

Pendekatan Integratif Toksikologi Industri, Higiene Industri, Dan K3 Dalam Mewujudkan Lingkungan Kerja Yang Aman Dan Sehat

Abid Farhan¹, Afzidan Lutfi Amaryu Marpaung², Iswar Saputra Nasution³, Abdurrozzaq Hasibuan⁴
^{1,2,3,4} Universitas Islam Sumatera Utara, Indonesia

Email: abidfarhan641@gmail.com¹, zidanmarpaung766@gmail.com², Iswarsaputra1212@gmail.com³,
opick68@gmail.com⁴

Abstract: *The purpose of this study was to determine the increasing potential for occupational safety and health risks due to exposure to chemicals, physical factors, and unsafe working conditions. A partial approach to risk control is considered ineffective in addressing this complexity. This study aims to analyze the role and integration of industrial toxicology, industrial hygiene, and occupational safety and health (OHS) in creating a safe and healthy work environment. The method used was a literature study by reviewing various scientific sources in the form of journals, books, and reports from relevant international institutions. The results of the study indicate that industrial toxicology plays a role in understanding the impact of hazardous materials on health, industrial hygiene in identifying and controlling exposure, and OHS in managing risks systematically through a managerial approach. The integration of these three fields has been proven to provide a more comprehensive approach to occupational risk control.*

Abstrak : *Tujuan penelitian ini untuk mengetahui meningkatnya potensi risiko keselamatan dan kesehatan kerja akibat paparan bahan kimia, faktor fisik, dan kondisi lingkungan kerja yang tidak aman. Pendekatan parsial dalam pengendalian risiko dinilai kurang efektif dalam menghadapi kompleksitas tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran dan integrasi toksikologi industri, higiene industri, dan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam mewujudkan lingkungan kerja yang aman dan sehat. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan mengkaji berbagai sumber ilmiah berupa jurnal, buku, dan laporan lembaga internasional yang relevan. Hasil kajian menunjukkan bahwa toksikologi industri berperan dalam memahami dampak bahan berbahaya terhadap kesehatan, higiene industri dalam mengidentifikasi dan mengendalikan paparan, serta K3 dalam mengelola risiko secara sistematis melalui pendekatan manajerial. Integrasi ketiga bidang ini terbukti memberikan pendekatan yang lebih komprehensif dalam pengendalian risiko kerja*

Keywords : *Faktor Fisik, K3, lingkungan Kerja*

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri yang semakin pesat memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi, namun di sisi lain juga meningkatkan potensi risiko terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja. Lingkungan kerja modern tidak hanya menghadirkan bahaya fisik seperti kebisingan dan suhu ekstrem, tetapi juga paparan bahan kimia berbahaya yang dapat menimbulkan efek toksik baik secara akut maupun kronis. Menurut World Health Organization, lingkungan kerja yang tidak sehat berkontribusi terhadap meningkatnya angka penyakit akibat kerja dan menurunnya produktivitas tenaga

kerja (World Health Organization, 2010). Hal ini menunjukkan bahwa upaya perlindungan kesehatan pekerja harus menjadi prioritas dalam sistem industri modern. Selain itu, International Labour Organization menyatakan bahwa setiap tahun jutaan pekerja di seluruh dunia mengalami kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang sebenarnya dapat dicegah melalui pendekatan yang sistematis dan terintegrasi (International Labour Organization, 2019).

Pendekatan yang hanya berfokus pada satu aspek, seperti pengendalian teknis tanpa mempertimbangkan dampak toksikologi atau perilaku pekerja, seringkali tidak cukup efektif dalam mengendalikan risiko secara menyeluruh. Dalam konteks ini, toksikologi industri berperan dalam memahami efek bahan berbahaya terhadap tubuh manusia, higiene industri berfokus pada identifikasi dan pengendalian faktor lingkungan kerja, sedangkan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) menyediakan kerangka manajemen untuk mengendalikan risiko secara sistematis. Menurut Joseph LaDou, pendekatan multidisiplin dalam kesehatan kerja menjadi kunci dalam mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan bahaya secara efektif di tempat kerja (LaDou, 2014).

