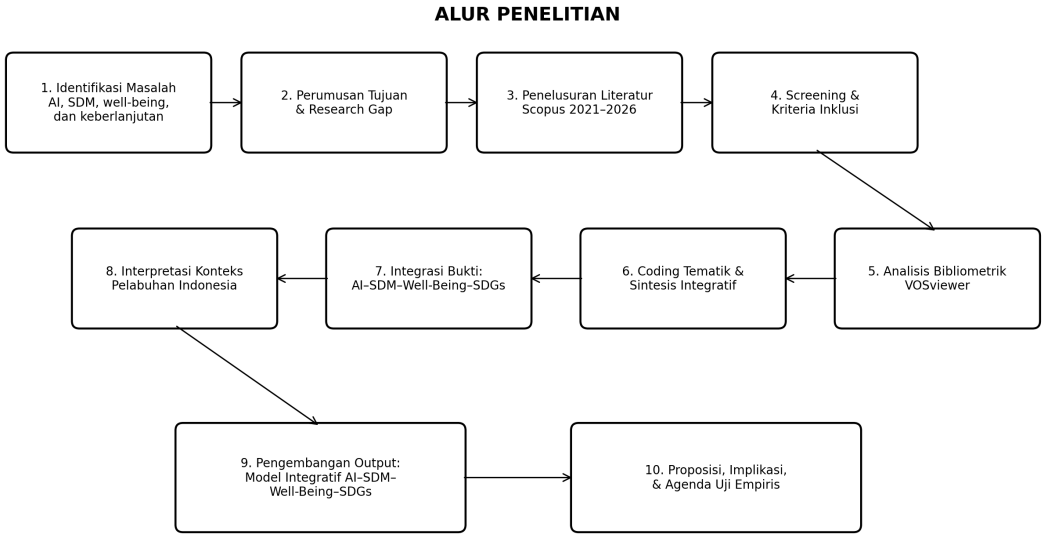
Pengembangan tempat kerja yang sehat dan aman mendukung SDG 3; pelatihan dan pembelajaran berkelanjutan mendukung SDG 4; pekerjaan layak, produktivitas, dan perlindungan pekerja mendukung SDG 8; infrastruktur digital dan inovasi mendukung SDG 9; efisiensi sumber daya mendukung SDG 12; dekarbonisasi mendukung SDG 13; sedangkan kolaborasi pelabuhan mendukung SDG 17. Sustainable HRM perlu menjaga keseimbangan antara modal manusia, sosial, dan lingkungan (Madero-Gómez & Leal-Rodríguez, 2023; Aust et al., 2024; Brewster & Brookes, 2024). Implementasi AI berpusat pada manusia berkontribusi langsung pada target SDGs: perlindungan kesehatan dan *well-being* pekerja (SDG 3); pembelajaran sepanjang hayat dan *reskilling* (SDG 4); pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi (SDG 8); infrastruktur industri dan inovasi digital (SDG 9); konsumsi dan produksi bertanggung jawab (SDG 12); penanganan perubahan iklim via dekarbonisasi (SDG 13); serta kemitraan ekosistem pelabuhan (SDG 17) (Aust et al., 2024; Brewster & Brookes, 2024; Shahid et al., 2025).

Alur penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui alur integratif yang menggabungkan kajian

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

literatur, analisis bibliometrik, pengodean tematik, dan interpretasi kontekstual. Tahap awal dimulai dengan identifikasi persoalan transformasi AI di pelabuhan, terutama ketegangan antara peningkatan efisiensi teknologi dan konsekuensinya terhadap kompetensi, desain kerja, serta kesejahteraan karyawan. Selanjutnya, research gap dirumuskan dengan menempatkan pengembangan SDM dan well-being sebagai mekanisme yang menjembatani kesiapan AI dengan kinerja pelabuhan berkelanjutan. Literatur Scopus periode 2021–2026 kemudian diseleksi berdasarkan relevansi terhadap AI/smart port, HRD/HRM, employee well-being, sustainable performance, dan SDGs. Data bibliografis dianalisis menggunakan VOSviewer untuk mengidentifikasi struktur tema, keterhubungan kata kunci, dan kecenderungan temporal. Hasil pemetaan dipadukan dengan coding tematik untuk membangun sintesis lintas-rumpun literatur. Sintesis tersebut selanjutnya dikontekstualisasikan pada ekosistem pelabuhan Indonesia dan digunakan untuk menghasilkan output utama penelitian, yaitu Model Integratif AI–SDM–Well-Being–SDGs, beserta proposisi dan agenda pengujian empiris.



Gambar 1. Alur penelitian pengembangan Model Integratif AI–SDM–Well-Being–SDGs.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian menggunakan kajian literatur integratif yang dipadukan dengan analisis bibliometrik dan interpretasi kontekstual. Pendekatan ini dipilih untuk menghubungkan tiga rumpun literatur yang berkembang secara terpisah, yaitu *smart port* dan AI maritim, transformasi dan pengembangan SDM, serta kesejahteraan karyawan dan keberlanjutan organisasi.

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

Strategi Penelusuran dan Kriteria Inklusi

Sumber utama kajian berupa artikel jurnal internasional terindeks Scopus yang terbit pada 2021–2026. Penelusuran diarahkan pada kombinasi kata kunci *artificial intelligence, smart port, sustainable port performance, maritime digitalization, human resource development, sustainable HRM, green HRM, employee well-being, technostress*, dan *Sustainable Development Goals*. Artikel dipilih apabila membahas sedikitnya satu dari empat hubungan: AI dan kinerja pelabuhan; digitalisasi dan kompetensi SDM maritim; AI dan kesejahteraan karyawan; atau praktik SDM dan pencapaian keberlanjutan/SDGs. Artikel konseptual, tinjauan sistematis, dan studi empiris disertakan untuk memperoleh sintesis yang seimbang.

