

Manajemen Risiko: Adaptasi Teknologi dalam Berbagai Sektor Industri di Masa Depan

¹Posma Sariguna Johnson Kennedy

¹Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta

E-mail: ¹posmahutasoit@gmail.com

ABSTRAK

Manajemen risiko mengalami transformasi signifikan seiring perkembangan teknologi digital. Penggunaan analitik data, kecerdasan bisnis, dan kecerdasan buatan telah mengubah pendekatan organisasi dalam mengidentifikasi dan merespons risiko. Paper ini membahas bagaimana tren manajemen risiko bergerak ke arah yang lebih proaktif, adaptif, dan berbasis teknologi, serta mengulas penerapannya dalam sektor-sektor strategis seperti perbankan, konstruksi, keberlanjutan, dan keselamatan industri. Hasil analisis menunjukkan perlunya pendekatan menyeluruh dan kolaboratif untuk membangun sistem manajemen risiko yang responsif terhadap kompleksitas dan ketidakpastian di masa depan.

Kata kunci: Manajemen risiko; teknologi digital; kecerdasan buatan; ketidakpastian strategis; ketahanan organisasi

ABSTRACT

Risk management has undergone a significant transformation alongside the evolution of digital technologies. The adoption of data analytics, business intelligence, and artificial intelligence has reshaped how organizations identify and respond to risks. This paper examines the shift in risk management trends toward more proactive, adaptive, and technology-driven approaches, and reviews their implementation in strategic sectors such as banking, construction, sustainability, and industrial safety. The findings underscore the necessity of a comprehensive and collaborative framework to develop risk management systems capable of addressing future complexity and uncertainty.

Keyword: risk management; digital technologies; artificial intelligence; strategic uncertainty; organizational resilience.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital saat ini telah mempercepat transformasi cara organisasi mengelola risiko. Organisasi di berbagai sektor menghadapi lanskap risiko yang semakin kompleks dan saling terkait — mulai dari ancaman siber, gangguan rantai pasok, hingga risiko fisik dari perubahan iklim — sehingga pendekatan tradisional yang reaktif tidak lagi memadai. Transformasi digital menuntut manajemen risiko menuju

praktik yang lebih proaktif dan berbasis data: analitik prediktif, kecerdasan buatan (AI), dan platform pengawasan real-time memungkinkan deteksi dini, pemodelan skenario, dan respons yang lebih cepat sekaligus terukur. (Nguyen, 2024).

Perpindahan paradigma ini menuntut organisasi untuk mengintegrasikan manajemen ketidakpastian ke dalam strategi korporat, bukan sekadar mengurangi kerugian. Dengan perspektif strategis, organisasi dapat mengubah paparan risiko menjadi peluang inovasi —

misalnya menggunakan data operasional untuk menciptakan produk/layanan baru atau mengoptimalkan proses internal. Namun, keberhasilan transformasi tersebut bergantung pada tata kelola data, kesiapan organisasi, dan kerangka regulasi yang jelas agar inovasi tidak menimbulkan risiko baru yang tidak terkelola. (Garschagen et al., 2021).

Dalam sektor-sektor spesifik terlihat pergeseran fokus penelitian dan praktik. Di sektor perbankan, studi bibliometrik menunjukkan perluasan fokus dari risiko kredit tradisional ke risiko operasional, likuiditas, risiko siber, dan risiko terkait perubahan iklim — yang menuntut adopsi alat analitik canggih dan perbaikan tata kelola risiko terpadu. Upaya ini menekankan sinergi antara kontrol internal dan teknologi analitik untuk mengelola eksposur yang semakin dinamis. (Nguyen, 2024).

Bidang konstruksi menampilkan klaster penelitian yang jelas: manajemen risiko proyek, enterprise risk management pada level perusahaan konstruksi, dan praktik terbaik pelaksanaan proyek untuk memastikan keberhasilan waktu-biaya-kualitas. Literatur mutakhir juga menyoroti peran AI, digital twin, dan BIM untuk meningkatkan identifikasi risiko, prediksi delay, dan pengambilan keputusan berbasis data dalam siklus proyek. Integrasi ini mendorong pendekatan manajemen risiko yang lebih adaptif dan real-time. (Al Qudah et al., 2024; Chenya et al., 2022).

Dalam konteks keselamatan proses industri, digitalisasi—termasuk Internet of Things (IoT), sensor cerdas, dan machine learning—memungkinkan teknik penilaian risiko prediktif yang dapat meningkatkan pencegahan insiden dan kesiapsiagaan operasional. Perhatian penting di sini adalah bahwa beberapa review awal tentang “masa depan keselamatan proses” telah ditarik (retracted), sehingga peneliti dan praktisi harus hati-hati memilih sumber dan lebih mengutamakan literatur yang tervalidasi;

alternatif yang tervalidasi meliputi tinjauan buku dan artikel akademik yang membahas penerapan machine learning dan AI dalam keselamatan proses industri. (catatan verifikasi: lihat retraction notice / sumber alternatif).

Selain teknologi, aspek non-teknis tetap krusial: kerangka regulasi, etika penggunaan data dan AI, kapasitas SDM, serta tata kelola lintas fungsi. Di ranah perencanaan adaptasi iklim, misalnya, studi menunjukkan bahwa dokumen perencanaan nasional sering mengakui tren risiko masa depan tetapi hanya sedikit yang melakukan evaluasi strategis komprehensif terhadap eksposur sosial-ekonomi dan kerentanan — celah yang dapat menyebabkan underestimate kebutuhan adaptasi jangka panjang. Oleh karena itu, penilaian risiko perlu menggabungkan proyeksi jangka panjang dan analisis lintas sektor untuk menghasilkan kebijakan adaptasi yang responsif. (Garschagen et al., 2021).

Temuan lintas sektor menggarisbawahi kebutuhan akan tiga pilar integratif: (1) adopsi teknologi canggih untuk deteksi dan prediksi; (2) penguatan tata kelola, regulasi, dan etika; serta (3) pendekatan lintas fungsi yang menggabungkan perspektif keuangan, teknis, dan sosial. Kombinasi ketiganya meningkatkan ketahanan organisasi terhadap guncangan dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih terinformasi dan berkelanjutan. (Al Qudah et al., 2024; Chenya et al., 2022; Di Gangi et al., 2023).

Berdasarkan sintesis tersebut, penelitian ini merekomendasikan agenda riset dan praktik untuk masa depan: (a) pengembangan model hybrid manusia-mesin untuk pengambilan keputusan risiko; (b) penelitian transdisipliner yang memasukkan faktor sosial-ekonomi dalam pemodelan risiko iklim dan ketahanan; (c) studi etika dan regulasi AI khusus pada manajemen risiko; serta (d) pengujian lapangan platform pengawasan real-time yang menggabungkan data

sensor, model prediktif, dan mekanisme tata kelola. Agenda ini dirancang agar hasil riset dapat langsung diterapkan oleh pembuat kebijakan dan praktisi industri untuk memperkuat ketahanan dan mendorong inovasi yang bertanggung jawab. (Nguyen H. D., 2022; Micán et al., 2020).

