

Systematic Literature Review: Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja di Laboratorium Sains dan Upaya Pencegahannya

Nurul Alya Fitri^{1)*}, Nur Zahra Fadhilah¹⁾, Mutia Puspa Dila¹⁾, Fakhrul Rozy¹⁾, Niki Dian Permana

¹⁾Tadris IPA, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

*Corresponding Author: niki.dian.permana@uin-suska.ac.id

ABSTRAK

Kecelakaan kerja di laboratorium sains tetap menjadi isu yang mendapat perhatian banyak karena bisa mengganggu keselamatan orang yang menggunakan laboratorium, menghambat proses belajar mengajar, dan memengaruhi kegiatan penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab kecelakaan kerja di laboratorium sains serta cara-cara untuk mencegahnya dengan menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) yang digabungkan dengan analisis bibliometrik. Penelitian dilakukan dengan mencari artikel di *Google Scholar*, dengan rentang tahun publikasi 2021 hingga 2026. Awalnya sebanyak 400 artikel diidentifikasi, kemudian diseleksi menggunakan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020) melalui tahapan *identification*, *screening*, *eligibility*, dan *included* berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi sehingga tersisa 321 artikel yang memenuhi syarat untuk dianalisis. Analisis bibliometrik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* sebagai pemetaan hubungan antar kata kunci dan perkembangan tema penelitian. Hasil analisis menunjukkan bahwa penyebab kecelakaan kerja di laboratorium dapat dibagi menjadi tiga aspek, yaitu faktor dari manusia seperti kurangnya penggunaan alat pelindung diri dan kurangnya kesadaran tentang keselamatan, faktor lingkungan kerja seperti paparan bahan kimia, ventilasi yang tidak cukup, serta pengelolaan sampah yang buruk, dan faktor manajemen seperti SOP yang tidak memadai, kurangnya pelatihan, serta minimnya komitmen dari institusi. Strategi utama untuk mencegah kecelakaan adalah menerapkan HIRARC/HIRADC, meningkatkan penggunaan alat pelindung diri secara tepat, memberikan pelatihan keselamatan dan kesehatan kerja secara rutin, serta memperkuat sistem manajemen laboratorium. Analisis *VOSviewer* menemukan lima kluster penelitian utama yang saling terhubung, di mana kata kunci "laboratorium", "kecelakaan kerja", dan "K3" menjadi node pusat. Penelitian ini memberikan kontribusi dengan menggabungkan hasil *Systematic Literature Review* (SLR) dan analisis bibliometrik, serta memetakan hubungan aspek manusia, lingkungan, dan manajemen dalam satu sistem analisis, sebagai dasar untuk menciptakan program pencegahan kecelakaan yang lebih baik di laboratorium sains.

Kata Kunci: Kecelakaan Kerja Laboratorium; Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3); Faktor Risiko; Alat Pelindung Diri (APD); *Systematic Literature Review*; Bibliometrik; *VOSviewer*

This is an open access article under the CC - BY license.



PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) telah menjadi perhatian global yang mendapat perhatian besar di berbagai sektor, termasuk sektor pendidikan dan penelitian yang menggunakan laboratorium sebagai jalan utama untuk kegiatan ilmiah. Laboratorium sains merupakan lingkungan kerja yang memiliki berbagai potensi bahaya fisik, kimia, biologis, ergonomi, dan psikososial yang dapat memicu kecelakaan kerja jika tidak dikelola secara tepat (Hakim et al., 2023). Kecelakaan kerja masih menjadi tantangan global yang signifikan karena menyebabkan cedera, gangguan kesehatan, penurunan produktivitas, dan kerugian ekonomi cukup besar dan ini banyak diteliti oleh penelitian internasional. Kondisi ini menunjukkan bahwa penerapan sistem keselamatan kerja tidak hanya diperlukan dalam sektor industri, tetapi juga harus diterapkan dalam lingkungan laboratorium pendidikan dan penelitian. Upaya mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja di laboratorium menjadi langkah penting untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan berkelanjutan.