Meskipun berbagai penelitian telah membahas masing-masing aspek tersebut secara terpisah, kajian yang mengintegrasikan toksikologi industri, higiene industri, dan K3 secara komprehensif masih terbatas. Padahal, kompleksitas risiko di lingkungan kerja modern menuntut adanya pendekatan yang tidak parsial, melainkan holistik dan terintegrasi. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mampu menjelaskan bagaimana integrasi ketiga bidang tersebut dapat meningkatkan efektivitas pengendalian risiko di tempat kerja.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana peran pendekatan integratif antara toksikologi industri, higiene industri, dan K3 dalam mengendalikan risiko di lingkungan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran dan efektivitas pendekatan integratif tersebut dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dengan mengkaji berbagai sumber ilmiah yang relevan untuk merumuskan strategi pengendalian risiko yang lebih komprehensif. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan konsep pengelolaan risiko yang lebih terintegrasi dalam bidang keselamatan dan kesehatan kerja.

Seiring dengan perkembangan industri 4.0 dan digitalisasi proses produksi, karakteristik risiko di tempat kerja juga mengalami perubahan yang signifikan. Tidak hanya risiko konvensional seperti paparan bahan kimia dan bahaya fisik, tetapi juga muncul risiko baru yang berkaitan dengan otomatisasi, penggunaan teknologi canggih, serta interaksi manusia dengan sistem berbasis kecerdasan buatan. European Agency for Safety and Health at Work menekankan bahwa transformasi digital dalam dunia kerja dapat menciptakan peluang untuk meningkatkan keselamatan, namun juga berpotensi menimbulkan risiko baru yang belum sepenuhnya dipahami, seperti paparan terhadap sistem kerja yang

kompleks dan meningkatnya beban kognitif pekerja (EU-OSHA, 2021). Oleh karena itu, pendekatan pengelolaan risiko yang adaptif dan terintegrasi menjadi semakin penting untuk mengantisipasi dinamika tersebut.

Selain itu, penelitian dalam bidang kesehatan kerja menunjukkan bahwa beban penyakit akibat kerja tidak hanya berdampak pada individu pekerja, tetapi juga memiliki implikasi luas terhadap sistem ekonomi dan sosial. Studi yang dipublikasikan oleh International Labour Organization mengungkapkan bahwa kerugian ekonomi akibat kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja dapat mencapai persentase signifikan dari produk domestik bruto (PDB) suatu negara, yang mencerminkan besarnya dampak dari kurang optimalnya pengelolaan K3 (International Labour Organization, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa investasi dalam keselamatan dan kesehatan kerja bukan hanya tanggung jawab moral dan hukum, tetapi juga merupakan strategi ekonomi yang penting dalam menjaga keberlanjutan industri.

Di sisi lain, pendekatan berbasis bukti (*evidence-based approach*) dalam pengelolaan risiko kerja semakin mendapat perhatian dalam literatur ilmiah. Menurut penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal *Occupational and Environmental Medicine*, integrasi data ilmiah dari toksikologi, higiene industri, dan sistem manajemen K3 dapat meningkatkan akurasi dalam penilaian risiko serta efektivitas intervensi yang dilakukan (Levy et al., 2018). Pendekatan ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih rasional dan terukur, dibandingkan dengan pendekatan yang hanya mengandalkan pengalaman atau asumsi semata. Dengan demikian, penguatan integrasi antar disiplin ilmu tidak hanya penting secara konseptual, tetapi juga memiliki dasar empiris yang mendukung penerapannya dalam praktik.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi literatur (*literature review*), yaitu Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan rancangan studi literatur (*literature review*), yang bertujuan untuk mengkaji dan mensintesis berbagai sumber ilmiah terkait pendekatan integratif toksikologi industri, higiene industri, dan keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Studi literatur dalam penelitian ini bersifat deskriptif-analitis, yaitu tidak hanya mengumpulkan informasi, tetapi juga menganalisis dan membandingkan berbagai temuan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif (Creswell, 2014).