Secara ringkas, evolusi manajemen risiko di era digital adalah proses multi-dimensi: teknologi memberi kapabilitas baru, tetapi efektivitasnya bergantung pada tata kelola, kesiapan organisasi, dan keberpihakan kebijakan. Penelitian ini menyediakan peta konseptual yang menggabungkan bukti empiris dan rekomendasi praktis agar organisasi tidak hanya bertahan dari gangguan, tetapi juga memanfaatkan perubahan sebagai momentum inovasi dan pertumbuhan yang berkelanjutan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Manajemen risiko telah berevolusi dari fungsi operasional yang bersifat protektif menjadi disiplin strategis yang multidimensi. Transformasi ini dipercepat oleh perkembangan teknologi digital yang memungkinkan analitik prediktif, kecerdasan buatan (*artificial intelegant* - AI), dan pemantauan real-time, sehingga organisasi dapat beralih dari pendekatan reaktif ke pendekatan proaktif dalam mendeteksi dan merespons ancaman. Perubahan tersebut menuntut penguatan tata kelola, kompetensi sumber daya manusia, dan kerangka regulasi untuk menjamin pemanfaatan teknologi yang aman dan etis (Nguyen, 2024; Shrestha et al., 2022).

Di sektor perbankan, literatur bibliometrik menunjukkan pergeseran perhatian dari risiko kredit tradisional ke isu-isu baru seperti risiko siber, likuiditas, integrasi fintech, dan risiko terkait perubahan iklim. Pendekatan yang efektif menggabungkan teknologi prediktif dengan penguatan kontrol internal dan program pengembangan kapasitas

karyawan untuk menjaga ketahanan operasional dalam kondisi volatilitas tinggi (Nguyen, 2024; Kedarya et al., 2023).

Perencanaan adaptasi iklim tingkat nasional masih menghadapi tantangan metodologis: banyak dokumen kebijakan lebih menekankan pada data historis daripada proyeksi eksposur sosial-ekonomi masa depan, sehingga perencanaan adaptasi berisiko meremehkan kebutuhan jangka panjang. Oleh karena itu, integrasi analisis proyektif dan evaluasi kerentanan lintas-sektor perlu ditingkatkan dalam proses perencanaan adaptasi nasional (Garschagen et al., 2021).

Di industri konstruksi, studi-studi mengelompokkan fokus penelitian ke tiga klaster utama—manajemen proyek, manajemen risiko perusahaan, dan praktik terbaik untuk keberhasilan proyek—dan mencatat peningkatan pesat publikasi sejak dekade terakhir. Penggunaan machine learning, Building Information Modeling (BIM), dan digital twin telah terbukti meningkatkan kemampuan prediksi gangguan jadwal dan risiko keselamatan kerja, sehingga mendorong manajemen risiko yang lebih adaptif dan berbasis data (Al Qudah et al., 2024; Liao et al., 2022; Ali et al., 2022).

Pada tingkat portofolio, integrasi mitigasi risiko dengan tujuan bisnis jangka panjang menjadi penentu keberhasilan investasi dan kelangsungan organisasi. Pendekatan semacam ini menuntut koordinasi antara fungsi risiko, perencanaan strategis, dan pemangku kepentingan eksternal agar kebijakan mitigasi tidak hanya menekan eksposur tetapi juga mendukung tujuan keberlanjutan. (Micán et al., 2021; Shrestha et al., 2022).

Penerapan teknologi dalam keselamatan proses industri—termasuk sensor *internet of think* (IoT) dan algoritma pembelajaran mesin—menunjukkan potensi besar untuk penilaian risiko prediktif dan pencegahan

insiden. Namun, beberapa publikasi besar pada topik ini perlu diverifikasi karena ada laporan koreksi atau retraction pada sebagian kecil studi; oleh karena itu praktisi disarankan mengutamakan sumber yang tervalidasi dan kajian sistematis yang komprehensif. (Di Gangi et al., 2023; Catatan: Abedsoltan et al., 2024 — retracted).

Manajemen risiko juga berkembang menjadi instrumen untuk mengakselerasi agenda keberlanjutan: produk asuransi hijau dan penerapan prinsip ESG menunjukkan bagaimana fungsi risiko dapat sekaligus melindungi organisasi dan mendorong praktik bisnis yang berkelanjutan. Integrasi dimensi lingkungan dan sosial ke dalam kerangka risiko memperkuat daya tahan jangka panjang organisasi terhadap guncangan eksternal. (Nobanee et al., 2021; Shrestha et al., 2022).

Di sektor publik, praktik manajemen risiko seringkali masih bersifat reaktif dan administratif. Penguatan kapasitas profesional, integrasi manajemen risiko dalam siklus perencanaan kebijakan, dan mekanisme koordinasi antar-lembaga diperlukan untuk membangun tata kelola risiko publik yang proaktif dan berkelanjutan. (Bracci et al., 2021).

Berdasarkan sintesis literatur, agenda rekomendasi penelitian dan praktik meliputi: (1) pengembangan model hybrid manusia-mesin untuk pengambilan keputusan risiko; (2) penelitian transdisipliner yang memasukkan variabel sosial-ekonomi dalam pemodelan risiko iklim; (3) kajian etika dan regulasi AI khusus untuk aplikasi manajemen risiko; serta (4) uji lapangan platform pemantauan real-time yang mengintegrasikan data sensor, model prediktif, dan mekanisme tata kelola. Agenda ini diharapkan menghasilkan rekomendasi yang aplikatif bagi pembuat kebijakan dan praktisi industri untuk memperkuat ketahanan dan mendorong inovasi yang bertanggung jawab (Nguyen

H. D., 2022; Micán et al., 2021; Di Gangi et al., 2023).

Secara keseluruhan, manajemen risiko di era digital menuntut sinergi antara kapabilitas teknologi, tata kelola yang kuat, dan pendekatan lintas-fungsi agar organisasi tidak hanya dapat mengurangi kerugian, tetapi juga memanfaatkan perubahan sebagai peluang inovasi dan pertumbuhan berkelanjutan (Nguyen, 2024; Shrestha et al., 2022).

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif berupa analisis literatur. Studi ini menerapkan pendekatan *systematic literature review* (SLR) untuk memetakan perkembangan manajemen risiko di sektor perbankan, konstruksi, keberlanjutan, dan industri selama lima tahun terakhir. Pendekatan gabungan ini memungkinkan sintesis kualitatif atas temuan utama sekaligus pemetaan kuantitatif klaster topik dan jejaring sitasi (Donthu et al., 2021).

Metode ini dipilih untuk mengidentifikasi tren, topik dominan, dan *gap* penelitian yang ada dalam literatur terkait manajemen risiko. Data yang digunakan dalam analisis ini mencakup artikel-artikel ilmiah yang diterbitkan dalam jurnal-jurnal terkemuka selama periode lima tahun terakhir. Tahap-tahap SLR mengikuti pedoman PRISMA 2020 menggunakan bantuan platform *AI Elicit*.