Prosedur Seleksi Literatur Berdasarkan PRISMA 2020

Penelusuran literatur dilakukan pada basis data Scopus untuk publikasi periode 2021–2026. Kombinasi kata kunci yang digunakan mencakup: ("artificial intelligence" OR "AI adoption" OR "smart port") AND ("human resource development" OR "sustainable HRM" OR "green HRM") AND ("employee well-being" OR "technostress") AND ("sustainable port performance" OR "SDGs"). Proses seleksi mencakup empat tahap PRISMA 2020 sebagai berikut:

1. Identifikasi (Identification)
   Penelusuran awal menghasilkan total N = 482 rekaman artikel dari basis data Scopus. Setelah penghapusan duplikasi (n = 34), tersisa 448 artikel.
2. Penyaringan (Screening)
   Sebanyak 448 judul dan abstrak diperiksa berdasarkan relevansi awal. Tahap ini mengeliminasi 286 artikel yang tidak berfokus pada ekosistem maritim/pelabuhan, tidak membahas dinamika organisasi/SDM, atau terbit di luar periode target. Tersisa 162 artikel untuk evaluasi teks lengkap.
3. Kelayakan (Eligibility)
   Teks lengkap dari 162 artikel dievaluasi secara mendalam berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi terperinci. Sebanyak 124 artikel dieksklusi dengan alasan: (a) analisis teknis murni tanpa menyertakan variabel SDM/manusia (n = 68); (b) tidak terindeks Scopus/prosiding non-peer-reviewed (n = 32); dan (c) artikel opini/editorial tanpa metodologi yang jelas (n = 24).
4. Inklusi (Inclusion)
   Sebanyak 38 artikel memenuhi seluruh kriteria dan diikutsertakan dalam sintesis integratif kualitatif. Selain itu, data bibliografis dari 162 artikel tahap kelayakan diekspor ke dalam format CSV untuk analisis ko-kejadian kata kunci menggunakan VOSviewer

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

Prosedur Analisis

Analisis dilakukan melalui empat tahap: identifikasi dan penyaringan sumber; pengodean tema; pemetaan hubungan antarkonsep; serta sintesis mekanisme dan rekomendasi implementasi. Pemetaan *VOSviewer* digunakan untuk membaca keterhubungan kata kunci *port performance, sustainability performance, environmental performance, energy, indicators*, dan *monitoring*. Untuk menjamin kualitas dan ketajaman sintesis, kriteria inklusi dan eksklusi ditetapkan secara eksplisit

1. Kriteria Inklusi
    a. Fokus substansi membahas sedikitnya dua interaksi antardomain: (a) adopsi AI/*smart port* dan kinerja operasional; (b) digitalisasi maritim dan kompetensi/HRM; (c) adopsi AI dan dampak *well-being*/*technostress*; atau (d) praktik SDM dan indikator keberlanjutan/SDGs.
    b. Menggunakan desain penelitian empiris (kuantitatif/kualitatif/metode campuran), tinjauan sistematis, atau kerangka konseptual yang kuat.
2. Kriteria Eksklusi
    a. Artikel yang hanya membahas model matematika/algoritma AI secara teknis murni tanpa menganalisis implikasi organisasi, tata kelola, atau aspek manusia.
    b. Publikasi berbentuk buku, bab buku, prosiding konferensi, laporan komersial, atau artikel opini editorial.
    c. Studi di luar sektor transportasi, logistik, maritim, atau manajemen umum yang tidak dapat dikontekstualisasikan ke pelabuhan.

Prosedur Analisis Bibliometrik dan Sintesis

Data bibliografis dianalisis menggunakan VOSviewer (versi 1.6.20) dengan metode *co-occurrence analysis* berbasis *all keywords* (ambang batas kemunculan minimum = 5). Analisis bibliometrik digunakan secara spesifik untuk memetakan struktur intelektual, kecenderungan pemasteran tema (*clustering*), dan mengidentifikasi *gaps* dalam literatur. Hasil visualisasi VOSviewer kemudian dipadukan dengan pengodean tematik (*thematic coding*) untuk menyusun proposisi dan kerangka konseptual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

AI sebagai Pengungkit Kinerja Pelabuhan

Peta bibliometrik menempatkan port performance sebagai simpul yang terhubung dengan *port authority, indicator, trend, dan systematic literature review*. Temuan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kinerja membutuhkan kombinasi inovasi teknologi, tata kelola, dan sistem pengukuran. AI paling relevan diterapkan pada kasus penggunaan yang mempunyai *baseline* dan indikator terukur, seperti waktu putar kapal,

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

produktivitas alat, konsumsi energi, emisi, near miss, dan reliabilitas layanan.

Hubungan sustainability performance dengan environmental performance, operational efficiency, indicators, dan monitoring menegaskan pentingnya integrasi KPI. Implementasi kecerdasan buatan (AI) tidak dapat disebut berkelanjutan apabila hanya mempercepat operasi tetapi meningkatkan beban psikologis, mengurangi otonomi tanpa alasan, atau memindahkan risiko kepada pekerja.

Analisis Bibliometrik Struktur dan Perkembangan Literatur

Analisis bibliometrik VOSviewer menghasilkan tiga kluster intelektual utama yang membuktikan bagaimana literatur pelabuhan berkelanjutan berkembang dan di mana letak kesenjangannya:

1. Kluster 1: *Port Performance and Governance*
   Simpul utama *port performance* terhubung kuat dengan *port authority, indicator, trend,* dan *systematic literature review*. Struktur ini membuktikan bahwa literatur klasik memandang kinerja pelabuhan dari kacamata tata kelola otoritas dan indikator efisiensi operasional.
2. Kluster 2: *Environmental Performance and Indicators*
   Simpul *environmental performance* terhubung dengan *sustainability performance, indicator, concern, energy,* dan *emission*. Kluster ini memperlihatkan pergeseran literatur menuju pengukuran dampak lingkungan, tetapi masih terpisah dari faktor psikologis tenaga kerja.
3. Kluster 3: *Energy and Operational Efficiency*
   Simpul *work energy, operational efficiency,* dan *energy efficiency* terhubung langsung dengan *ship, vessel,* dan *climate change*. Visualisasi ini mengonfirmasi bahwa AI diposisikan sebagai alat optimasi konsumsi energi dan emisi.

Pengembangan SDM sebagai Mekanisme Implementasi

Sintesis menunjukkan tiga lapisan pengembangan SDM. Pertama, kompetensi dasar berupa literasi digital, data, dan AI. Kedua, kompetensi aplikasi berupa interpretasi prediksi, pengambilan keputusan berbasis risiko, dan kolaborasi manusia–AI. Ketiga, kompetensi transformasional berupa kepemimpinan digital, etika, desain proses, dan pengelolaan perubahan. Struktur ini konsisten dengan kebutuhan transformasi HRD maritim (Autsadee et al., 2024).

