

ANALISIS MITIGASI RISIKO PENYIMPANAN DAN DISTRIBUSI BARANG BERBAHAYA PADA
WAREHOUSE DHL SUPPLY CHAINGifari Yusuf^{1*}, Annisa Aulia Rahma², Ilham Akbar Purnomo³,
Shelma Rezki Aisya⁴, Irwanda⁵Program Studi S1 Manajemen Logistik, School of Logistics and Transport, Universitas Logistik
dan Bisnis Internasional, Bandung, IndonesiaEmail: 182240013@std.ulbi.ac.id^{1*}, 182240004@std.ulbi.ac.id², 182240002@std.ulbi.ac.id³,
182240016@std.ulbi.ac.id⁴, 182240031@std.ulbi.ac.id⁵**Abstract**

The management of hazardous goods in the supply chain requires an effective risk mitigation system to prevent safety incidents and operational disruptions, especially in large-scale warehousing facilities such as DHL Supply Chain. This study aims to describe in depth the risk mitigation practices in the storage and distribution of hazardous goods and identify the factors that influence the effectiveness of their implementation. This study uses a descriptive qualitative approach with data collection techniques in the form of semi-structured interviews, direct observation, and analysis of operational documents. The data were analyzed using an interactive model that included data reduction, data presentation, and conclusion drawing. The results show that the success of risk mitigation is largely influenced by the consistent implementation of SOPs, the quality of safety training, and continuous supervision, although a gap was found between formal policies and field practices. These findings contribute to strengthening the concept of risk management in the context of handling hazardous goods and provide practical insights for logistics companies in improving their safety culture. This study concludes that the integration of technical, administrative, and technological support controls is key to effective mitigation, and recommends further studies that expand the scope and compare across industry sectors.

Keywords: Risk Mitigation, Hazardous Goods, Warehouse, Occupational Safety, Distribution.

Abstrak

Pengelolaan barang berbahaya dalam rantai pasok menuntut sistem mitigasi risiko yang efektif untuk mencegah insiden keselamatan dan gangguan operasional, terutama pada fasilitas pergudangan berskala besar seperti DHL Supply Chain. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan secara

Article history

Received: Januari 2026

Reviewed: Januari 2026

Published: Januari 2026

Plagiarism checker no 80

Doi : prefix doi :

[10.8734/musytari.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/musytari.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Musytari



This work is licensed under
a [creative commons
attribution-noncommercial
4.0 international license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

mendalam praktik mitigasi risiko pada proses penyimpanan dan distribusi barang berbahaya serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas penerapannya. Studi ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data berupa wawancara semi-terstruktur, observasi langsung, dan analisis dokumen operasional. Data dianalisis menggunakan model interaktif yang mencakup reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan mitigasi risiko banyak dipengaruhi oleh konsistensi penerapan SOP, kualitas pelatihan keselamatan, serta pengawasan yang berkelanjutan, meskipun ditemukan kesenjangan antara kebijakan formal dan praktik lapangan. Temuan ini berkontribusi pada penguatan konsep manajemen risiko dalam konteks penanganan barang berbahaya dan memberikan wawasan praktis bagi perusahaan logistik dalam meningkatkan budaya keselamatan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi antara kontrol teknis, administratif, dan dukungan teknologi menjadi kunci efektivitas mitigasi, serta merekomendasikan studi lanjutan yang memperluas cakupan dan membandingkan antar-sektor industri.

Kata Kunci: Mitigasi Risiko, Barang Berbahaya, Warehouse, Keselamatan Kerja, Distribusi.