Laboratorium sains memiliki karakteristik risiko yang berbeda dibandingkan lingkungan pekerja lainnya karena melibatkan penggunaan bahan kimia berbahaya, peralatan gelas, instrumen listrik, sumber panas, serta

aktivitas eksperimen yang berpotensi menimbulkan kecelakaan. Kegiatan praktikum kimia mengandung berbagai risiko yang dapat menyebabkan cedera akibat tumpahan bahan kimia, paparan zat berbahaya, maupun kerusakan peralatan laboratorium (Yuniar et al., 2026). Risiko tersebut menyebabkan peningkatan pada prosedur keselamatan, jika tidak diterapkan secara konsisten oleh pengguna laboratorium. Tingginya kompleksitas aktivitas laboratorium menunjukkan bahwa pengendalian risiko kecelakaan kerja harus dilakukan secara sistematis sejak tahap perencanaan hingga evaluasi kegiatan (Kusuma & Bima, 2022). Hal ini membuktikan setiap laboratorium memerlukan sistem manajemen keselamatan yang mampu mengantisipasi berbagai potensi bahaya yang muncul selama proses praktikum maupun penelitian.

Teori-teori kecelakaan kerja sebagian besar didasarkan pada penyebab kecelakaan, yang menyatakan bahwa kecelakaan bukan hanya kejadian acak, tetapi merupakan hasil dari interaksi antara berbagai faktor penyebab. Kondisi tidak aman dan tindakan yang menyebabkan lingkungan laboratorium menjadi berbahaya, serta kekurangan dalam pengendalian manajemen merupakan faktor terbesar yang memicu kecelakaan kerja (Ghuzdewan & Damanik, 2019). Dalam konteks laboratorium, konsep ini penting karena berbagai penelitian menunjukkan bahwa cara pengguna fasilitas laboratorium serta kualitas sistem pengelolaan keselamatan sangat memengaruhi tingkat risiko terjadinya kecelakaan. penggunaan HIRADC bisa membantu menemukan koneksi antara sumber bahaya, tingkat risiko, dan langkah-langkah pengendalian yang dibutuhkan (Budianingsih et al., 2026). teori keselamatan kerja saat ini juga menekankan betapa pentingnya budaya keselamatan sebagai bagian dari organisasi yang memengaruhi cara seorang laboran berperilaku saat bekerja secara aman.

Faktor manusia adalah faktor terbesar yang menyebabkan kecelakaan kerja di laboratorium. Javanesia et al. (2026) menemukan bahwa tingkat kepatuhan dalam menggunakan alat pelindung diri dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan seseorang, nilai-nilai budaya tentang keselamatan, serta kesadaran mereka terhadap bahaya yang mungkin terjadi dalam bekerja. Mematuhi penggunaan alat pelindung diri (APD) sangat penting untuk mengurangi risiko terjadi kecelakaan atau paparan bahaya di laboratorium (Wulandari, 2026). Kurangnya kesadaran mengikuti prosedur keselamatan bisa meningkatkan risiko terjadi kontak langsung dengan bahan berbahaya dan peralatan yang berpotensi menyebabkan cedera. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa meningkatkan kemampuan dan sikap aman pengguna laboratorium merupakan hal penting dalam upaya mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

Salah satu faktor yang menyebabkan kecelakaan kerja di laboratorium adalah kondisi lingkungan kerja. Paparan bahan kimia berbahaya bisa menyebabkan dampak buruk bagi kesehatan, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang, jika tidak dikelola dengan baik (Ramadhani et al., 2026). Risiko itu bisa semakin besar karena fasilitas yang tidak memadai, seperti ventilasi yang kurang baik, serta pengelolaan sampah laboratorium yang belum memenuhi standar keselamatan. Praktikum yang menggunakan bahan berreaksi dan alat laboratorium harus diawasi dan dikendalikan secara ketat (Yuniar et al., 2026). Oleh karena itu, mengidentifikasi sumber bahaya lingkungan merupakan bagian yang penting dalam sistem manajemen keselamatan laboratorium.