Strategi pencarian menggunakan database terindeks (seperti *Scopus* dan *Web of Science*) serta platform penerbit bereputasi bila relevan (misalnya MDPI). Kata kunci difokuskan pada variasi istilah inti seperti “*risk management*”, “*bank**”, “*construction*”, “*climate adaptation*”, “*AI*”, dan “*decision support*”; semua *query*, tanggal pencarian, dan jumlah hasil dicatat (Elsevier, 2023; Clarivate, n.d.).

Seleksi dilakukan melalui: *title–abstract screening* diikuti *full-text screening*. Dua penilai independen melakukan penyaringan dan perbedaan

diselesaikan oleh arbitrator ketiga; alur seleksi dilaporkan dengan diagram PRISMA untuk menjamin replikasi dan keterbukaan metodologis (Page et al., 2021).

Dari artikel terpilih diekstrak metadata, karakteristik metodologis, tema/variabel utama, serta metrik bibliometrik (sitasi, kata kunci, afiliasi). Penilaian kualitas studi diterapkan menggunakan checklist yang sesuai jenis studi agar sintesis berbasis pada literatur bermutu (Donthu et al., 2021).

4. PEMBAHASAN

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi telah memungkinkan organisasi untuk mengelola risiko dengan pendekatan yang lebih canggih. Penggunaan data real-time dan kecerdasan buatan memungkinkan deteksi risiko secara dini serta pengambilan keputusan yang lebih tepat. Teknologi ini menjadikan manajemen risiko tidak lagi bersifat reaktif, melainkan sebagai alat strategis untuk mendukung pertumbuhan bisnis dan inovasi. Salah satu manfaat utama dari teknologi adalah kemampuan prediktifnya dalam memetakan potensi risiko sebelum berdampak signifikan. Di sisi lain, penerapan teknologi juga memperkuat sistem keamanan digital yang semakin penting di era serangan siber dan kebocoran data yang terus meningkat.

Risk Management in Banking

Penelitian mengenai manajemen risiko di sektor perbankan telah mengalami perkembangan yang signifikan seiring dengan meningkatnya kompleksitas risiko yang dihadapi oleh industri ini. Studi oleh Nguyen (2024) memberikan gambaran evolusi dan arah masa depan dari riset manajemen risiko perbankan melalui pendekatan bibliometrik. Penelitian ini menelusuri berbagai tren publikasi ilmiah yang berkaitan dengan manajemen risiko perbankan dari waktu ke waktu,

mengidentifikasi topik-topik dominan yang menjadi fokus kajian akademik serta mengungkapkan transformasi pendekatan teoretis maupun metodologis dalam studi-studi tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perhatian akademik terhadap topik ini terus meningkat, dengan isu-isu terkini seperti risiko siber, risiko likuiditas, serta integrasi teknologi keuangan (fintech) menjadi pusat perhatian dalam dua dekade terakhir. Nguyen juga menyoroti pentingnya kolaborasi lintas disiplin dalam pengembangan kajian manajemen risiko di sektor perbankan, serta perlunya pembaruan kerangka kerja manajerial untuk menanggapi dinamika risiko yang kian kompleks.

Lebih lanjut, Kedarya et al. (2023) membahas secara komprehensif berbagai strategi yang diterapkan sektor perbankan untuk menghadapi tantangan risiko yang muncul akibat dinamika eksternal dan internal. Penelitian ini menekankan bahwa sektor perbankan saat ini tidak hanya dihadapkan pada risiko tradisional seperti kredit, pasar, dan operasional, tetapi juga pada tantangan baru seperti risiko regulasi, teknologi digital, serta perubahan perilaku konsumen. Untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut, Kedarya dan timnya mengidentifikasi sejumlah strategi manajemen risiko yang adaptif dan responsif. Strategi-strategi tersebut mencakup penguatan kerangka kerja tata kelola risiko, pemanfaatan teknologi digital seperti kecerdasan buatan untuk deteksi dini risiko, serta peningkatan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan berkelanjutan. Penelitian ini juga menekankan pentingnya pendekatan yang holistik dan berbasis data dalam pengambilan keputusan risiko, serta perlunya integrasi antara manajemen risiko dan perencanaan strategis bank agar mampu bertahan dalam lingkungan yang volatil dan tidak pasti.

Kedua studi tersebut secara sinergis menunjukkan bahwa manajemen risiko di

sektor perbankan telah mengalami evolusi dari pendekatan reaktif ke arah yang lebih proaktif dan strategis. Nguyen (2024) menunjukkan perkembangan akademis dan konseptual yang membentuk landasan teoritis bagi manajemen risiko perbankan, sedangkan Kedarya et al. (2023) menyajikan aplikasi praktis dari strategi-strategi tersebut dalam konteks kelembagaan. Kombinasi keduanya memberikan gambaran utuh tentang bagaimana teori dan praktik manajemen risiko saling mengisi dalam upaya meningkatkan ketahanan dan keberlanjutan sektor perbankan di tengah tantangan global yang terus berkembang. Oleh karena itu, riset lanjutan dalam bidang ini perlu terus didorong, tidak hanya untuk memperkuat pengambilan keputusan berbasis risiko, tetapi juga untuk menciptakan sistem keuangan yang lebih tangguh dan adaptif di masa depan.

Risk Management in Construction

Penelitian mengenai manajemen risiko dalam sektor konstruksi telah berkembang pesat selama beberapa dekade terakhir, seiring dengan meningkatnya kompleksitas proyek konstruksi dan dinamika lingkungan eksternal yang memengaruhi keberhasilan proyek. Kajian bibliometrik yang dilakukan oleh Al Qudah et al. (2024) memberikan pemetaan sistematis terhadap literatur manajemen risiko di sektor konstruksi. Penelitian ini mengidentifikasi tren publikasi, penulis dan institusi berpengaruh, serta topik-topik utama yang menjadi perhatian dalam riset manajemen risiko konstruksi. Temuan mereka menunjukkan bahwa fokus utama literatur mencakup risiko biaya, waktu, keselamatan kerja, dan keberlanjutan. Selain itu, terdapat peningkatan signifikan dalam jumlah publikasi sejak awal 2000-an, yang mencerminkan urgensi dan pentingnya topik ini dalam konteks manajemen proyek secara global.

Dalam upaya memahami pendekatan mutakhir dalam manajemen risiko

konstruksi, Liao et al. (2022) melakukan tinjauan sistematis literatur mengenai penerapan kecerdasan buatan dan teknologi cerdas lainnya dalam mengelola risiko proyek konstruksi. Studi ini menggarisbawahi bahwa teknologi seperti machine learning, data analytics, dan sistem pendukung keputusan telah digunakan untuk meningkatkan akurasi prediksi risiko dan efektivitas respons terhadap risiko. Implementasi teknologi cerdas ini berkontribusi terhadap efisiensi proses pengambilan keputusan, peningkatan keselamatan kerja, dan pengurangan biaya yang berkaitan dengan keterlambatan atau kesalahan dalam manajemen proyek. Penelitian ini merekomendasikan penguatan kolaborasi multidisipliner dan pengembangan sistem manajemen risiko berbasis data real-time sebagai arah riset masa depan.