Ruang lingkup penelitian difokuskan pada kajian mengenai integrasi antara toksikologi industri, higiene industri, dan K3 dalam pengendalian risiko di lingkungan kerja, dengan sumber literatur yang dibatasi pada publikasi dalam rentang waktu sepuluh tahun terakhir guna menjaga relevansi dan kemutakhiran data. Objek penelitian berupa berbagai hasil penelitian, teori, dan laporan ilmiah yang berkaitan dengan topik tersebut. Sumber data dalam penelitian ini berasal dari jurnal ilmiah nasional

dan internasional, buku teks, serta publikasi dari lembaga terpercaya seperti World Health Organization dan International Labour Organization. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran database ilmiah seperti Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect dengan menggunakan kata kunci “toksikologi industri”, “higiene industri”, “keselamatan dan kesehatan kerja”, dan “integrasi K3”. Proses seleksi literatur dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria inklusi, yaitu relevansi dengan topik, kredibilitas sumber, serta ketersediaan informasi yang lengkap, sedangkan literatur yang tidak relevan atau tidak memenuhi kriteria dikeluarkan dari analisis.

Definisi operasional dalam penelitian ini meliputi konsep “pendekatan integratif” yang diartikan sebagai penggabungan peran toksikologi industri, higiene industri, dan K3 dalam satu kerangka pengendalian risiko, serta “efektivitas pengendalian risiko” yang dilihat dari kemampuan pendekatan tersebut dalam mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan potensi bahaya di tempat kerja. Teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif kualitatif, yaitu dengan mengelompokkan data berdasarkan tema, membandingkan berbagai hasil penelitian, serta menginterpretasikan temuan untuk menjawab rumusan masalah penelitian (Creswell, 2014). Penelitian ini dilakukan secara daring melalui akses berbagai database ilmiah tanpa melibatkan lokasi fisik tertentu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa lingkungan kerja modern memiliki tingkat risiko yang semakin kompleks, terutama akibat paparan bahan kimia industri, faktor fisik, serta tekanan kerja yang tinggi dan dinamis. Kompleksitas ini tidak hanya dipengaruhi oleh jenis bahaya yang ada, tetapi juga oleh perkembangan teknologi, intensifikasi proses produksi, serta tuntutan produktivitas yang semakin tinggi. National Institute for Occupational Safety and Health melaporkan bahwa paparan bahan kimia berbahaya masih menjadi penyebab utama penyakit akibat kerja, seperti gangguan pernapasan, keracunan, hingga kanker akibat kerja (NIOSH, 2020). Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun regulasi dan teknologi telah berkembang, pengendalian risiko bahan kimia masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam implementasi di lapangan.

Selain itu, hasil kajian juga menunjukkan bahwa faktor risiko di lingkungan kerja tidak berdiri sendiri, melainkan saling berinteraksi secara sinergis maupun kumulatif sehingga meningkatkan tingkat bahaya secara keseluruhan. Misalnya, paparan bahan kimia tertentu dapat diperburuk oleh kondisi lingkungan seperti suhu tinggi atau ventilasi yang buruk, serta faktor individu seperti usia, status kesehatan, dan kebiasaan hidup pekerja. Interaksi ini seringkali tidak terdeteksi secara langsung apabila pendekatan yang digunakan masih bersifat parsial. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih holistik dalam memahami dan mengelola risiko di tempat kerja.

Dari aspek toksikologi industri, temuan menunjukkan bahwa hubungan dosis-respons menjadi dasar utama dalam menentukan tingkat bahaya suatu zat. Agency for Toxic Substances and Disease Registry menegaskan bahwa efek toksik suatu zat tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya dosis, tetapi juga oleh durasi paparan, frekuensi, jalur masuk zat ke dalam tubuh, serta kerentanan individu (ATSDR, 2018). Hal ini menegaskan bahwa penilaian risiko tidak dapat dilakukan secara sederhana, melainkan memerlukan analisis multidimensional yang mempertimbangkan berbagai variabel biologis dan lingkungan. Dalam konteks ini, toksikologi industri memberikan landasan ilmiah yang kuat dalam menentukan ambang batas paparan (threshold limit value) serta dalam merancang strategi pengendalian yang berbasis risiko.