Manajemen laboratorium juga memainkan peran penting terhadap terjadinya kecelakaan kerja di laboratorium. Pengelolaan laboratorium yang baik membutuhkan perencanaan, penyusunan, pelaksanaan, serta pengawasan yang saling terhubung (Sopyan et al., 2026). Kurangnya kualitas dalam membuat SOP, serta rendahnya pelatihan yang diberikan, serta rendahnya komitmen institusi terhadap budaya keselamatan kerja dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan di tempat kerja. Penggunaan sistem identifikasi bahaya dan pengendalian risiko dapat membantu laboratorium dalam mengurangi kemungkinan terjadinya insiden kerja (Budianingsih et al., 2026). hal ini membuktikan bahwa kecelakaan kerja tidak hanya terjadi karena tindakan seseorang, tetapi juga dipengaruhi oleh tingkat manajemen laboratorium yang belum diterapkan secara sempurna.

Berdasarkan literatur, pada penelitian sebelumnya sudah banyak yang membahas tentang berbagai penyebab kecelakaan kerja di laboratorium salah satunya yaitu disebabkan karena kondisi tempat kerja di laboratorium, perilaku pengguna laboratorium, serta aspek pengelolaan keselamatan di laboratorium. Tetapi, sebagian besar masih banyak penelitian yang membahas terkait tentang faktor-faktor kecelakaan kerja tersebut namun di bahas secara terpisah dan hanya berfokus pada kondisi ataupun jenis laboratorium tertentu. Akibatnya, belum ada gambaran yang jelas terkait tentang faktor-faktor utama yang sering menyebabkan kecelakaan kerja di laboratorium sains, serta hubungan antara faktor manusia, lingkungan, dan manajemen

dalam mempengaruhi tingkat risiko kecelakaan. Selain itu, peningkatan jumlah penelitian tentang keselamatan laboratorium dalam beberapa tahun terakhir ini belum ada data literatur yang dapat menyimpulkan dan memetakan temuan-temuan tersebut secara sistematis. Selain itu, penelitian tentang penggabungan pendekatan *Systematic Literature Review* dengan analisis bibliometrik untuk mengetahui hubungan antar faktor penyebab kecelakaan kerja di laboratorium serta mengenali tren penelitian dalam periode 2021 hingga 2026 belum banyak ditemukan. Kondisi ini menunjukkan bahwa masih ada kekurangan dalam penelitian yang perlu dilakukan agar terdapat pemahaman yang lebih lengkap mengenai penyebab kecelakaan kerja di laboratorium sains dan juga upaya pencegahan untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan di laboratorium sains.

Kecelakaan kerja di laboratorium menjadi permasalahan yang semakin penting untuk segera diatasi karena laboratorium digunakan secara luas dalam bidang pendidikan, penelitian, dan pengembangan ilmu pengetahuan. Pelatihan K3 di laboratorium merupakan salah satu cara penting untuk meningkatkan kesiapan pengguna laboratorium menghadapi berbagai ancaman dan bahaya yang mungkin terjadi (Maharani et al., 2026). kesiapan dalam evakuasi darurat juga merupakan bagian penting dari sistem pencegahan kecelakaan dan penanganan keadaan darurat (Putri et al., 2026). Jika risiko di laboratorium tidak dikelola dengan baik, maka akibatnya tidak hanya berupa cedera fisik, tetapi juga bisa mengganggu kegiatan belajar dan penelitian. Sebab itu, memperkuat sistem keselamatan di laboratorium merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi lembaga pendidikan maupun penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan dan menganalisis secara terstruktur berbagai penyebab kecelakaan kerja di laboratorium sains serta cara-cara yang bisa dilakukan untuk mencegahnya. Inovasi penelitian ini terletak pada menggabungkan hasil dari berbagai penelitian yang membahas faktor manusia, kondisi lingkungan kerja, dan manajemen keselamatan dalam satu pepaduan yang menyeluruh. Secara teori, penelitian ini diharapkan bisa membantu meningkatkan pemahaman tentang keselamatan di laboratorium dengan mengidentifikasi penyebab utama kecelakaan yang sering terjadi. Secara nyata, hasil penelitian ini bisa dijadikan acuan bagi sekolah, pengelola laboratorium, dan pihak yang membuat kebijakan dalam membuat program pencegahan kecelakaan yang lebih baik. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan bisa memberikan manfaat nyata dalam meningkatkan budaya keselamatan dan memperkuat sistem pengelolaan keselamatan dan kesehatan kerja di laboratorium sains.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020) yang meliputi tahapan *identification*, *screening*, *eligibility*, dan *included* (Page et al., 2021). Pedoman ini digunakan untuk mengidentifikasi, menyeleksi, mengevaluasi, dan mensintesis artikel mengenai faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja di laboratorium sains serta upaya pencegahannya. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan analisis bibliometrik sebagai metode kuantitatif untuk memetakan struktur intelektual, hubungan antarkonsep, dan perkembangan topik penelitian dalam literatur yang dianalisis. Analisis bibliometrik dilakukan melalui pemetaan ko-okurensi (co-occurrence) kata kunci menggunakan perangkat lunak VOSviewer versi 1.6.20. Kombinasi kedua pendekatan tersebut memungkinkan penelitian tidak hanya menyajikan rangkuman hasil secara sistematis, tetapi juga menampilkan tren tema serta hubungan antar konsep dalam literatur yang dikaji.