Sejalan dengan pendekatan kuantitatif terhadap literatur, Osei-Kyei et al. (2022) menyajikan analisis scientometric yang menyoroti perkembangan dan distribusi geografis riset manajemen risiko konstruksi. Studi ini memperlihatkan bahwa sebagian besar riset berasal dari negara-negara berkembang, di mana risiko proyek konstruksi cenderung lebih tinggi karena ketidakpastian ekonomi, regulasi yang lemah, dan keterbatasan sumber daya. Analisis ini juga menemukan bahwa terdapat pergeseran dari fokus risiko teknis dan finansial menuju risiko sosial dan lingkungan, khususnya dalam proyek pembangunan infrastruktur besar dan berkelanjutan. Hal ini mencerminkan perlunya strategi manajemen risiko yang lebih inklusif dan kontekstual sesuai dengan lokasi dan jenis proyek.

Dalam cakupan yang lebih luas, Micán et al. (2021) mengkaji manajemen risiko pada tingkat portofolio proyek konstruksi melalui tinjauan literatur yang terstruktur. Mereka menyoroti bahwa pengelolaan risiko tidak hanya relevan pada level proyek tunggal, tetapi juga penting pada level portofolio, di mana berbagai proyek

saling berinteraksi dan berbagi sumber daya. Penelitian ini menegaskan perlunya pendekatan sistemik dan integratif dalam pengelolaan risiko di tingkat portofolio, termasuk pemanfaatan perangkat lunak manajemen risiko dan integrasi antara strategi mitigasi risiko dengan tujuan bisnis jangka panjang. Studi ini juga memberikan arahan riset masa depan terkait pentingnya transparansi informasi dan analisis ketergantungan antarproyek dalam manajemen portofolio.

Dalam konteks konstruksi berkelanjutan, Nguyen et al. (2022) melakukan tinjauan literatur terkait manajemen risiko pada bangunan hijau. Studi ini menyoroti bahwa proyek bangunan hijau menghadapi risiko unik seperti ketidakpastian teknologi ramah lingkungan, kurangnya tenaga ahli, serta kompleksitas perizinan dan standar keberlanjutan yang bervariasi. Penelitian ini menekankan pentingnya pengembangan model manajemen risiko yang spesifik untuk proyek bangunan hijau, termasuk penilaian risiko sejak tahap perencanaan dan keterlibatan pemangku kepentingan secara aktif. Penelitian ini juga menggarisbawahi perlunya integrasi antara pengetahuan teknis dan pendekatan manajerial dalam menciptakan proyek yang berkelanjutan sekaligus tahan terhadap risiko.

Terakhir, Zhao (2022) menggunakan metode historiografi dan analisis ko-occurrence kata kunci untuk memetakan evolusi penelitian manajemen risiko konstruksi. Penelitian ini menggambarkan perkembangan topik-topik utama sejak 1990-an hingga 2020-an, termasuk transisi dari pendekatan konvensional menuju penggunaan teknologi informasi dan digitalisasi dalam pengelolaan risiko. Selain itu, terdapat peningkatan perhatian terhadap faktor-faktor sosial, lingkungan, dan kebijakan dalam manajemen risiko. Zhao merekomendasikan peningkatan interdisiplineritas dalam riset serta penguatan basis data dan penggunaan alat analisis bibliometrik lanjutan untuk

memahami hubungan antara konsep-konsep manajemen risiko yang terus berkembang.

Secara keseluruhan, keenam studi tersebut memberikan pemahaman yang menyeluruh mengenai dinamika, tren, dan arah masa depan manajemen risiko dalam proyek konstruksi. Dari pendekatan bibliometrik, scientometrik, sistematis hingga tematik khusus seperti bangunan hijau dan portofolio proyek, semua penelitian ini menekankan pentingnya inovasi teknologi, integrasi manajemen, dan kontekstualisasi strategi risiko dalam menjawab tantangan sektor konstruksi modern.

Sustainability and Green Risk Management

Penelitian mengenai *sustainability* dan *green risk management* semakin memperoleh perhatian seiring meningkatnya urgensi global terhadap keberlanjutan lingkungan dan sosial dalam sektor keuangan serta sektor lainnya. Dua studi penting yang mewakili perkembangan ini adalah penelitian oleh Nobanee et al. (2021) dan Shrestha et al. (2022), yang sama-sama menyoroti peran penting manajemen risiko dalam mendukung agenda keberlanjutan, namun dari pendekatan yang berbeda.

Penelitian Nobanee et al. (2021) berjudul "*Green and Sustainable Life Insurance: A Bibliometric Review*", menyajikan analisis bibliometrik komprehensif terhadap literatur yang berkaitan dengan asuransi jiwa berkelanjutan dan ramah lingkungan. Studi ini mengkaji tren publikasi, jaringan kolaborasi, dan tema utama yang berkembang dalam literatur terkait. Ditemukan bahwa topik ini mengalami pertumbuhan signifikan dalam dekade terakhir, didorong oleh tuntutan terhadap praktik keuangan berkelanjutan dan ekspektasi konsumen terhadap tanggung jawab sosial perusahaan asuransi. Fokus utama riset dalam bidang ini antara lain mencakup integrasi prinsip-prinsip ESG

(*Environmental, Social, and Governance*), inovasi produk asuransi hijau, serta keterlibatan perusahaan dalam inisiatif keberlanjutan. Penelitian ini menegaskan bahwa asuransi berkelanjutan tidak hanya berfungsi sebagai alat perlindungan risiko finansial, tetapi juga sebagai katalisator untuk investasi dan perilaku berkelanjutan. Nobanee et al. merekomendasikan peningkatan integrasi manajemen risiko berbasis keberlanjutan dalam praktik asuransi, serta penguatan kerja sama lintas disiplin antara akademisi, regulator, dan pelaku industri.

Sementara itu, studi oleh Shrestha, A., et al. (2022) dalam artikelnya yang berjudul "*Risk Management as a Tool for Sustainability*" mengkaji bagaimana manajemen risiko dapat dimanfaatkan secara strategis untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini menekankan bahwa pendekatan manajemen risiko konvensional perlu diperluas agar mampu mencakup dimensi lingkungan dan sosial, selain aspek ekonomi. Melalui pendekatan konseptual, penulis menunjukkan bahwa keberlanjutan dan manajemen risiko seharusnya dipandang sebagai proses yang saling terkait dan saling mendukung, bukan sebagai entitas yang terpisah. Implementasi manajemen risiko yang berkelanjutan melibatkan identifikasi risiko yang berasal dari perubahan iklim, penipisan sumber daya alam, serta tekanan sosial dan etika, lalu menyesuaikan strategi mitigasi untuk mengatasi risiko-risiko tersebut secara holistik. Studi ini menggarisbawahi pentingnya membangun sistem pengambilan keputusan yang responsif dan adaptif, serta mendorong integrasi sustainability sebagai parameter utama dalam penilaian risiko di berbagai sektor, khususnya dalam manajemen proyek, rantai pasok, dan perencanaan korporasi.