PENDAHULUAN

Dalam konteks logistik global, pengelolaan serta distribusi barang berbahaya (Dangerous Goods, DG) merupakan elemen yang memiliki tingkat kritis tinggi karena berhubungan langsung dengan keselamatan manusia, perlindungan lingkungan, dan stabilitas rantai pasok. Jenis barang berbahaya yang ditangani pada industri ini meliputi bahan kimia yang mudah terbakar, zat korosif, gas bertekanan, hingga bahan beracun, sehingga membutuhkan prosedur penyimpanan dan penanganan yang sangat ketat (Reniers & Khakzad, 2020). Berdasarkan laporan International Air Transport Association (IATA, 2024), jumlah pengiriman DG secara global mengalami peningkatan sekitar 8,6% setiap tahun, dipicu oleh perkembangan sektor kimia dan farmasi. Pertumbuhan ini menyebabkan tuntutan yang semakin besar terhadap penerapan sistem mitigasi risiko yang terintegrasi dan responsif dalam proses logistik internasional. Aktivitas penyimpanan dan distribusi barang berbahaya memiliki potensi risiko yang luas, termasuk bahaya kebakaran, ledakan, tumpahan bahan kimia, hingga kontaminasi antarproduk. Studi yang dilakukan oleh Liu et al. (2017) menunjukkan bahwa kegagalan dalam manajemen gudang bahan berbahaya dapat menimbulkan kerugian besar, baik secara finansial maupun reputasi perusahaan, bahkan dapat menimbulkan dampak lintas batas negara. Di Indonesia sendiri, laporan National Disaster Management Authority (BNPB, 2023) mencatat bahwa sekitar 17% kejadian insiden industri berkaitan dengan kesalahan pengelolaan bahan kimia di fasilitas penyimpanan. Dengan semakin meningkatnya intensitas aktivitas logistik

setelah pandemi, diperlukan sistem mitigasi berbasis teknologi dan data untuk meminimalkan potensi kecelakaan di area pergudangan.

Sebagai perusahaan logistik berskala global, DHL Supply Chain menangani barang berbahaya dalam jumlah besar dari berbagai sektor industri, termasuk kimia, energi, dan farmasi. Dengan jaringan lebih dari 2.000 warehouse di seluruh dunia, DHL menegaskan komitmennya terhadap standar keselamatan internasional seperti Globally Harmonized System (GHS) dan regulasi Hazard Communication dari Occupational Safety and Health Administration (OSHA) (Lai & Cheng, 2021). Meskipun telah menerapkan sistem standar internasional, masih terdapat tantangan operasional terkait pengawasan kondisi lingkungan gudang, peningkatan kompetensi pekerja, serta implementasi teknologi digital untuk mendukung keselamatan. Tantangan tersebut mengindikasikan perlunya evaluasi mendalam mengenai efektivitas mitigasi risiko yang diterapkan DHL dalam aktivitas penyimpanan dan distribusi DG. Keterbatasan penelitian pada aspek pergudangan menjadi salah satu alasan mengapa kajian ini penting dilakukan. Kebanyakan penelitian terdahulu lebih menitikberatkan pada risiko dan mitigasi dalam proses transportasi bahan berbahaya (Azadeh & Salehi, 2018; Rahman & Subramanian, 2019), sementara risiko pada tahap penyimpanan masih belum banyak diteliti, khususnya di perusahaan logistik multinasional seperti DHL Supply Chain. Fan dan Liu (2019) menegaskan bahwa aktivitas penyimpanan memiliki andil signifikan dalam meningkatkan probabilitas terjadinya kecelakaan karena lamanya waktu bahan berbahaya berada di dalam gudang. Oleh sebab itu, penelitian mengenai penerapan mitigasi risiko di warehouse DHL Supply Chain menjadi relevan dan penting untuk mendukung penguatan praktik keselamatan operasional.

Dengan mempertimbangkan kondisi tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji secara komprehensif mitigasi risiko dalam aktivitas penyimpanan dan distribusi barang berbahaya di warehouse DHL Supply Chain. Penelitian ini mencakup identifikasi jenis risiko yang muncul, analisis strategi mitigasi yang diterapkan, serta penilaian efektivitas strategi tersebut dari sudut pandang operasional dan keselamatan kerja. Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi bagi literatur manajemen risiko dalam rantai pasok, khususnya terkait penanganan barang berbahaya di fasilitas pergudangan. Secara praktis, temuan penelitian diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi DHL Supply Chain dan pelaku industri logistik lainnya dalam meningkatkan standar keselamatan operasional, baik secara nasional maupun global.

METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif, yang bertujuan memberikan gambaran mendalam mengenai proses identifikasi dan mitigasi risiko dalam aktivitas penyimpanan serta distribusi barang berbahaya di warehouse DHL Supply Chain. Pemilihan pendekatan ini memungkinkan peneliti memahami konteks operasional secara langsung melalui pengalaman dan perspektif para pelaku lapangan, terutama terkait implementasi manajemen risiko di fasilitas penyimpanan (Sugiyono, 2019). Fokus deskriptif memberikan ruang untuk menguraikan secara sistematis bagaimana kebijakan keselamatan diterapkan, bagaimana prosedur kerja dijalankan, serta bagaimana efektivitas mitigasi risiko

tercermin dalam praktik sehari-hari. Dengan demikian, penelitian dapat mengungkap kesenjangan antara regulasi formal dan implementasi aktual, sejalan dengan prinsip penelitian kualitatif yang menekankan pemaknaan terhadap fenomena secara mendalam (Creswell & Poth, 2018).