Pelatihan perlu berangkat dari analisis kesenjangan kompetensi dan skenario kerja nyata. Operator alat, planner, teknisi, petugas keselamatan, dan manajer membutuhkan kurikulum pelatihan yang berbeda. Efektivitas pelatihan dievaluasi melalui peningkatan efikasi AI, kualitas

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

keputusan, keselamatan, kemampuan menangani pengecualian, serta penurunan kesalahan dan technostress.

Perbandingan Temuan Literatur yang Berlainan / Bertentangan (SLR Systematic Comparison)

Tinjauan literatur integratif ini memperlihatkan adanya perdebatan dan temuan yang bertentangan (contradictory evidence) dalam literatur adopsi AI dan digitalisasi pelabuhan, seperti dirangkum pada Tabel 1.

Well-Being sebagai salah satu Indikator Keberhasilan

Kesejahteraan karyawan perlu diukur melalui kepuasan kerja, keterlibatan, kelelahan, technostress, keamanan psikologis, makna kerja, konflik kerja–kehidupan, dan persepsi keadilan algoritmik. Bukti terbaru memperlihatkan bahwa AI tidak selalu berpengaruh langsung terhadap well-being; pengaruhnya dimediasi oleh perubahan tugas dan keselamatan (Valtonen et al., 2025). Oleh karena itu, evaluasi implementasi harus memeriksa bagaimana pekerjaan benar-benar berubah.

Human-centered AI mensyaratkan transparansi mengenai data yang dikumpulkan, tujuan penggunaan, batas kewenangan algoritma, mekanisme koreksi, dan pihak yang bertanggung jawab. Karyawan perlu dilibatkan sejak pemetaan masalah, uji coba, penyusunan SOP, hingga evaluasi dampak. Partisipasi meningkatkan kepercayaan sekaligus menyediakan pengetahuan tacit yaitu jenis pengetahuan yang berada di dalam pikiran, pengalaman, dan intuisi seseorang, sehingga sangat sulit untuk dituangkan ke dalam bentuk tulisan, manual, atau standar operasional prosedur (SOP) yang tidak tertangkap oleh data historis.

Model Integratif AI–SDM–Well-Being–SDGs

Model Integratif AI–SDM–Well-Being–SDGs (Gambar 5) dibentuk berdasarkan sintesis multi-teori (TOE, Dynamic Capabilities, JD-R) dan mengatasi pertentangan literatur di atas. Model ini terdiri atas lima lapisan konseptual terstruktur:

1. Lapisan 1: AI Readiness, AI Capability, & Algorithmic Governance (Input)
   Menjadi fondasi teknis dan organisasional. AI diposisikan bukan sekadar software, melainkan kapabilitas sosio-teknis yang memerlukan interoperabilitas data, keamanan siber, transparansi algoritma (auditability), serta mekanisme human-in-the-loop.
2. Lapisan 2: Mekanisme SDM & Organisasi (Organizational Process)
   Terdiri atas reskilling/upskilling, Green/Sustainable HRM, partisipasi pekerja dalam desain SOP, dan dukungan organisasi. Lapisan ini bertindak sebagai enabler yang memfasilitasi transformasi kapabilitas AI menjadi kemampuan aktual.

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

3. Lapisan 3: Kondisi Manusia & Psikologis (Psychological Mechanism)
   Mencakup AI self-efficacy, employee well-being, psychological safety, serta mitigasi technostress dan ketidakamanan kerja. Kondisi psikologis ini memediasi penerimaan karyawan terhadap teknologi AI.
4. Lapisan 4: Kinerja Pelabuhan Berkelanjutan (Outcome)
   Mewujudkan prinsip dual-value creation, yaitu keseimbangan antara kinerja ekonomi-operasional, kinerja lingkungan, keselamatan sosial, dan resiliensi pelabuhan.
5. Lapisan 5: Kontribusi SDGs (Impact Mapping)
   Memetakan capaian kinerja operasional dan manusia secara langsung ke dalam indikator terukur SDG 3, 4, 8, 9, 12, 13, dan 17.

Model Integratif AI-SDM-Well-Being-SDGs

Model Integratif AI–SDM–Well-Being–SDGs merupakan output konseptual utama penelitian ini. Model dibangun untuk menjawab keterbatasan pendekatan technology-centred yang cenderung menilai keberhasilan adopsi AI dari tingkat otomasi, kecepatan proses, atau akurasi keputusan semata. Dalam konteks pelabuhan, AI memang dapat meningkatkan penjadwalan, pemeliharaan prediktif, keselamatan, efisiensi energi, dan pengendalian emisi, tetapi manfaat tersebut tidak bersifat otomatis. Nilai berkelanjutan baru terbentuk ketika kesiapan data, interoperabilitas, infrastruktur digital, keamanan siber, auditabilitas algoritma, dan mekanisme human-in-the-loop dihubungkan dengan kapasitas manusia dan tata kelola organisasi (Durlik et al., 2024; Paraskevas et al., 2024; Raza et al., 2023).

Secara teoritis, lapisan pertama model adalah kesiapan AI dan tata kelola algoritmik sebagai technological-organizational input. AI diposisikan sebagai kapabilitas sosio-teknis, bukan sekadar perangkat. Konsekuensinya, kualitas implementasi ditentukan oleh kemampuan organisasi menerjemahkan keluaran algoritma menjadi keputusan operasional yang dapat dijelaskan, diaudit, dikoreksi, dan—pada situasi berisiko tinggi—diambil alih oleh manusia. Perspektif ini penting di pelabuhan karena keputusan terkait pergerakan kapal, alat, energi, dan keselamatan mempunyai konsekuensi operasional dan manusia yang tinggi. Digitalisasi yang berorientasi keberlanjutan juga menuntut integrasi teknologi dengan tujuan ekonomi, sosial, dan lingkungan, sebagaimana ditunjukkan oleh studi transformasi digital berkelanjutan dalam konteks Indonesia (Sukaris & Kirono, 2025).