Penelitian ini menggunakan basis data *Google Scholar* sebagai sumber utama, karena platform ini menyediakan artikel ilmiah dari dalam maupun luar negeri secara luas, termasuk beberapa jurnal yang belum seluruhnya tercantum dalam basis data berbayar seperti *Scopus* atau *Web of Science*. *Google Scholar* dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu mengidentifikasi dan mensintesis literatur tentang kecelakaan kerja di laboratorium sains, terutama artikel dalam bahasa Indonesia yang diterbitkan antara tahun 2021 hingga 2026. Untuk mengurangi kemungkinan bias dalam publikasi yang muncul karena penggunaan satu sumber data, seleksi dilakukan dengan sangat hati-hati menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi serta mengevaluasi kualitas artikel sebelum proses sintesis dilakukan. Hasil pencarian kemudian diunduh dalam format RIS dan diproses lebih lanjut. Pemetaan jaringan kata kunci dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak VOSviewer, yang digunakan untuk memetakan dan memvisualisasikan jaringan bibliometrik. Penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan beberapa kata kunci seperti "kecelakaan kerja laboratorium", "laboratorium sains", "keselamatan dan kesehatan kerja", "K3 laboratorium", "hazard identification", "risk assessment", "risk control", dan

"pencegahan kecelakaan laboratorium". Untuk mendapatkan artikel yang relevan, kata kunci tersebut digabungkan dengan menggunakan operator Boolean AND dan OR.

Table 1. kriteria Inklusi dan Eksklusi Artikel

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Tahun publikasi	2021–2026	Sebelum 2021
Jenis dokumen	Artikel jurnal ilmiah	Prosiding, skripsi, tesis, disertasi, buku
Bahasa	Indonesia dan Inggris	Selain Indonesia dan Inggris
Topik	Faktor penyebab kecelakaan kerja di laboratorium sains dan upaya pencegahannya	Tidak sesuai fokus penelitian
Akses	Full text	Hanya abstrak

Proses pemilihan artikel mengikuti tahapan PRISMA 2020 yang dimulai dengan mengidentifikasi semua artikel hasil pencarian pada *Google Scholar*. Selanjutnya dilakukan proses *screening* (penyaringan) dengan memeriksa judul dan abstrak artikel untuk menghilangkan artikel yang tidak sesuai atau artikel duplikat. Artikel yang lolos pada tahap penyaringan selanjutnya masuk ke tahap *eligibility*, di mana naskah dibaca secara menyeluruh sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang sudah ditentukan. Artikel yang memenuhi semua persyaratan berikut akan dimasukkan ke dalam tahap selanjutnya untuk dianalisis lebih lanjut. Instrumen penelitian berupa lembar ekstraksi data (*data extraction form*) yang digunakan untuk mengumpulkan informasi secara teratur dari setiap artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Informasi yang diambil mencakup identitas artikel, nama penulis, tahun penelitian dilakukan, tujuan dari penelitian tersebut, metode yang digunakan dalam penelitian, jenis laboratorium yang digunakan, faktor-faktor yang menyebabkan kecelakaan kerja, upaya-upaya pencegahan yang dilakukan, serta hasil-hasil penting dari penelitian tersebut. Lembar ekstraksi data digunakan agar proses pengumpulan data tetap konsisten, sehingga setiap artikel dianalisis menggunakan variabel yang sama.