Kedua studi tersebut secara bersamaan memperluas cakrawala pemahaman tentang bagaimana prinsip keberlanjutan

dapat terintegrasi ke dalam sistem manajemen risiko yang selama ini cenderung berfokus pada risiko ekonomi dan operasional semata. Nobanee et al. berkontribusi dalam konteks sektoral spesifik, yaitu asuransi, sedangkan Shrestha et al. memberikan kerangka konseptual lintas sektor yang lebih umum dan aplikatif. Keduanya sepakat bahwa untuk mencapai keberlanjutan jangka panjang, institusi harus mengadopsi paradigma manajemen risiko yang proaktif, sistemik, dan berbasis nilai keberlanjutan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dan praktis dalam mendukung transformasi kebijakan dan praktik bisnis menuju arah yang lebih berkelanjutan dan bertanggung jawab secara sosial dan ekologis.

Decision Support Systems and Technology in Risk Management

Penelitian yang dilakukan oleh Di Gangi et al. (2023) memberikan tinjauan menyeluruh terhadap evolusi sistem pendukung keputusan (*Decision Support Systems* atau DSS) dalam konteks manajemen risiko, khususnya pada situasi darurat. Kajian ini mengelompokkan literatur berdasarkan periode waktu dan menunjukkan bagaimana DSS berkembang dari sistem berbasis aturan sederhana menjadi platform berbasis kecerdasan buatan yang kompleks. Para penulis menekankan bahwa DSS memainkan peran kunci dalam mendukung pengambilan keputusan di tengah ketidakpastian tinggi, seperti dalam bencana alam, kecelakaan industri, dan krisis kesehatan masyarakat. Kajian ini juga mengidentifikasi tren masa depan yang melibatkan integrasi teknologi big data, pemodelan prediktif, dan antarmuka pengguna yang lebih adaptif sebagai arah utama pengembangan DSS dalam manajemen risiko. Dengan pendekatan bibliometrik dan sistematis, studi ini memperlihatkan adanya peningkatan signifikan dalam jumlah publikasi dan

kompleksitas teknologi DSS selama dua dekade terakhir.

Sementara itu, Abedsoltan et al. (2024) menawarkan perspektif strategis terhadap masa depan keselamatan proses (*process safety*) dengan menyoroti peran teknologi dan pendekatan baru dalam mengelola risiko industri. Dalam artikelnya, para penulis memetakan evolusi keselamatan proses dari sistem berbasis kepatuhan menuju model prediktif berbasis data. Teknologi seperti *machine learning*, sistem cyber-fisik, dan integrasi real-time antara sistem sensor dan pengambilan keputusan diproyeksikan sebagai masa depan keselamatan industri. Studi ini juga mengangkat pentingnya budaya keselamatan dan kolaborasi lintas fungsi sebagai faktor non-teknis yang berperan penting dalam efektivitas sistem keselamatan. Abedsoltan et al. mengajukan bahwa keselamatan proses harus direkonseptualisasikan sebagai bagian dari sistem adaptif yang terus belajar dan merespons perubahan kondisi lingkungan industri.

Penelitian yang dilakukan oleh Ali et al. (2022) berfokus pada interaksi antara kolaborasi dan manajemen risiko dalam konteks penggunaan *Building Information Modelling* (BIM) pada proyek konstruksi. Melalui tinjauan literatur sistematis, studi ini mengidentifikasi bahwa penerapan BIM mampu mengurangi risiko konstruksi secara signifikan, terutama yang berkaitan dengan kesalahan desain, konflik informasi antar pemangku kepentingan, serta keterlambatan proyek. Salah satu temuan penting adalah bahwa efektivitas manajemen risiko berbasis BIM sangat bergantung pada kualitas kolaborasi antar aktor proyek. Ketika komunikasi dan kepercayaan terbangun secara efektif, BIM dapat berfungsi sebagai sistem pendukung keputusan yang memungkinkan simulasi risiko secara real-time dan proyeksi skenario alternatif. Penelitian ini juga merekomendasikan integrasi sistem manajemen proyek berbasis cloud dan teknologi realitas

virtual sebagai pelengkap dalam memaksimalkan potensi BIM dalam mendukung pengambilan keputusan risiko.

Secara keseluruhan, ketiga studi ini menunjukkan bahwa sistem pendukung keputusan dan teknologi digital memainkan peran yang semakin penting dalam memperkuat kapasitas manajemen risiko, baik dalam konteks kedaruratan, keselamatan industri, maupun konstruksi. Transformasi digital mendorong pergeseran paradigma dari manajemen risiko yang reaktif menjadi lebih prediktif, kolaboratif, dan terotomatisasi, dengan potensi signifikan untuk meningkatkan ketangguhan organisasi terhadap ancaman yang kompleks dan dinamis (Di Gangi et al., 2023; Abedsoltan et al., 2024; Ali et al., 2022).

National Adaptation and Public Sector Risk Management

Penelitian yang dilakukan oleh Garschagen et al. (2021) berjudul "*The consideration of future risk trends in national adaptation planning: Conceptual gaps and empirical lessons*" membahas secara mendalam tentang bagaimana tren risiko masa depan telah dipertimbangkan dalam perencanaan adaptasi nasional di berbagai negara. Penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat kesadaran akan pentingnya memasukkan tren risiko jangka panjang—seperti perubahan iklim, urbanisasi cepat, dan degradasi lingkungan—ke dalam perencanaan adaptasi, dalam praktiknya integrasi tersebut masih minim. Peneliti mengidentifikasi adanya kesenjangan konseptual dalam pendekatan kebijakan dan implementasi di mana proyeksi risiko masa depan tidak sepenuhnya diintegrasikan dalam dokumen adaptasi nasional. Salah satu temuan utama adalah bahwa banyak negara masih menggunakan pendekatan berbasis risiko historis tanpa memanfaatkan data atau model proyeksi untuk membangun ketahanan jangka panjang. Studi ini

menekankan perlunya kerangka kerja konseptual yang lebih kuat serta kapasitas kelembagaan yang ditingkatkan agar negara-negara dapat menyelaraskan perencanaan adaptasi dengan dinamika risiko yang terus berubah di masa depan (Garschagen et al., 2021).

Sementara itu, Bracci et al. (2021) dalam penelitiannya yang berjudul "*Risk management in the public sector: a structured literature review*", mengkaji literatur terkait manajemen risiko di sektor publik dengan pendekatan sistematis. Penelitian ini menyoroti bahwa sektor publik menghadapi tekanan yang semakin kompleks, termasuk tuntutan transparansi, efisiensi, serta risiko sosial dan politik yang tinggi. Hasil telaah menunjukkan bahwa meskipun praktik manajemen risiko di sektor publik semakin berkembang, penerapannya masih sangat bervariasi antar negara dan institusi, tergantung pada budaya organisasi, peraturan nasional, dan dukungan kelembagaan. Studi ini juga mengungkapkan bahwa manajemen risiko di sektor publik sering kali bersifat reaktif dan lebih fokus pada kepatuhan administratif daripada sebagai alat strategis dalam pengambilan keputusan. Bracci et al. menekankan pentingnya

pergeseran paradigma menuju pendekatan manajemen risiko yang lebih proaktif, kolaboratif, dan berbasis pada bukti. Untuk itu, mereka menyarankan perlunya penguatan kompetensi profesional dan integrasi sistem manajemen risiko ke dalam proses perencanaan dan evaluasi kebijakan publik (Bracci et al., 2021).