Lapisan kedua adalah mekanisme SDM yang terdiri atas reskilling/upskilling, Green/Sustainable HRM, partisipasi pekerja, dukungan organisasi, dan desain ulang pekerjaan. Lapisan ini menjelaskan bagaimana investasi AI dikonversi menjadi

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

kemampuan aktual. Pengembangan SDM meningkatkan literasi data dan AI, kemampuan interpretasi rekomendasi algoritmik, pengambilan keputusan berbasis risiko, serta kemampuan menangani exception yang tidak sepenuhnya dapat diotomasi (Autsadee et al., 2024; Murugesan et al., 2023). Green HRM memperluas mekanisme tersebut dengan menyelaraskan kompetensi, penilaian kinerja, penghargaan, dan partisipasi dengan target lingkungan. Temuan Jurnal Manajerial menunjukkan bahwa Green HRM berhubungan dengan outcome psikologis dan perilaku karyawan melalui keterikatan afektif, sedangkan praktik green hiring, green performance management, dan green compensation dapat diarahkan pada environmental performance (Riyanto, 2025; Muchsinati et al., 2025).

Lapisan ketiga adalah kondisi manusia yang meliputi AI self-efficacy, well-being, psychological safety, trust, persepsi keadilan algoritmik, dan tingkat technostress. Lapisan ini berfungsi sebagai mekanisme psikologis yang menentukan apakah teknologi benar-benar digunakan secara produktif. Perspektif Job Demands–Resources menjelaskan bahwa AI dapat menjadi job resource ketika mengurangi pekerjaan repetitif, meningkatkan keselamatan, memperluas akses informasi, dan mendukung otonomi; tetapi dapat berubah menjadi job demand ketika meningkatkan beban kognitif, pengawasan, ketidakjelasan peran, atau ketidakamanan kerja (Chuang & Chiang, 2025; Valtonen et al., 2025). Bukti pada Jurnal Manajerial juga memperlihatkan bahwa transformasi digital, stres kerja, work-life balance, keterlibatan, dan kinerja merupakan konstruk yang saling terkait, sehingga keberhasilan transformasi digital perlu dievaluasi bersama indikator psikologis dan kualitas kehidupan kerja, bukan hanya produktivitas (Puryanti & Purwanto, 2026; Putri & Purwanto, 2026).

Lapisan keempat adalah kinerja pelabuhan berkelanjutan yang menggabungkan outcome ekonomi-operasional, sosial-keselamatan, lingkungan, dan resiliensi. Integrasi ini menghindari trade-off tersembunyi, misalnya peningkatan throughput yang disertai technostress, atau efisiensi biaya yang memindahkan risiko kepada pekerja. Dengan demikian, model mengusulkan prinsip dual-value creation: AI harus menciptakan nilai organisasi sekaligus nilai manusia. Green/Sustainable HRM berperan sebagai institutional bridge yang memastikan bahwa indikator produktivitas, keselamatan, kompetensi, kesejahteraan, energi, dan emisi masuk dalam sistem evaluasi yang sama (Gyensare et al., 2024; Lu et al., 2023; Ren et al., 2023).

Lapisan kelima adalah kontribusi terhadap SDGs. Model tidak menempatkan SDGs sebagai label normatif setelah implementasi, melainkan sebagai outcome mapping yang diturunkan dari indikator operasional dan manusia. SDG 3 terkait kesehatan, keselamatan, dan well-being; SDG

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

4 terkait pembelajaran dan reskilling; SDG 8 terkait pekerjaan layak dan produktivitas; SDG 9 terkait infrastruktur dan inovasi; SDG 12 terkait efisiensi sumber daya; SDG 13 terkait dekarbonisasi; dan SDG 17 terkait kolaborasi ekosistem pelabuhan. Dengan cara ini, kontribusi SDGs harus dapat ditelusuri dari perubahan proses, perilaku, dan KPI yang terukur, bukan hanya dari pernyataan kebijakan.

Argumentasi utama model adalah bahwa hubungan AI–kinerja bersifat mediated dan contingent. Pengembangan SDM dan praktik Sustainable/Green HRM memediasi konversi kapabilitas teknologi menjadi penggunaan aktual dan kualitas keputusan; sementara well-being, AI efficacy, psychological safety, dan trust menjelaskan penerimaan serta keberlanjutan penggunaan teknologi. Pada saat yang sama, technostress, job insecurity, dan pengawasan algoritmik yang tidak proporsional berpotensi menjadi boundary conditions yang memperlemah manfaat AI. Oleh karena itu, Model Integratif AI–SDM–Well-Being–SDGs menawarkan mekanisme kausal yang lebih lengkap: AI readiness → mekanisme SDM → kondisi manusia → kinerja pelabuhan berkelanjutan → kontribusi SDGs. Rantai ini sekaligus menjadi dasar penyusunan proposisi penelitian dan agenda pengujian longitudinal/multilevel pada terminal pelabuhan.

Model yang diusulkan menempatkan kesiapan teknologi dan tata kelola AI sebagai input. Pengembangan SDM, Sustainable/Green HRM, partisipasi, serta desain kerja manusiawi menjadi mekanisme organisasi. *Well-being* dan efikasi AI menjadi kondisi psikologis yang menentukan penggunaan aktual. Hasil akhirnya adalah kinerja pelabuhan yang seimbang pada dimensi ekonomi, sosial, lingkungan, dan ketahanan, kemudian dipetakan pada target SDGs.

Model ini menolak asumsi bahwa otomasi otomatis menghasilkan keberlanjutan. Jalur manfaat terbentuk ketika AI memperbaiki kualitas keputusan dan mengurangi risiko, sementara praktik SDM menyediakan kemampuan, motivasi, kesempatan berpartisipasi, dan perlindungan kesejahteraan. Sebaliknya, kekurangan pelatihan, ketidakjelasan peran, atau pengawasan algoritmik yang tidak proporsional dapat memicu resistensi dan menurunkan kinerja.

Peta Bibliometrik Kinerja Pelabuhan Berkelanjutan

Analisis bibliometrik digunakan untuk memperkuat sintesis literatur mengenai kinerja pelabuhan berkelanjutan. Pemetaan VOSviewer menunjukkan keterhubungan antarkata kunci dan membantu mengidentifikasi tema yang dominan dalam literatur. Tiga visualisasi berikut disajikan secara berurutan mulai dari port performance, environmental performance dan

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

sustainability performance, hingga energi dan efisiensi operasional.