Untuk mendapatkan hasil sintesis data yang relevan, setiap artikel yang berhasil melewati tahap seleksi selanjutnya akan dilakukan *quality assessment*. Penilaian kualitas dilakukan dengan melihat sejauh mana topik penelitian sesuai, tujuan penelitian jelas, metode penelitian tepat, hasil penelitian lengkap, serta temuan relevan dengan tujuan peninjauan literatur sistematis. Artikel yang tidak memenuhi standar kualitas atau tidak memberikan informasi yang cukup, maka tidak akan disertakan pada proses analisis. Selain itu, lembar ekstraksi data digunakan secara konsisten dalam semua artikel, sehingga mengurangi kesalahan saat mencatat dan memperkuat keandalan proses penyusunan. Analisis data dilakukan melalui dua tahap. Langkah pertama menggunakan *VOSviewer* versi 1.6.20 untuk menganalisis data bibliometrik berdasarkan kemunculan bersama kata kunci, sehingga menghasilkan visualisasi jaringan yang menunjukkan hubungan antar konsep dalam penelitian. Visualisasi tersebut membantu menemukan tema utama, pola hubungan antarvariabel, serta tren perkembangan penelitian tentang kecelakaan kerja di laboratorium sains. Tahap kedua dilakukan dengan cara menganalisis isi secara manual (*sintesis naratif*), yaitu dengan mengelompokkan hasil penelitian berdasarkan tema utama, yaitu faktor manusia, faktor lingkungan kerja, faktor manajemen, serta upaya pencegahan kecelakaan kerja. Selanjutnya dilakukan penjelasan terhadap kaitan antar hasil penelitian agar diperoleh pemahaman yang menyeluruh mengenai faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja di laboratorium sains serta cara-cara mencegahnya.

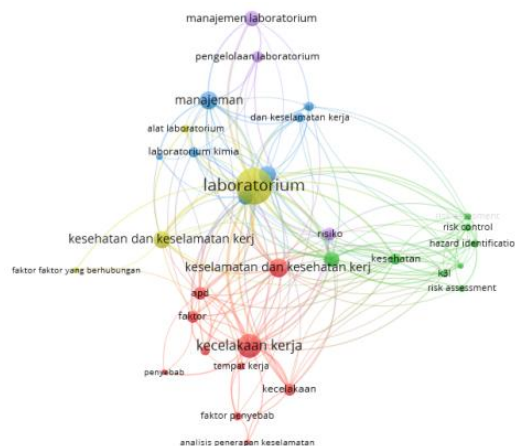
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Analisis bibliometrik menggunakan *VOSviewer* menghasilkan pemetaan jaringan kata kunci yang menggambarkan bagaimana struktur pengetahuan, hubungan antarkonsep, dan perkembangan topik penelitian mengenai kecelakaan kerja di laboratorium sains selama tahun 2021 hingga 2026. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa kata kunci *laboratorium* kemunculan dan keterkaitan yang paling tinggi dibandingkan dengan kata kunci lainnya. Kata kunci *laboratorium* yang dominan menunjukkan bahwa laboratorium tidak hanya dianggap sebagai tempat terjadinya kecelakaan kerja, tetapi juga dianggap sebagai sistem kerja yang melibatkan aspek manusia, alat, lingkungan, serta manajemen keselamatan. Visualisasi tersebut juga mengenali laboratorium menjadi tema utama yang menghubungkan berbagai penelitian, sehingga berperan sebagai pusat

keterkaitan antarvariabel yang muncul dalam literatur yang dianalisis. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa penelitian sebelumnya lebih cenderung melihat kecelakaan kerja sebagai akibat dari faktor tunggal, sebagai penyebab kecelakaan laboratorium yang dipengaruhi oleh cara berbagai faktor berinteraksi di dalam lingkungan kerja.