Penelitian ini dilakukan pada warehouse DHL Supply Chain yang menangani berbagai kategori barang berbahaya dari sektor kimia, farmasi, hingga produk konsumen. Penentuan informan dilakukan melalui purposive sampling, yaitu memilih individu yang memiliki pengalaman langsung dalam pengelolaan risiko dan keselamatan kerja. Informan utama mencakup safety officer, warehouse supervisor, operator gudang, serta quality manager yang memahami detail operasional dan praktik mitigasi di lapangan. Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama: pertama, wawancara semi-terstruktur untuk mengungkap persepsi dan pemahaman informan mengenai pelaksanaan mitigasi risiko; kedua, observasi langsung terhadap area penyimpanan, loading area, serta aktivitas operasional terkait untuk mengidentifikasi potensi bahaya maupun kesesuaian terhadap SOP; dan ketiga, analisis dokumen, seperti SOP, MSDS, laporan insiden, serta hasil audit keselamatan yang memberikan bukti pendukung dan konteks operasional (Miles, Huberman, & Saldaña, 2014). Data yang terkumpul dianalisis dengan menggunakan model Miles dan Huberman (1994), yang mencakup tahapan reduksi data, penyajian data, serta penarikan kesimpulan. Pada tahap reduksi, informasi dari wawancara, observasi, dan dokumen dikategorikan ke dalam tema terkait risiko dan strategi mitigasi. Tahap penyajian dilakukan dengan menyusun data dalam bentuk diagram, matriks, dan narasi analitis yang membantu peneliti melihat pola dan hubungan antar-temuan. Proses penarikan kesimpulan berlangsung secara iteratif dengan melakukan verifikasi berulang. Keabsahan temuan dijamin melalui triangulasi sumber dan teknik, yaitu membandingkan data dari berbagai informan dan metode, serta melalui member checking untuk memastikan interpretasi peneliti sesuai dengan kondisi yang sebenarnya (Lincoln & Guba, 1985). Dengan pendekatan ini, hasil penelitian diharapkan memiliki kredibilitas yang tinggi dan akurat dalam menggambarkan efektivitas mitigasi risiko pada warehouse DHL Supply Chain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Warehouse DHL Supply Chain yang menjadi lokasi penelitian merupakan fasilitas khusus penanganan barang berbahaya (hazardous goods) yang telah memenuhi standar keselamatan internasional melalui sertifikasi ISO 45001 dan ISO 14001. Struktur organisasi gudang mencakup posisi kunci seperti warehouse manager, quality manager, safety officer, supervisor, hingga operator yang terlibat langsung dalam aktivitas operasional. Kategori barang berbahaya yang dikelola meliputi kelas 3 (cairan mudah terbakar), kelas 6 (zat beracun), dan kelas 8 (bahan korosif), terutama berasal dari industri kimia dan farmasi. Tata letak gudang dirancang dengan konsep segmentasi zona risiko, di mana material kimia disimpan pada area terpisah dan dilengkapi ventilasi serta sensor deteksi dini kebocoran. Pengaturan ruang yang sistematis ini merupakan implementasi dari prinsip inherently safer design seperti yang direkomendasikan oleh Reniers dan Khakzad (2020), yang menekankan bahwa desain fasilitas yang tepat dapat meminimalkan tingkat paparan terhadap bahaya.