Secara keseluruhan, kedua penelitian ini menggarisbawahi pentingnya penguatan manajemen risiko, baik pada level nasional dalam konteks adaptasi terhadap tren risiko masa depan maupun di dalam lembaga-lembaga sektor publik yang menjadi aktor kunci dalam implementasi kebijakan. Ketidaksiapan dalam mengantisipasi risiko jangka panjang dapat menyebabkan kerentanan sistemik yang tinggi, sementara kelemahan dalam manajemen risiko sektor publik dapat menghambat respons kebijakan yang efektif. Oleh karena itu, integrasi analisis risiko jangka panjang dengan kapasitas kelembagaan yang adaptif menjadi prasyarat utama dalam membangun sistem tata kelola yang tangguh.

Berikut adalah rangkuman penelitian utama dan fokusnya dalam tabel berikut ini:

Tabel 1. Agenda Fokus Manajemen Risiko

Topik	Penelitian	Fokus
Manajemen Risiko di Perbankan	<i>Nguyen (2024)</i> : Analisis evolusi dan arah masa depan riset manajemen risiko perbankan.	Fokus utama pada risiko siber, risiko likuiditas, dan integrasi fintech. Riset menekankan pentingnya kolaborasi lintas disiplin dalam manajemen risiko dan pembaruan kerangka kerja manajerial untuk menanggapi risiko yang kompleks.
	<i>Kedarya et al. (2023)</i> : Strategi adaptif manajemen risiko di sektor perbankan.	Penguatan tata kelola risiko, penggunaan teknologi digital seperti AI untuk deteksi dini risiko, dan peningkatan kapasitas SDM. Mengusulkan pengambilan keputusan berbasis data dan integrasi antara manajemen risiko dan perencanaan strategis bank.
Manajemen Risiko di Konstruksi	<i>Al Qudah et al. (2024)</i> : Bibliometrik mengenai manajemen risiko sektor konstruksi.	Fokus pada risiko biaya, waktu, keselamatan kerja, dan keberlanjutan. Peningkatan publikasi menunjukkan urgensi topik ini dalam konteks manajemen proyek konstruksi secara global.
	<i>Liao et al. (2022)</i> : Penggunaan teknologi cerdas	Teknologi seperti machine learning, data analytics, dan sistem pendukung keputusan meningkatkan efisiensi

Topik	Penelitian	Fokus
Manajemen Risiko dan Keberlanjutan	untuk manajemen risiko konstruksi.	pengambilan keputusan dan mengurangi biaya serta keterlambatan dalam proyek konstruksi.
	<i>Osei-Kyei et al. (2022):</i> Analisis distribusi geografis riset manajemen risiko konstruksi.	Pergeseran fokus dari risiko teknis dan finansial menuju risiko sosial dan lingkungan, terutama dalam proyek infrastruktur besar dan berkelanjutan. Menekankan pentingnya strategi manajemen risiko yang inklusif dan kontekstual sesuai dengan lokasi dan jenis proyek.
	<i>Nobanee et al. (2021):</i> Manajemen risiko dalam asuransi hijau dan berkelanjutan.	Fokus pada integrasi prinsip-prinsip ESG dalam asuransi berkelanjutan, inovasi produk asuransi hijau, dan tanggung jawab sosial perusahaan. Menyoroti pentingnya manajemen risiko berbasis keberlanjutan dalam industri asuransi.
	<i>Shrestha et al. (2022):</i> Penggunaan manajemen risiko untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.	Manajemen risiko harus mencakup dimensi sosial dan lingkungan selain aspek ekonomi. Pendekatan yang holistik dan berbasis nilai keberlanjutan diperlukan untuk menghadapi risiko terkait perubahan iklim dan sumber daya alam.
Sistem Pendukung Keputusan dalam Manajemen Risiko	<i>Di Gangi et al. (2023):</i> Evolusi sistem pendukung keputusan dalam manajemen risiko.	DSS berkembang dari sistem berbasis aturan menjadi platform berbasis kecerdasan buatan. Fokus pada penggunaan teknologi big data, pemodelan prediktif, dan antarmuka pengguna adaptif untuk mendukung pengambilan keputusan dalam situasi darurat.
	<i>Abedsoltan et al. (2024):</i> Teknologi dan pendekatan baru dalam keselamatan proses industri.	Penggunaan machine learning dan sistem cyber-fisik di industri, serta pentingnya budaya keselamatan dan kolaborasi lintas fungsi dalam sistem keselamatan proses yang adaptif.
	<i>Ali et al. (2022):</i> Penggunaan Building Information Modelling (BIM) dalam manajemen risiko konstruksi.	BIM mengurangi risiko desain, kesalahan informasi antar pemangku kepentingan, serta keterlambatan proyek. Memperkuat kolaborasi antar tim untuk mengelola risiko dalam proyek konstruksi dengan lebih efisien.

Implikasi Manajerial

Penerapan kerangka kerja manajemen risiko yang proaktif, adaptif, berkelanjutan, dan didukung teknologi harus menjadi pijakan strategis dalam setiap lini organisasi. Dengan mengintegrasikan AI untuk deteksi dini, memfasilitasi kolaborasi lintas fungsi, serta menyelaraskan kebijakan risiko dengan prinsip ESG, manajer dapat membangun sistem yang tidak hanya mampu merespon ancaman, tetapi juga menciptakan nilai kompetitif baru. Langkah-langkah ini selanjutnya akan menjadi dasar bagi perumusan kebijakan dan program pelatihan lanjutan yang memperkuat kesiapan organisasi menghadapi ketidakpastian di masa depan.

- 1) Evolusi Pendekatan Manajemen Risiko. Di sektor perbankan, transisi dari pendekatan reaktif ke proaktif dalam manajemen risiko menunjukkan pentingnya pengembangan kerangka kerja yang lebih adaptif dan responsif. Hal ini memerlukan peran yang lebih besar dari teknologi, seperti kecerdasan buatan untuk deteksi risiko dini dan peningkatan kapabilitas sumber daya manusia melalui pelatihan berkelanjutan. Bagi para manajer, ini berarti pentingnya berinvestasi dalam teknologi dan pelatihan untuk mempersiapkan tim menghadapi dinamika risiko yang semakin kompleks.
- 2) Strategi Adaptif di Sektor Perbankan dan Konstruksi. Pentingnya kolaborasi lintas disiplin dalam manajemen risiko. Oleh karena itu, para manajer di

kedua sektor ini perlu meningkatkan kerjasama antardivisi (seperti IT, keuangan, dan operasional) untuk menangani risiko secara lebih holistik dan terintegrasi. Di sektor konstruksi, penggunaan teknologi cerdas seperti machine learning untuk prediksi risiko dan pengelolaan proyek di tingkat portofolio juga menjadi krusial dalam pengambilan keputusan yang lebih akurat.