Pemetaan pada Gambar 3 menempatkan port performance sebagai simpul dominan dan menghubungkannya dengan importance, article, port authority, port sector, indicator, trend, dan systematic literature review. Struktur ini menunjukkan bahwa kinerja pelabuhan menjadi tema utama yang berkaitan dengan pengukuran, otoritas pelabuhan, indikator, dan perkembangan penelitian. Dengan demikian, peningkatan kinerja memerlukan kombinasi inovasi teknologi, tata kelola, dan sistem pengukuran yang jelas.

Pemetaan pada Gambar 4 menunjukkan environmental performance sebagai simpul penting yang terhubung dengan sustainability performance, indicator, concern, energy, emission, application, dan monitoring. Keterhubungan tersebut menunjukkan bahwa kinerja lingkungan dan sustainability performance dalam literatur pelabuhan berkelanjutan tidak berdiri sendiri, tetapi berkaitan dengan indikator, pemantauan, penggunaan energi, dan emisi. Temuan ini mendukung kebutuhan pengukuran kinerja yang mengintegrasikan aspek operasional, lingkungan, dan keberlanjutan.

Pemetaan pada Gambar 5 memperlihatkan keterkaitan yang kuat antara work energy, energy consumption, operational efficiency, energy efficiency, emission, application, dan environmental performance. Pola tersebut menunjukkan bahwa energi dan efisiensi operasional merupakan bagian penting dalam pembahasan keberlanjutan pelabuhan. Hubungan antarkata kunci juga memperkuat relevansi teknologi digital dan AI untuk mendukung pemantauan, analisis, serta optimasi penggunaan energi dan pengurangan emisi.

Secara keseluruhan, ketiga pemetaan membentuk alur argumentasi yang konsisten: port performance menjadi dasar pengukuran kinerja, sustainability dan environmental performance memperluas orientasi kinerja, sedangkan energi dan efisiensi operasional menjadi aspek penting dalam pencapaian keberlanjutan. AI kemudian diposisikan sebagai kapabilitas transformasional yang dapat mendukung analitik prediktif, pemantauan real-time, dan optimasi sumber daya, dengan tetap memperhatikan kesiapan organisasi dan faktor manusia. Telaah empiris menunjukkan bahwa ekonomi digital dan implementasi AI merupakan pendorong resiliensi dan efisiensi pelabuhan. Transformasi digital menyederhanakan dokumentasi elektronik dan pengelolaan lalu lintas kapal, menurunkan waktu tunggu, serta memperkuat daya saing. Kerangka AI multiagen juga dapat mengharmonisasi penanganan muatan dan alokasi tambatan. Namun efektivitasnya sangat bergantung pada kematangan infrastruktur regional. Kesenjangan digital pada pelabuhan

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

berkembang dan fragmentasi proses administratif dapat menghambat realisasi manfaat AI.

Proposisi Penelitian

P1: Kapabilitas AI berpengaruh positif terhadap kinerja pelabuhan berkelanjutan ketika didukung interoperabilitas data dan tata kelola algoritma. P2: Pengembangan SDM memediasi hubungan kapabilitas AI dengan penggunaan aktual dan kualitas keputusan. P3: Efikasi AI dan well-being memediasi pengaruh desain kerja berbasis AI terhadap keterlibatan serta kinerja karyawan. P4: Technostress dan ketidakamanan kerja memperlemah pengaruh positif AI terhadap well-being. P5: Partisipasi pekerja, dukungan organisasi, dan Green/Sustainable HRM memperkuat pengaruh pelatihan terhadap efikasi AI, perilaku hijau, dan kinerja berkelanjutan.

P6: Kinerja ekonomi, sosial, lingkungan, dan ketahanan yang dihasilkan oleh model berkontribusi secara terukur terhadap SDG 3, 4, 8, 9, 12, 13, dan 17.

Kontribusi Terhadap SDGs

Integrasi AI dan SDM mendukung SDG 8 melalui produktivitas dan pekerjaan layak, SDG 9 melalui inovasi infrastruktur, serta SDG 12 dan SDG 13 melalui efisiensi sumber daya dan pengurangan emisi. Namun, kontribusi tersebut bergantung pada SDG 3 dan SDG 4 karena kesehatan, kesejahteraan, serta pembelajaran berkelanjutan merupakan prasyarat kemampuan adaptasi. Praktik HRM dapat menerjemahkan SDGs ke dalam kegiatan yang terukur melalui pelatihan, keselamatan dan kesehatan kerja, keberagaman dan inklusi, penghargaan, serta pelaporan keberlanjutan (Shahid et al., 2025). Pada ekosistem pelabuhan, kolaborasi regulator, operator, pekerja, pelayaran, pemilik barang, dan komunitas juga memperkuat SDG 17.

Keterbatasan dan Arah Penelitian Masa Depan

Artikel ini merupakan sintesis konseptual berbasis literatur dan data sekunder sehingga belum menguji hubungan kausal pada karyawan pelabuhan. Perbedaan tingkat otomasi, tata kelola, jenis terminal, regulasi, dan budaya kerja dapat memengaruhi penerapan model. Hasil bibliometrik juga bergantung pada kata kunci dan cakupan basis data.

Penelitian mendatang perlu menguji model secara longitudinal dan multilevel pada berbagai jenis terminal. Pengujian dapat menggunakan SEM, analisis data operasional, eksperimen digital twin, dan wawancara karyawan untuk menilai hubungan kapabilitas AI, kualitas pengembangan SDM, technostress, well-being, perilaku hijau, dan kinerja pelabuhan berkelanjutan. Perbandingan antarpelabuhan diperlukan untuk menguji pengaruh tingkat otomasi, budaya