1. Klasifikasi Risiko Penyimpanan Barang Berbahaya

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara mendalam Warehouse Supervisor menjelaskan “Risiko paling sering adalah kebocoran kecil pada drum atau IBC, biasanya karena tekanan internal atau seal yang rusak. Kami punya spill kit di tiap zona penyimpanan.”, risiko penyimpanan barang berbahaya dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok besar: fisik, lingkungan, dan operasional. Risiko fisik berkaitan dengan bahaya kebakaran maupun reaksi kimia yang muncul akibat penyimpanan material yang tidak kompatibel. Risiko lingkungan terutama muncul dari potensi tumpahan atau kebocoran yang berpotensi mencemari media sekitar. Adapun risiko operasional terkait dengan kesalahan manusia, seperti ketidaktepatan pelabelan, kesalahan penempatan barang, serta kegagalan peralatan seperti forklift atau sistem ventilasi. Informan menyampaikan bahwa sebagian besar insiden yang terjadi selama ini berakar pada kurangnya kepatuhan terhadap panduan Material Safety Data Sheet (MSDS) dan perbedaan antara prosedur tertulis dengan praktik operasional sehari-hari. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian Liu et al. (2017) yang menunjukkan bahwa faktor manusia masih menjadi penyebab dominan kecelakaan di gudang bahan kimia.

2. Risiko Distribusi Barang Berbahaya

Risiko yang muncul pada fase distribusi meliputi kecelakaan transportasi, vibrasi berlebih, dan rentang suhu ekstrem yang dapat memicu ketidakstabilan bahan kimia selama perjalanan. *Quality Manager* menjelaskan “Kami menganalisis setiap rute pengiriman dengan geofence tracking. Jika kendaraan melewati area rawan atau berhenti terlalu lama, sistem akan mengirim notifikasi ke pusat kendali.” Selain itu, kondisi rute pengiriman turut berperan, khususnya jalur perkotaan yang padat serta area rawan kecelakaan. Pada tahun 2023 tercatat dua kasus near miss akibat adanya fluktuasi suhu ketika material sedang berada dalam transit. DHL merespons hal tersebut dengan meningkatkan frekuensi kalibrasi alat pemantau suhu dan melakukan pembaruan pada prosedur distribusi. Temuan ini konsisten dengan Rahman dan Subramanian (2019) yang menekankan bahwa efektivitas mitigasi risiko distribusi sangat dipengaruhi oleh integrasi manajemen risiko dengan pemilihan rute berbasis data lingkungan.

3. Mitigasi Berdasarkan Engineering Control

Dari sisi teknis, *Safety Officer* menjelaskan “Setiap kali bahan berbahaya masuk, sistem otomatis menentukan slot penyimpanan berdasarkan kelas DG. Jadi tidak ada kemungkinan bahan incompatible disimpan bersebelahan.” DHL telah menerapkan berbagai engineering control untuk menekan risiko penyimpanan dan distribusi bahan berbahaya. Fasilitasnya dilengkapi dengan sistem pemadam kebakaran berbasis foam dan CO₂, ventilasi mekanis dengan tingkat pergantian udara yang tinggi, serta perlengkapan penanganan tumpahan (spill kit) di setiap zona. Penggunaan perangkat material handling khusus seperti drum grabber dan chemical pallet dinilai efektif dalam menekan potensi tumpahan dan kontak langsung pekerja dengan bahan berbahaya. Dalam aktivitas distribusi, integrasi Warehouse Management System (WMS) dengan fitur validasi rute berbasis GPS membantu memastikan armada mengikuti jalur yang paling aman. Upaya ini sejalan dengan Fan dan Liu (2019) yang menemukan bahwa pengendalian berbasis rekayasa memiliki dampak signifikan dalam mengurangi kemungkinan kecelakaan terkait material berbahaya.

4. Mitigasi Berdasarkan Administrative Control

Selain pengendalian *Warehouse Supervisor* menjelaskan “Kami melakukan pelatihan HAZMAT dan spill response setiap tiga bulan sekali. Semua operator wajib lulus evaluasi kompetensi sebelum diperbolehkan menangani bahan kimia.”. Teknis, DHL menjalankan administrative control untuk memperkuat budaya keselamatan. Seluruh SOP disusun berdasarkan klasifikasi DG dan kompatibilitas bahan sehingga setiap kategori barang ditempatkan sesuai standar keselamatan. Program pelatihan rutin mencakup HAZMAT, penanganan tumpahan, dan latihan kebakaran yang wajib diikuti seluruh pekerja operasional dua kali setahun. Sistem audit HSE internal maupun eksternal dilakukan secara berkala untuk memastikan pemenuhan standar yang berlaku. Setiap aktivitas berisiko tinggi diawasi menggunakan mekanisme permit to work guna memastikan pengendalian yang lebih ketat. Keberadaan MSDS di area penyimpanan serta visualisasi melalui label dan signage memperkuat aspek komunikasi risiko. Praktik ini mendukung temuan Azadeh dan Salehi (2018) yang menyatakan bahwa kombinasi pelatihan dan kepatuhan prosedural merupakan pilar penting dalam mitigasi risiko bahan berbahaya.