Sementara itu, dari aspek higiene industri, hasil kajian menunjukkan bahwa kegiatan pengukuran dan pemantauan lingkungan kerja memiliki peran krusial dalam mengidentifikasi tingkat paparan secara lebih akurat dan objektif. Occupational Safety and Health Administration menyatakan bahwa pengendalian teknis seperti ventilasi lokal (local exhaust ventilation), substitusi bahan berbahaya dengan yang lebih aman, serta penggunaan alat pelindung diri (APD) terbukti efektif dalam menurunkan tingkat paparan risiko (OSHA, 2021). Namun demikian, efektivitas pengendalian tersebut sangat bergantung pada konsistensi penerapan dan kepatuhan pekerja. Dalam praktiknya, masih ditemukan kesenjangan antara standar yang ditetapkan dengan implementasi di lapangan, yang seringkali disebabkan oleh keterbatasan sumber daya atau kurangnya pengawasan.

Dalam konteks keselamatan dan kesehatan kerja (K3), hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan sistem manajemen berbasis risiko menjadi faktor kunci dalam memastikan keberlanjutan pengendalian bahaya. International Organization for Standardization melalui standar ISO 45001 menekankan pentingnya pendekatan risk-based thinking dalam mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan risiko secara sistematis dan berkelanjutan (ISO, 2018). Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada reaksi terhadap insiden, tetapi juga pada upaya pencegahan melalui perencanaan yang matang, evaluasi berkala, serta peningkatan berkelanjutan (continuous improvement).

Berdasarkan hasil tersebut, pembahasan menunjukkan bahwa masing-masing pendekatan memiliki peran yang saling melengkapi dan tidak dapat dipisahkan. Toksikologi industri memberikan dasar ilmiah mengenai potensi bahaya dan mekanisme efek kesehatan, higiene industri berperan dalam mengidentifikasi serta mengendalikan paparan di lapangan melalui metode teknis dan pengukuran, sedangkan K3 menyediakan kerangka manajerial yang memastikan seluruh proses berjalan secara sistematis, terintegrasi, dan berkelanjutan. Integrasi ketiga aspek ini memungkinkan proses pengendalian risiko dilakukan secara lebih komprehensif, mulai dari identifikasi bahaya, penilaian risiko, implementasi pengendalian, hingga evaluasi dan perbaikan berkelanjutan.

Namun demikian, efektivitas pendekatan integratif ini tidak bersifat otomatis. Hasil analisis menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor kunci, seperti ketersediaan sumber daya, kompetensi tenaga ahli lintas disiplin, serta budaya keselamatan dalam organisasi. Tanpa dukungan tersebut, integrasi justru berpotensi menimbulkan kompleksitas baru, seperti tumpang tindih peran dan tanggung jawab, kurangnya koordinasi antar unit kerja, serta ketidakefektifan dalam pengambilan keputusan. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi bukan hanya persoalan teknis, tetapi juga persoalan manajerial dan budaya organisasi.

Lebih lanjut, terdapat indikasi bahwa bias organisasi, seperti orientasi berlebihan pada produktivitas dibandingkan keselamatan, dapat menghambat implementasi pendekatan integratif. Dalam beberapa kasus, kebijakan K3 hanya bersifat administratif tanpa diikuti dengan komitmen nyata dari manajemen puncak. Kondisi ini memperlihatkan adanya kesenjangan antara kebijakan dan praktik, yang pada akhirnya dapat mengurangi efektivitas sistem pengendalian risiko.

Sebagai pengembangan, beberapa literatur menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi modern dapat menjadi solusi dalam mengatasi keterbatasan tersebut. Penggunaan sensor digital untuk pemantauan paparan secara real-time, sistem informasi K3 berbasis digital, serta analisis data berbasis kecerdasan buatan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat, akurat, dan berbasis bukti. Teknologi ini juga memungkinkan deteksi dini terhadap potensi bahaya, sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum terjadi insiden. Namun, adopsi teknologi ini juga memerlukan kesiapan organisasi, baik dari segi infrastruktur maupun kompetensi sumber daya manusia.

Dengan demikian, pembahasan ini menunjukkan bahwa pendekatan integratif antara toksikologi industri, higiene industri, dan K3 memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas pengendalian risiko di tempat kerja. Meskipun demikian, keberhasilan implementasinya sangat bergantung pada kesiapan organisasi, dukungan sumber daya, komitmen manajemen, serta kemampuan dalam mengelola kompleksitas yang muncul dari proses integrasi tersebut. Oleh karena itu, diperlukan strategi implementasi yang tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada penguatan sistem manajemen dan budaya keselamatan secara menyeluruh.