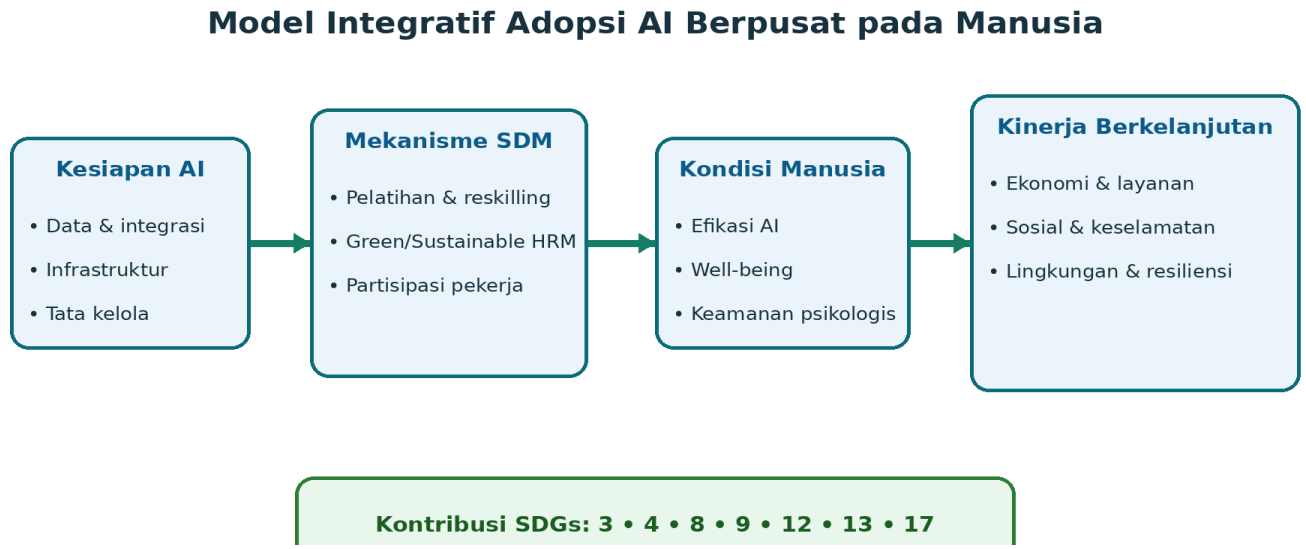
Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

keselamatan, regulasi, dan kematangan tata kelola data.

Tabel 1. Perbandingan temuan literatur yang bertentangan dalam adopsi AI dan digitalisasi maritim.

Domain Perdebatan	Perspektif A (Teknokratis/Optimis)	Perspektif B (Kritis/Dampak Manusia)	Sintesis / Resolusi Model Integratif
Otomasi vs. Otonomi Pekerja	AI dan otomasi meningkatkan presisi, keselamatan kerja, dan menghilangkan pekerjaan manual berbahaya (Valtonen et al., 2025).	AI meningkatkan pengawasan algoritmik, memangkas otonomi keputusan, dan memicu ketidakamanan kerja (Chuang & Chiang, 2025).	Efek AI terhadap well-being bersifat dimediasi oleh desain kerja: AI meningkatkan well-being jika diposisikan sebagai pembuat rekomendasi (human-in-the-loop).
Peningkatan Kinerja vs. Technostress	Kesiapan AI yang tinggi berdampak positif langsung pada efisiensi operasional dan kinerja pelabuhan (Othman et al., 2022).	Implementasi AI tanpa reskilling memicu technostress, kelelahan kognitif, dan resistensi yang menurunkan kinerja (Fan & Soomro, 2026).	Kesiapan AI memerlukan dukungan kapabilitas SDM dan Sustainable HRM untuk memitigasi technostress sebelum mampu menghasilkan kinerja berkelanjutan.
Pengurangan Emisi vs. Keadilan Sosial	Digitalisasi dan smart port berfokus pada penurunan emisi karbon dan efisiensi energi (Sadiq et al., 2021).	Fokus berlebihan pada target lingkungan teknis mengabaikan kesejahteraan sosial pekerja dan keadilan transisi (Brewster & Brookes, 2024).	Green HRM berfungsi sebagai jembatan yang menyelaraskan target kinerja lingkungan pelabuhan dengan insentif dan kesejahteraan karyawan.

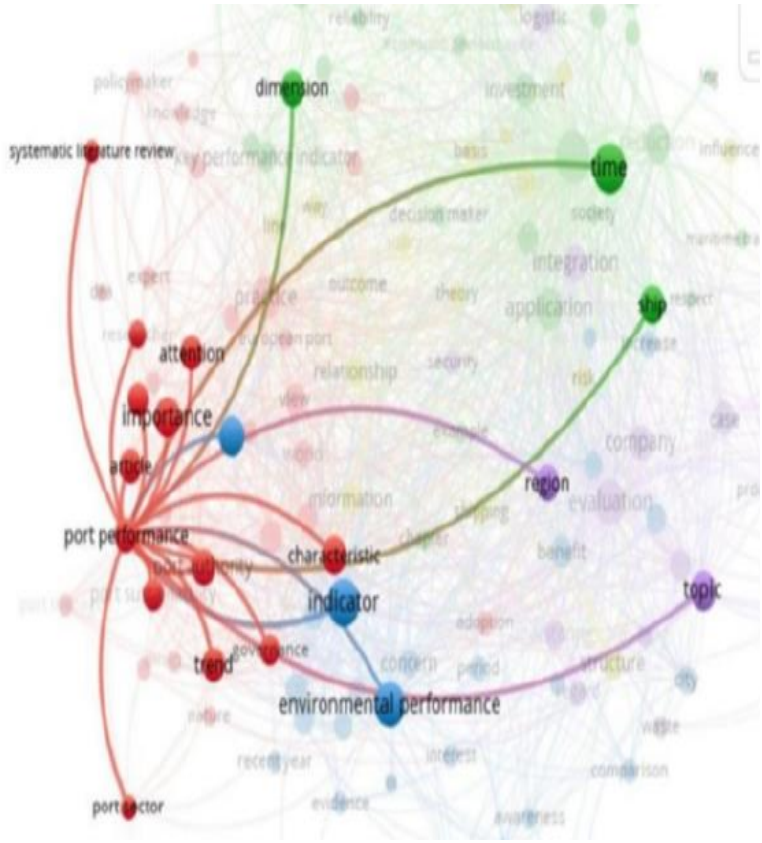
Sumber : Hasil olah data penelitian, 2026