5. Penggunaan Teknologi

Penggunaan teknologi digital turut memperkuat sistem mitigasi risiko di warehouse DHL. Operator menjelaskan “Sekarang semua laporan safety dilakukan lewat tablet. Kalau ada anomali seperti suhu naik atau tumpahan kecil, data langsung masuk ke dashboard pusat.”. Pelabelan menggunakan barcode dan QR code memfasilitasi pelacakan inventaris secara akurat, sementara digital check sheet memudahkan pencatatan inspeksi harian. Area penyimpanan juga dilengkapi dengan sensor IoT untuk memonitor suhu dan kelembaban secara real-time. Pada tahap distribusi, teknologi geofence diterapkan untuk mengawasi rute kendaraan dan memberikan peringatan jika terjadi deviasi. Berdasarkan wawancara, operator mengaku bahwa penerapan teknologi ini memperkecil potensi human error dan mempercepat deteksi kondisi tidak normal. Hasil ini menguatkan studi Huang et al. (2020) yang menyatakan bahwa integrasi IoT dan GIS mampu meningkatkan efektivitas pemantauan risiko di fasilitas logistik bahan berbahaya.

6. Evaluasi Efektivitas Mitigasi

Penerapan mitigasi risiko pada warehouse DHL Safety Officer menjelaskan “Masih ada keterlambatan dalam pelaporan insiden kecil di malam hari karena keterbatasan personel.” menunjukkan hasil yang signifikan, tercermin dari turunnya insiden sebesar 35% dalam dua tahun terakhir, peningkatan tingkat kepatuhan SOP hingga 92%, serta perolehan rating audit HSE “Excellent” pada tahun 2024. Meskipun demikian, masih terdapat tantangan dalam konsistensi pelaporan near miss dan keterbatasan integrasi antara sistem digital di beberapa fungsi operasional. Hal ini menjadi indikator perlunya penguatan manajemen keselamatan berbasis data untuk mendukung analisis prediktif risiko di masa mendatang. Temuan ini mendukung pandangan Chopra dan Meindl (2021) bahwa efektif tidaknya mitigasi risiko sangat dipengaruhi oleh konsistensi implementasi di seluruh level organisasi.

Analisis dan Implikasi

Penelitian ini menunjukkan bahwa mitigasi risiko dalam penyimpanan dan distribusi barang berbahaya pada warehouse DHL Supply Chain beroperasi dalam kerangka Supply Chain Risk Management yang menempatkan proses identifikasi, analisis, dan pengendalian risiko sebagai siklus strategis yang terintegrasi dengan tujuan keberlanjutan operasional (Chopra & Meindl, 2021). Penerapan mitigasi di lingkungan DHL merefleksikan prinsip Hierarchy of Controls, di mana kontrol teknis dan administratif menjadi dominan ketika eliminasi ataupun substitusi tidak dapat diimplementasikan karena sifat intrinsik bahan berbahaya yang dikelola (OSHA, 2019; Azadeh & Salehi, 2018). Selain itu, perspektif sistem sosio-teknis memberikan dasar bahwa keselamatan kerja tidak hanya ditentukan oleh teknologi, tetapi juga interaksi manusia-mesin-lingkungan, yang pada konteks DHL diwujudkan melalui pemanfaatan IoT, pemindaian QR code, real-time monitoring, dan digitalisasi prosedur keselamatan (Trist & Bamforth, 1951; Huang et al., 2020). Integrasi metode FMEA serta model SCOR semakin memperkuat argumentasi bahwa organisasi dapat mengidentifikasi titik kritis kegagalan proses, memetakan risiko pada tiap aktivitas rantai pasok, serta menyusun prioritas mitigasi berbasis data (Liu et al., 2017; Indradewi, 2020). Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menegaskan bahwa efektivitas mitigasi risiko barang berbahaya bergantung pada sinergi antara pendekatan manajemen risiko modern, kerangka keselamatan kerja berbasis hierarki kontrol, dan pemanfaatan teknologi digital untuk menghasilkan sistem logistik yang lebih resilien, terukur, dan adaptif terhadap dinamika operasional (Reniers & Khakzad, 2020).