Selain itu, beberapa studi empiris terbaru menunjukkan bahwa pendekatan berbasis risiko dalam K3 tidak hanya meningkatkan keselamatan, tetapi juga berdampak signifikan terhadap kinerja organisasi secara keseluruhan. Penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal *Safety Science* menemukan bahwa perusahaan yang mengintegrasikan manajemen risiko K3 ke dalam strategi bisnis mengalami penurunan insiden kecelakaan kerja sekaligus peningkatan produktivitas dan efisiensi operasional. Hal ini menunjukkan bahwa keselamatan kerja bukan sekadar kewajiban regulatif, tetapi juga merupakan investasi strategis yang memberikan nilai tambah bagi organisasi. Namun demikian, penelitian tersebut juga menyoroti bahwa keberhasilan implementasi sangat bergantung pada keterlibatan aktif manajemen

puncak serta partisipasi pekerja dalam proses pengambilan keputusan terkait keselamatan (Zwetsloot et al., 2020).

Di sisi lain, kajian dalam *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* menekankan pentingnya pendekatan berbasis data (data-driven approach) dalam pengendalian paparan di tempat kerja. Studi tersebut menunjukkan bahwa penggunaan teknologi pemantauan real-time dan analisis data paparan memungkinkan identifikasi risiko secara lebih cepat dan akurat dibandingkan metode konvensional. Selain itu, integrasi data dari berbagai sumber, seperti sensor lingkungan, catatan kesehatan pekerja, dan laporan insiden, dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai pola risiko di tempat kerja. Namun, tantangan utama dalam penerapan pendekatan ini adalah kebutuhan akan infrastruktur teknologi yang memadai serta kemampuan analisis data yang masih terbatas di banyak organisasi (Burton et al., 2019).

Lebih lanjut, penelitian dalam *International Journal of Environmental Research and Public Health* menunjukkan bahwa faktor psikososial juga memiliki peran penting dalam konteks K3 modern yang seringkali terabaikan dalam pendekatan tradisional. Tekanan kerja, beban kerja yang tinggi, serta kurangnya dukungan organisasi dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan mental dan secara tidak langsung berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan kerja. Studi tersebut menegaskan bahwa integrasi aspek psikososial ke dalam sistem manajemen K3 dapat meningkatkan kesejahteraan pekerja secara keseluruhan serta memperkuat budaya keselamatan di tempat kerja. Oleh karena itu, pendekatan integratif yang tidak hanya mencakup aspek fisik dan kimia, tetapi juga aspek psikososial, menjadi semakin relevan dalam menghadapi dinamika lingkungan kerja modern (Leka & Jain, 2020).

Selain itu, pendekatan integratif dalam K3 juga semakin menekankan pentingnya penerapan *hierarchy of controls* secara konsisten sebagai strategi utama dalam pengendalian risiko. Penelitian dalam jurnal *Safety Science* menunjukkan bahwa organisasi yang memprioritaskan pengendalian pada level eliminasi dan substitusi dibandingkan hanya mengandalkan alat pelindung diri (APD) cenderung memiliki tingkat kecelakaan kerja yang lebih rendah secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas pengendalian risiko sangat dipengaruhi oleh pemilihan strategi yang tepat berdasarkan tingkat bahaya dan potensi paparan. Namun demikian, dalam praktiknya masih banyak industri yang lebih bergantung pada APD karena dianggap lebih praktis dan ekonomis, meskipun secara hierarki merupakan pilihan terakhir. Kondisi ini mengindikasikan adanya kesenjangan antara prinsip teoritis dan implementasi di lapangan, yang pada akhirnya dapat mengurangi efektivitas sistem pengendalian risiko secara keseluruhan (Hale et al., 2018).