Hubungan yang kuat antara kata kunci seperti kecelakaan kerja, keselamatan dan kesehatan kerja, risiko, dan manajemen yang menunjukkan bahwa penelitian tentang kecelakaan di laboratorium kini sudah terdapat perbedaan cara pandangnya, yang hanya melihat penyebab dari individu menjadi pendekatan yang melibatkan sistem, dan lebih memperhatikan pengelolaan risiko serta budaya keselamatan. Temuan ini menunjukkan bahwa masalah kecelakaan kerja di laboratorium tidak bisa dipisahkan dari cara mengelola risiko dan penerapan K3 yang baik. Ini menunjukkan bahwa aktivitas di laboratorium memiliki berbagai bahaya yang perlu dikelola secara sistematis yang menekankan pentingnya pendekatan HIRADC dalam mengendalikan risiko kerja (Budianingsih et al., 2026).



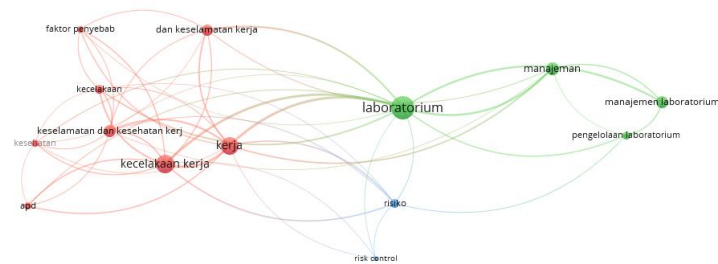
Gambar 1. Visualisasi jaringan data keseluruhan

Visualisasi jaringan juga menunjukkan terbentuknya lima klaster utama yang merepresentasikan fokus penelitian yang berbeda. Klaster pertama berkaitan dengan faktor penyebab kecelakaan kerja yang ditunjukkan oleh kata kunci *kecelakaan kerja*, *faktor*, *penyebab*, dan *APD*. Klaster kedua berhubungan dengan konsep manajemen risiko melalui kata kunci *risk assessment*, *risk control*, dan *hazard identification*. Klaster ketiga menggambarkan aspek operasional laboratorium yang melibatkan penggunaan alat laboratorium dan aktivitas praktikum. Klaster keempat menyoroti pentingnya tata kelola laboratorium melalui konsep manajemen dan pengelolaan laboratorium. Klaster terakhir menghubungkan keselamatan dan kesehatan kerja dengan lingkungan laboratorium secara umum. Pola tersebut menunjukkan bahwa penelitian mengenai kecelakaan kerja laboratorium berkembang dalam berbagai perspektif yang saling melengkapi, mulai dari faktor individu hingga sistem organisasi.

Hubungan antarklaster menunjukkan bahwa penyebab kecelakaan di laboratorium tidak terjadi sendiri, tetapi dipengaruhi oleh interaksi berbagai faktor. Klaster faktor manusia sangat berkaitan dengan klaster keselamatan dan kesehatan kerja karena penggunaan alat pelindung diri dan kepatuhan terhadap prosedur kerja yang aman di laboratorium. Di sisi lain, klaster penilaian risiko, pengendalian risiko, dan identifikasi bahaya berkaitan dengan klaster manajemen laboratorium yang menunjukkan bahwa proses pengendalian risiko merupakan bagian penting dalam pengelolaan laboratorium. Hubungan ini menunjukkan bahwa kemampuan mencegah kecelakaan tergantung pada kerja sama bukan individu, sistem manajemen, dan pengelolaan risiko yang dilakukan secara terus menerus.

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa faktor penyebab kecelakaan kerja di laboratorium dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama, yaitu faktor manusia, faktor lingkungan kerja, dan faktor manajemen (Yuniar et al., 2026). Faktor manusia menjadi tema yang paling dominan dalam berbagai penelitian yang dianalisis. Rendahnya kepatuhan mahasiswa dalam menggunakan alat pelindung diri berkontribusi terhadap meningkatnya risiko kecelakaan dan paparan bahaya di laboratorium (Javanesia et al., 2026). Kepatuhan penggunaan APD memiliki hubungan erat dengan tingkat keselamatan kerja petugas laboratorium. Rendahnya kesadaran terhadap prosedur keselamatan menyebabkan pengguna laboratorium

lebih rentan mengalami cedera maupun paparan bahan berbahaya. Kondisi ini menunjukkan bahwa perilaku individu masih menjadi faktor dominan dalam terjadinya kecelakaan kerja laboratorium.