- 3) Manajemen Risiko Berkelanjutan. Dalam konteks keberlanjutan, perusahaan harus mengintegrasikan prinsip ESG dalam sistem manajemen risiko mereka. Untuk sektor keuangan, seperti asuransi, inovasi produk yang ramah lingkungan dapat menciptakan peluang baru sambil mengurangi eksposur terhadap risiko sosial dan lingkungan. Untuk sektor lain,

pengelolaan risiko berbasis keberlanjutan juga harus mencakup identifikasi risiko terkait perubahan iklim dan sumber daya alam, serta penyesuaian strategi mitigasi untuk mengatasi risiko tersebut secara holistik.

- 4) Teknologi dan Sistem Pendukung Keputusan. Teknologi seperti DSS yang berbasis AI dan big data memainkan peran penting dalam pengambilan keputusan di tengah ketidakpastian. Manajer harus memprioritaskan integrasi teknologi ini dalam proses pengambilan keputusan mereka untuk menghadapi situasi darurat atau risiko yang sulit diprediksi.

Berikut adalah rangkuman implikasi manajerial dalam tabel berikut ini:

Tabel 2. Tinjauan Penelitian Manajemen Risiko dan Implikasi Praktisnya

Topik Penelitian	Implikasi Manajerial	Kesimpulan
Manajemen Risiko di Sektor Perbankan	- Bank perlu mengadopsi pendekatan manajerial yang lebih adaptif dan berbasis data. - Kolaborasi lintas disiplin sangat penting untuk menangani risiko yang kompleks. - Pembaruan kerangka kerja manajerial diperlukan untuk menghadapi risiko baru.	- Manajemen risiko perbankan telah berkembang dari pendekatan reaktif ke proaktif. - Teknologi dan data menjadi kunci dalam mengelola risiko yang kompleks. - Studi lanjutan diperlukan untuk menciptakan sistem keuangan yang lebih tangguh.
Manajemen Risiko di Sektor Konstruksi	- Integrasi teknologi seperti AI dan machine learning dalam manajemen risiko perlu diperkuat. - Sistem manajemen risiko berbasis data real-time dapat meningkatkan efisiensi dan keselamatan. - Pendekatan sistemik dalam pengelolaan risiko portofolio proyek sangat penting.	- Teknologi cerdas meningkatkan akurasi prediksi risiko dan mengurangi biaya. - Strategi manajemen risiko harus sesuai dengan karakteristik lokasi dan proyek. - Pendekatan manajerial harus holistik dan kontekstual untuk menangani tantangan konstruksi.
Manajemen Risiko Berkelanjutan dan <i>Green Risk Management</i>	- Institusi perlu mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dalam manajemen risiko. - Manajemen risiko harus mencakup dimensi lingkungan dan sosial selain ekonomi. - Keberlanjutan harus menjadi parameter utama dalam pengambilan keputusan risiko.	- Manajemen risiko berkelanjutan mendukung tujuan keberlanjutan jangka panjang. - Institusi harus mengadopsi paradigma risiko yang proaktif dan berbasis nilai keberlanjutan. - Kolaborasi antara akademisi, regulator, dan industri sangat penting untuk transformasi ke praktik yang lebih berkelanjutan.

Topik Penelitian	Implikasi Manajerial	Kesimpulan
Sistem Pendukung Keputusan (DSS) dan Teknologi dalam Manajemen Risiko	- Perusahaan harus memanfaatkan DSS berbasis kecerdasan buatan dan big data untuk pengambilan keputusan risiko yang lebih baik. - Penggunaan teknologi cerdas dalam manajemen risiko situasional dan industri sangat penting. - Sistem DSS harus mampu beradaptasi dengan kondisi darurat dan bencana.	- DSS telah berkembang menjadi platform berbasis AI untuk mendukung keputusan di tengah ketidakpastian. - Teknologi baru seperti machine learning dan sistem sensor dapat meningkatkan keselamatan dan pengelolaan risiko. - Penerapan DSS dalam manajemen risiko akan terus berkembang, dengan fokus pada big data dan pemodelan prediktif.
Keamanan Proses dan Teknologi dalam Manajemen Risiko Industri	- Teknologi prediktif berbasis data harus diimplementasikan dalam keselamatan proses industri. - Budaya keselamatan dan kolaborasi lintas fungsi menjadi faktor kunci dalam efektivitas sistem keselamatan.	- Keselamatan proses harus direkonseptualisasikan sebagai bagian dari sistem adaptif. - Teknologi seperti machine learning dan sensor real-time akan menjadi masa depan keselamatan industri.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Tren manajemen risiko ke depan menunjukkan pergeseran ke arah pendekatan yang lebih proaktif, berbasis teknologi, dan terintegrasi dengan pengambilan keputusan strategis. Transformasi ini terjadi di berbagai sektor industri yang menghadapi risiko-risiko baru seiring perkembangan zaman. Untuk membangun ketahanan organisasi yang berkelanjutan, pendekatan manajemen risiko harus bersifat menyeluruh, adaptif, dan mendukung inovasi yang aman. Kolaborasi antara teknologi, regulasi, dan sumber daya manusia menjadi kunci dalam menghadapi kompleksitas risiko masa depan.

Penelitian ini mengungkapkan bahwa manajemen risiko di berbagai sektor, termasuk perbankan, konstruksi, dan keberlanjutan, terus berkembang seiring dengan semakin kompleksnya tantangan yang dihadapi. Perbankan mengarah pada pendekatan yang lebih proaktif dan berbasis data, sementara sektor konstruksi memanfaatkan teknologi cerdas untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan proyek. Keberlanjutan dan *green risk management* semakin diperhatikan, dengan penekanan pada integrasi prinsip

ESG (*environmental, sustainability, and governance*) dalam manajemen risiko. Teknologi, terutama dalam bentuk sistem pendukung keputusan, memainkan peran penting dalam pengambilan keputusan yang lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan.

Fokus utama kini beralih dari pengelolaan risiko tradisional menuju penggunaan teknologi canggih, seperti kecerdasan buatan dan *big data*, untuk mendeteksi dan mengatasi risiko lebih awal. Selain itu, integrasi prinsip keberlanjutan menjadi krusial dalam manajemen risiko modern, dengan fokus pada risiko sosial, lingkungan, dan keberlanjutan jangka panjang. Oleh karena itu, perusahaan perlu beradaptasi dengan cepat terhadap tren ini dengan meningkatkan kolaborasi antar disiplin dan berinvestasi dalam teknologi serta pelatihan yang mendukung pengelolaan risiko yang lebih responsif dan proaktif.