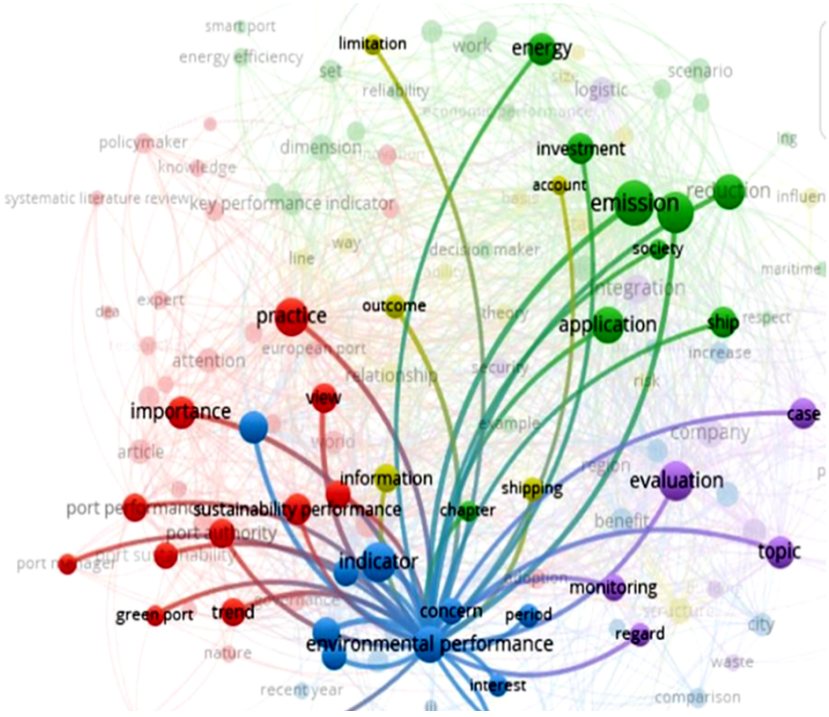
Gambar 2. Model integratif adopsi AI berpusat pada manusia untuk kinerja pelabuhan berkelanjutan dan pencapaian SDGs.

Sumber : Hasil olah data penelitian, 2026

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

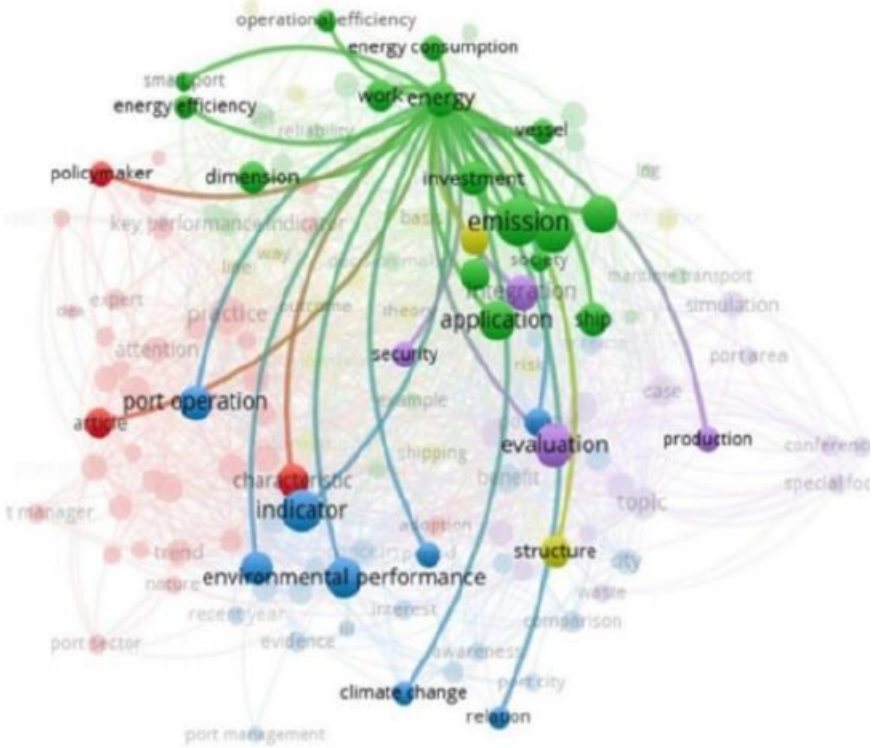


Gambar 3. Visualisasi VOSviewer mengenai port performance.



Gambar 4. Jejaring kata kunci yang berpusat pada environmental performance

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License



Gambar 5. Jejaring kata kunci terkait energi dan efisiensi operasional pelabuhan

KESIMPULAN

Kecerdasan buatan (AI) dapat memperkuat kinerja pelabuhan melalui optimasi operasi, pemeliharaan prediktif, analitik keselamatan, dan pengelolaan energi. Namun, manfaat tersebut bergantung pada interoperabilitas data, tata kelola algoritma, pengembangan kompetensi, partisipasi karyawan, Sustainable/Green HRM, dan perlindungan well-being. Kerangka human-centered AI menempatkan pengembangan SDM dan kesejahteraan sebagai mekanisme inti antara kesiapan teknologi dan kinerja ekonomi, sosial, lingkungan, serta ketahanan. Implementasi yang bertahap, transparan, partisipatif, dan terukur dapat mendukung SDG 3, 4, 8, 9, 12, 13, dan 17 tanpa mengorbankan kualitas kerja manusia.

IMPLIKASI PENELITIAN

Manajemen pelabuhan perlu membangun tata kelola kecerdasan buatan (AI) lintas fungsi yang melibatkan operasi, teknologi informasi, SDM, keselamatan, lingkungan, hukum, dan wakil pekerja. Setiap *use case* harus mempunyai pemilik proses, dasar hukum pemrosesan data, protokol *human override*, indikator manfaat, serta rencana mitigasi dampak tenaga kerja.

Fungsi SDM perlu mengintegrasikan kompetensi kecerdasan buatan (AI) dan hijau *(green*) ke dalam perencanaan tenaga kerja, rekrutmen, pembelajaran, manajemen

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

kinerja, jalur karier, dan penghargaan. Fokusnya bukan menggantikan pekerja, melainkan mendesain ulang pekerjaan agar manusia menangani penilaian kontekstual, pengecualian, hubungan sosial, dan keputusan berisiko tinggi.

Dashboard kinerja harus menyatukan indikator produktivitas, keselamatan, energi, emisi, kompetensi, dan *well-being*. Pendekatan ini memungkinkan organisasi melihat *trade-off* sejak dini dan memastikan bahwa kontribusi terhadap SDGs didukung bukti operasional, bukan sekadar klaim komunikasi.