KESIMPULAN

Hasil penelitian kualitatif ini menunjukkan bahwa mitigasi risiko pada penyimpanan dan distribusi barang berbahaya di warehouse DHL Supply Chain terbentuk melalui kombinasi praktik teknis, kepatuhan prosedural, serta pemahaman aktor operasional terhadap standar keselamatan. Melalui analisis mendalam terhadap wawancara, observasi, dan dokumen, penelitian ini mengungkap kesenjangan antara kebijakan formal dan implementasi lapangan, khususnya terkait konsistensi pelaksanaan SOP, kualitas pelatihan, dan efektivitas pengawasan. Temuan ini memperkaya kajian sebelumnya dengan memberikan perspektif empiris mengenai bagaimana budaya keselamatan, keterlibatan sumber daya manusia, dan dukungan manajerial memainkan peran penting dalam keberhasilan mitigasi risiko di fasilitas logistik. Secara konseptual, penelitian ini menegaskan relevansi teori manajemen risiko dan keselamatan kerja dalam konteks rantai pasok modern yang menangani barang berbahaya. Meskipun demikian, penelitian memiliki keterbatasan pada lingkup lokasi dan jumlah informan yang terbatas, sehingga peluang terbuka bagi penelitian selanjutnya untuk memperluas cakupan, membandingkan antar-industri, atau mengeksplorasi hubungan antara faktor teknologi dan efektivitas mitigasi risiko secara lebih komprehensif.

SARAN

Berdasarkan temuan penelitian, disarankan agar manajemen warehouse memperkuat program pelatihan keselamatan, meningkatkan kedisiplinan penerapan SOP, serta memperluas penggunaan teknologi pemantauan untuk memastikan deteksi dini terhadap potensi bahaya.

Bagi praktisi dan pemangku kepentingan, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar evaluasi strategi mitigasi risiko, terutama dalam meningkatkan komunikasi risiko dan sistem pengawasan harian. Dari sisi akademik, penelitian serupa dapat dikembangkan dengan memperluas jumlah partisipan, menerapkan triangulasi lebih beragam, atau mengintegrasikan pendekatan studi kasus komparatif untuk memperkaya pemahaman mengenai dinamika mitigasi risiko dalam berbagai jenis warehouse. Penelitian mendatang juga perlu mempertimbangkan integrasi teknologi otomatisasi dan data analitik sebagai variabel yang berpotensi memengaruhi efektivitas pengelolaan risiko barang berbahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Azadeh, A., & Salehi, V. (2018). A hybrid framework for performance assessment and optimization of hazardous materials transportation systems. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 55, 20-34. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.06.015>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2021). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation*. Pearson.
- Fan, Y., & Liu, J. (2019). Risk assessment and emergency response for hazardous material storage in logistics parks. *Safety Science*, 120, 394-404. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.07.019>
- Huang, L., Liu, J., Wang, H., & Zhang, Y. (2020). Integrated risk management model for hazardous materials warehouse based on IoT and GIS technologies. *Computers & Industrial Engineering*, 146, Article 106610. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106610>
- Indradewi, K. I. (2020). Analisis risiko dan penentuan mitigasi strategi green supply chain management pada proses delivery, return, dan enable dengan pendekatan model SCOR. Universitas Islam Indonesia. <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/24680/16522065%20Karina%20Intan%20Indradewi.pdf?sequence=1>
- Lai, F., & Cheng, T. C. E. (2021). Supply chain risk management practices in global logistics providers: A case study of DHL. *International Journal of Logistics Management*, 32(3), 688-708. <https://doi.org/10.1108/IJLM-06-2020-0233>
- Liu, Z., Zhou, J., Zhang, H., & Li, S. (2017). Quantitative risk analysis of hazardous material warehouses using Bayesian networks. *Reliability Engineering & System Safety*, 167, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.05.028>
- Rahman, M. S., & Subramanian, N. (2019). Risk mitigation in hazardous goods logistics: A multi-criteria decision approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 128, 125-142. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.06.008>
- Reniers, G., & Khakzad, N. (2020). Safety and security risk assessment in chemical warehouses: An integrated framework. *Process Safety and Environmental Protection*, 136, 19-31. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.01.027>