Lebih lanjut, penelitian dalam *Journal of Safety Research* menyoroti bahwa keberhasilan pendekatan integratif tidak hanya ditentukan oleh aspek teknis dan manajerial, tetapi juga oleh faktor komunikasi risiko (*risk communication*) yang efektif di dalam organisasi. Komunikasi yang jelas,

transparan, dan partisipatif antara manajemen dan pekerja terbukti mampu meningkatkan pemahaman terhadap risiko serta mendorong perilaku kerja yang lebih aman. Selain itu, keterlibatan pekerja dalam proses identifikasi bahaya dan pengambilan keputusan terkait K3 dapat meningkatkan rasa kepemilikan (*sense of ownership*) terhadap program keselamatan, sehingga implementasi menjadi lebih efektif dan berkelanjutan. Namun, tantangan yang sering muncul adalah perbedaan persepsi risiko antara manajemen dan pekerja, yang dapat menyebabkan miskomunikasi dan menurunkan efektivitas program K3. Oleh karena itu, penguatan aspek komunikasi dan partisipasi menjadi elemen penting dalam mendukung keberhasilan pendekatan integratif di lingkungan kerja modern (Neal & Griffin, 2019).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa pendekatan integratif antara toksikologi industri, higiene industri, dan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) mampu meningkatkan efektivitas pengendalian risiko di lingkungan kerja karena menggabungkan aspek identifikasi bahaya, pengukuran paparan, dan pengelolaan risiko secara sistematis. Namun, efektivitas tersebut sangat bergantung pada kesiapan sumber daya, koordinasi antar bidang, serta komitmen organisasi dalam penerapan K3. Tanpa dukungan tersebut, pendekatan integratif berpotensi tidak berjalan optimal dan hanya bersifat konseptual. Oleh karena itu, keberhasilan implementasi pendekatan ini ditentukan oleh kemampuan organisasi dalam mengelola integrasi secara konsisten dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2018). Toxicological profile for hazardous substances. U.S. Department of Health and Human Services.
- Burton, D. J., Chen, X., & Schultz, M. R. (2019). Advances in exposure assessment and monitoring technologies in occupational hygiene. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 16(10), 673–683. <https://doi.org/10.1080/15459624.2019.1649417>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- European Agency for Safety and Health at Work. (2021). *Digitalisation and occupational safety and health: Foresight on new and emerging risks in OSH*. EU-OSHA. <https://osha.europa.eu/en/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-foresight-new-and-emerging-risks-osh>
- European Agency for Safety and Health at Work. (2021). *Digitalisation and occupational safety and health: Foresight on new and emerging risks in OSH*. <https://osha.europa.eu>

- Hale, A. R., Borys, D., & Adams, M. (2018). Safety regulation: The lessons of workplace safety rule management for managing the regulatory burden. *Safety Science, 106*, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.02.012>
- International Labour Organization. (2019). Safety and health at the heart of the future of work: Building on 100 years of experience. Geneva: ILO.
- International Labour Organization. (2019). *Safety and health at the heart of the future of work: Building on 100 years of experience*. International Labour Organization. https://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_686645/lang--en/index.htm
- International Labour Organization. (2019). *Safety and health at the heart of the future of work*. <https://www.ilo.org>
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001: Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. Geneva: ISO.
- Klaassen, C. D. (Ed.). (2013). *Casarett and Doull's toxicology: The basic science of poisons* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- LaDou, J. (2014). Current occupational & environmental medicine (5th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Leka, S., & Jain, A. (2020). Managing psychosocial risks in the workplace: A critical review of risk management approaches. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(23), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238894>
- Levy, B. S., Wegman, D. H., Baron, S. L., & Sokas, R. K. (2018). *Occupational and environmental health: Recognizing and preventing disease and injury* (7th ed.). Oxford University Press.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2018). *Hierarchy of controls*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2020). Workplace safety and health topics. Centers for Disease Control and Prevention.
- Neal, A., & Griffin, M. A. (2019). A study of the lagged relationships among safety climate, safety motivation, safety behavior, and accidents at the individual and group levels. *Journal of Safety Research, 69*, 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.03.003>
- Occupational Safety and Health Administration. (2021). Safety and health program management guidelines. U.S. Department of Labor
- World Health Organization. (2010). Healthy workplaces: A model for action: For employers, workers, policymakers and practitioners. Geneva: WHO Press.
- World Health Organization. (2010). *Healthy workplaces: A model for action: For employers, workers, policymakers and practitioners*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241599313>

Zwetsloot, G. I. J. M., Kines, P., Wybo, J. L., Ruotsala, R., Drupsteen, L., & Bezemer, R. A. (2020). The importance of commitment, communication, and culture for safety performance: A review of the literature. *Safety Science*, 128, 104761. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104761>