Saran

Berikut beberapa rekomendasi strategis untuk memperkuat manajemen risiko di era digital:

- 1) Penguatan Tata Kelola dan Kolaborasi Lintas Disiplin. Organisasi perlu memperbarui kerangka tata kelola risiko dengan memadukan keahlian TI,

data science, dan fungsi bisnis. Tim gabungan dari unit risiko, TI, hukum, dan operasional dapat merancang kebijakan respons risiko yang komprehensif serta memastikan integrasi antara manajemen risiko dan perencanaan strategis .

- 2) Investasi dalam Infrastruktur Data *Real-Time* dan Kecerdasan Buatan. Platform analitik *real-time* yang didukung AI harus diimplementasikan untuk deteksi dini anomali transaksi (fraud) dan fluktuasi pasar. Di sektor perbankan, teknologi ini membantu memitigasi risiko siber dan likuiditas sebelum berdampak besar.
- 3) Adopsi Teknologi Cerdas di Proyek Konstruksi. Pemanfaatan *internet of think (IoT)*, *machine learning*, dan *digital twins* pada proyek konstruksi memungkinkan pemantauan kondisi lapangan dan prediksi gangguan operasional. Implementasi sistem pendukung keputusan berbasis data *real-time* meningkatkan keselamatan kerja dan efisiensi jadwal proyek.
- 4) Integrasi Prinsip Keberlanjutan dalam Kerangka Manajemen Risiko. Perusahaan asuransi dan lembaga keuangan harus memasukkan kriteria ESG dalam proses penilaian risiko, baik untuk produk asuransi hijau maupun kredit ramah lingkungan. Model risiko yang mempertimbangkan dampak iklim dan sosial dapat memacu inovasi produk serta mendukung tujuan keberlanjutan jangka panjang .
- 5) Peningkatan Kapasitas Sistem Pendukung Keputusan di Sektor Publik. Pemerintah dan lembaga publik perlu mengembangkan *decision support system* (DSS) berbasis *big data* dan pemodelan prediktif untuk menghadapi bencana alam, krisis kesehatan, dan perubahan iklim. Pelatihan intensif bagi pegawai publik memperkuat kemampuan adaptasi kelembagaan dalam merespons risiko masa depan .

- 6) Pengembangan Kerangka Kerja Manajemen Risiko Portofolio. Di semua sektor, mengelola risiko pada tingkat portofolio—bukan hanya proyek tunggal—memerlukan analisis ketergantungan antar-proyek dan alokasi sumber daya yang dinamis. Penggunaan perangkat lunak portofolio risk management membantu memprioritaskan mitigasi berdasarkan dampak strategis dan ketersediaan sumber daya.

Dengan mengimplementasikan saran-saran di atas, organisasi dapat bertransformasi menuju manajemen risiko yang proaktif, berkelanjutan, dan tangguh menghadapi kompleksitas di era digital.

DAFTAR PUSTAKA

References

- Abedsoltan, H., Abedsoltan, A., & Zoghi, Z. (2024). *Future of process safety: Insights, approaches, and potential developments*. Chemical Engineering Research & Design. (Retracted — lihat notifikasi penerbit). <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2024.02.005>
- Ali, K. N., Alhajlah, H. H., & Kassem, M. A. (2022). Collaboration and risk in Building Information Modelling (BIM): A systematic literature review. *Buildings*, 12(5), 571. <https://doi.org/10.3390/buildings12050571>
- Al Qudah, S. M. A., Fuentes-Bargues, J. L., & Ferrer-Gisbert, P. S. (2024). Bibliometric analysis of the literature on risk management in the construction sector: Exploring current and future trends. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(3), Article 102843. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102843>
- Bracci, E., Tallaki, M., Gobbo, G., & Papi, L. (2021). Risk management in the public sector: A structured

- literature review. *International Journal of Public Sector Management*, 34(2), 205–223. <https://doi.org/10.1108/IJPSM-02-2020-0049>
- Di Gangi, M., Belcore, O. M., & Polimeni, A. (2023). An overview on decision support systems for risk management in emergency conditions: Present, past and future trends. *International Journal of Transport Development and Integration*, 7(1), 45–53. <https://doi.org/10.18280/ijtdi.070106>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Douthwaite, J. A., Lesage, B., Gleirscher, M., Calinescu, R., Aitken, J. M., Alexander, R., & Law, J. (2021). A modular digital twinning framework for safety assurance of collaborative robotics. *Frontiers in Robotics and AI*, 8, Article 758099. <https://doi.org/10.3389/frobt.2021.758099>
- Garschagen, M., Birkmann, J., & de Guzman, R. (2021). The consideration of future risk trends in national adaptation planning: Conceptual gaps and empirical lessons. *Climate Risk Management*, 28, 100357. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100357>
- Kedarya, T., & Elalouf, A. (2023). Risk management strategies for the banking sector to cope with the emerging challenges. *Foresight and STI Governance*, 17(3), 68–76. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.3.68.76>
- Liao, C., Aminudin, E., Mohd, S., & Yap, L. S. (2022). Intelligent risk management in construction projects: Systematic literature review. *IEEE Access*, 10, 72936–72954. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3189157>
- Micán, C., Fernandes, G., & Araújo, M. (2021). Project portfolio risk management: A structured literature review with future directions for research. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 9(2), 25–45. <https://doi.org/10.12821/IJISPM0902025>
- Nguyen, H. D., & Macchion, L. (2022). Risk management in green building: A review of the current state of research and future directions. *Environment, Development and Sustainability*, 24(8), 1791–1808. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02017-3>
- Nguyen, M. S. (2024). Evolution and future directions of banking risk management research: A bibliometric analysis. *Banks and Bank Systems*, 19(1), 102–114. [http://dx.doi.org/10.21511/bbs.19\(1\).2024.04](http://dx.doi.org/10.21511/bbs.19(1).2024.04)
- Nobanee, H., Alqubaisi, G. B., Alhameli, A., Alhammadi, N., Almasahli, S. A., & Wazir, N. (2021). Green and sustainable life insurance: A bibliometric review. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(11), 563. <https://doi.org/10.3390/jrfm14110563>
- Osei-Kyei, R., Chan, A. P. C., & Poon, T. (2022). A scientometric analysis of studies on risk management in construction projects. *Buildings*, 12(4), Article 62. <https://doi.org/10.3390/buildings12040062>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- PRISMA 2020 statement — resources. (n.d.). PRISMA 2020 statement and checklist. <https://www.prisma-statement.org/prisma-2020-statement>
- Scopus Content Coverage Guide (Elsevier). (2023). *Scopus content coverage guide (Mar 2023)*. https://assets.ctfassets.net/o78em1y1w4i4/EX1iy8VxBeQKf8aN2XzOp/c36f79db25484cb38a5972ad9a5472ec/Scopus_ContentCoverage_Guide_WEB.pdf
- Web of Science Help (Clarivate). (n.d.). Search rules & advanced search. <https://webofscience.help.clarivate.com/>
- Wang, Q. (Ed.). (2022). *Machine learning in chemical safety and health: Fundamentals with applications*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119817512>
- Zhao, X. (2022). Evolution of construction risk management research: Historiography and keyword co-occurrence analysis. *Engineering, Construction and Architectural Management*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2022-0853>