ACKNOWLEDGEMENT

Penulis berterima kasih kepada institusi dan kolega yang mendukung penyusunan dan penelaahan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aust, I., Cooke, F. L., Muller-Camen, M., & Wood, G. (2024). Achieving sustainable development goals through common-good HRM: Context, approach and practice. German Journal of Human Resource Management, 38(2), 93–110. https://doi.org/10.1177/23970022241240890

Autsadee, Y., Jeevan, J., Mohd Salleh, N. H., & Othman, M. R. (2024). Digital wind of changes: Navigating competitiveness in the maritime sector through the transformation in human resource development. Maritime Business Review, 9(3), 204–228. https://doi.org/10.1108/MABR-11-2023-0079

Brewster, C., & Brookes, M. (2024). Sustainable development goals and new approaches to HRM. German Journal of Human Resource Management, 38(2), 183–201. https://doi.org/10.1177/23970022241229037

Cavalli, L., et al. (2021). Addressing efficiency and sustainability in the port of the future with 5G: The experience of the Livorno Port. Sustainability, 13(21), 12146. https://doi.org/10.3390/su132112146

Chuang, Y.-T., & Chiang, H.-L. (2025). Insights from the Job Demands–Resources model: AI's dual impact on employees' work and life well-being. International Journal of Information Management, 83, 102887. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2025.102887

Durlik, I., Miller, T., Kostecka, E., Łobodzińska, A., & Kostecki, T. (2024). Harnessing AI for sustainable shipping and green ports: Challenges and opportunities. Applied Sciences, 14(14), 5994. https://doi.org/10.3390/app14145994

Fan, M., & Soomro, S. (2026). The human side of AI adoption: Exploring technostress, training and employee well-being in manufacturing SMEs. Journal of Manufacturing Technology Management, 37(2), 273–294. https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2025-0120

Gyensare, M. A., et al. (2024). Green HRM practices, employee well-being, and sustainable work behavior: Examining the moderating role of resource commitment. Business Strategy and the Environment. https://doi.org/10.1002/bse.3642

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

Lu, Y., et al. (2023). Sustainable human resource management practices, employee resilience, and employee outcomes: Toward common good values. Human Resource Management, 62. https://doi.org/10.1002/hrm.22153

Madero-Gómez, S. M., & Leal-Rodríguez, D. A. (2023). Companies could benefit when they focus on employee wellbeing and the environment. Sustainability, 15(6), 5435. https://doi.org/10.3390/su15065435

Muchsinati, E. S., Riesquita, E., & Fatyandri, A. (2025). Pengaruh green hiring terhadap environmental performances dengan green performances management and compensation sebagai variabel mediasi. Jurnal Manajerial, 12(01), 125–150. https://doi.org/10.30587/jurnalmanajerial.v12i01.9151

Murugesan, U., Subramanian, P., Srivastava, S., & Dwivedi, A. (2023). A study of artificial intelligence impacts on human resource digitalization in Industry 4.0. Decision Analytics Journal, 7, 100249. https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100249

Nawaz, N., Arunachalam, H., Pathi, B. K., & Gajenderan, V. (2024). The adoption of artificial intelligence in human resources management practices. International Journal of Information Management Data Insights, 4(1), 100208. https://doi.org/10.1016/j.jjimei.2023.100208

Othman, A., El Gazzar, S., & Knez, M. (2022). Investigating the influences of smart port practices and technology employment on port sustainable performance: The Egypt case. Sustainability, 14(21), 14014. https://doi.org/10.3390/su142114014

Paraskevas, A., Madas, M. A., Zeimpekis, V., & Fouskas, K. G. (2024). Smart ports in Industry 4.0: A systematic literature review. Logistics, 8(1), 28. https://doi.org/10.3390/logistics8010028

Puryanti, N., & Purwanto, E. (2026). Pengaruh transformasi digital, stres kerja dan work-life balance terhadap kinerja tenaga kependidikan: Peran mediasi keterlibatan karyawan FIKKES UNIMUS. Jurnal Manajerial, 13(02), 357–383. https://doi.org/10.30587/jurnalmanajerial.v13i02.11464

Putri, K. R., & Purwanto, E. (2026). Optimalisasi kinerja: Stres kerja, kualitas kehidupan kerja dan work-life balance dengan mediasi kepuasan kerja pada tenaga kependidikan Unimus. Jurnal Manajerial, 13(01), 217–238. https://doi.org/10.30587/jurnalmanajerial.v13i01.11229

Raza, Z., Woxenius, J., Vural, C. A., & Lind, M. (2023). Digital transformation of maritime logistics: Exploring trends in the liner shipping segment. Computers in Industry, 145, 103811. https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103811

Ren, S., Cooke, F. L., Stahl, G. K., Fan, D., & Timming, A. R. (2023). Advancing the sustainability agenda through strategic human resource management. Human Resource Management, 62(3), 251–265. https://doi.org/10.1002/hrm.22169

Riyanto, D. W. U. (2025). Pengaruh Green HRM dan dukungan organisasi terhadap tingkat retensi karyawan melalui keterlibatan, kepuasan kerja, dan komitmen afektif di UKM manufaktur. Jurnal Manajerial, 12(02), 357–377. https://doi.org/10.30587/jurnalmanajerial.v12i02.9662

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License

Sadiq, M., et al. (2021). Future greener seaports: A review of new infrastructure, challenges, and energy efficiency measures. IEEE Access, 9, 75568–75587.

Shahid, S., Kaur, K., Patel, P., Kumar, S., & Prikshat, V. (2025). Integrating sustainable development goals into HRM in emerging markets. International Journal of Manpower, 46(4), 792–815. https://doi.org/10.1108/IJM-01-2024-0075

Soulami, M., Benchekroun, S., & Galiulina, A. (2024). Exploring how AI adoption in the workplace affects employees: A bibliometric and systematic review. Frontiers in Artificial Intelligence, 7, 1473872. https://doi.org/10.3389/frai.2024.1473872

Sukaris, S., & Kirono, I. (2025). Digital transformation for sustainable village tourism. Jurnal Manajerial, 12(01), 108–124. https://doi.org/10.30587/jurnalmanajerial.v12i01.9447

Theotokas, I. N., Lagoudis, I. N., & Raftopoulou, K. (2024). Challenges of maritime human resource management for the transition to shipping digitalization. Journal of Shipping and Trade, 9. https://doi.org/10.1186/s41072-024-00165-0

Valtonen, A., Saunila, M., Ukko, J., Treves, L., & Ritala, P. (2025). AI and employee wellbeing in the workplace: An empirical study. Journal of Business Research, 199, 115584. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2025.115584

Copyright© Creative Commons Attribution 4.0 International License