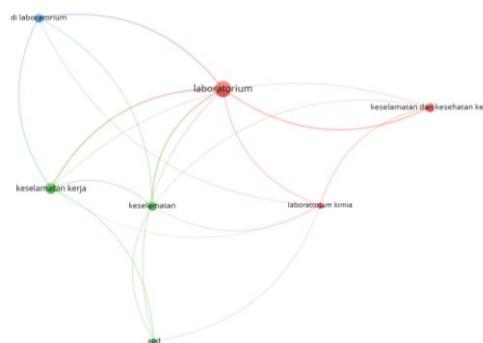


Gambar 2. Visualisasi jaringan faktor kecelakaan kerja

Selain faktor manusia, faktor lingkungan kerja juga ditemukan sebagai penyebab penting terjadinya kecelakaan kerja. Lingkungan laboratorium memiliki karakteristik yang kompleks karena melibatkan penggunaan bahan kimia, alat laboratorium, sumber panas, dan berbagai peralatan berisiko tinggi. Pada praktikum kimia memiliki berbagai potensi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan apabila tidak dilakukan pengendalian risiko secara tepat. Paparan pada bahan kimia merupakan salah satu sumber risiko terbesar yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan maupun kecelakaan kerja (Nurcantika et al., 2025). Keberadaan bahan mudah terbakar, bahan korosif, dan zat toksik meningkatkan tingkat kerentanan pengguna laboratorium terhadap berbagai insiden. Oleh karena itu, pengelolaan lingkungan kerja menjadi komponen penting dalam sistem keselamatan laboratorium.

Faktor manajemen menjadi kategori ketiga yang banyak ditemukan dalam penelitian terdahulu. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelemahan sistem pengelolaan laboratorium dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja. Pengelolaan laboratorium yang tidak terstruktur dapat menyebabkan ketidaksesuaian prosedur kerja dan lemahnya pengawasan terhadap aktivitas laboratorium (Putra et al., 2024). Kurang optimalnya penerapan identifikasi bahaya dan penilaian risiko menjadi salah satu penyebab munculnya potensi kecelakaan yang tidak terdeteksi sejak awal (Fakhrudin, 2025). Temuan tersebut menunjukkan bahwa kecelakaan kerja tidak hanya dipengaruhi oleh individu, tetapi juga oleh kualitas sistem manajemen keselamatan yang diterapkan dalam organisasi. Semakin baik sistem pengelolaan laboratorium, semakin kecil kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja.

Penerapan manajemen risiko merupakan strategi pencegahan yang paling banyak direkomendasikan dalam literatur. Kata kunci *hazard identification*, *risk assessment*, dan *risk control* muncul sebagai tema dominan pada hasil visualisasi VOSviewer. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penelitian terdahulu memandang identifikasi bahaya dan pengendalian risiko sebagai langkah utama dalam mencegah kecelakaan kerja. Penerapan HIRADC membantu organisasi mengidentifikasi sumber bahaya secara sistematis dan menentukan tindakan pengendalian yang sesuai (Islah et al., 2024). Upaya pencegahan berikutnya yang banyak dibahas dalam literatur adalah peningkatan kepatuhan penggunaan alat pelindung diri. Hasil analisis menunjukkan bahwa APD memiliki keterhubungan yang kuat dengan kata kunci kecelakaan kerja dan faktor penyebab (Salsabia et al., 2025). Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan APD masih menjadi perhatian utama dalam berbagai penelitian keselamatan laboratorium. Kepatuhan penggunaan APD dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan dan persepsi risiko pengguna laboratorium. Hasil tersebut menunjukkan bahwa APD berfungsi sebagai lapisan perlindungan terakhir yang sangat penting dalam sistem pengendalian bahaya laboratorium.



Gambar 3. Visualisasi jaringan pencegahan kecelakaan kerja

Pelatihan keselamatan dan kesehatan kerja juga menjadi strategi yang banyak direkomendasikan oleh penelitian terdahulu. Pelatihan K3 laboratorium mampu meningkatkan kesadaran keselamatan, pemahaman prosedur kerja aman, serta kesiapan pengguna dalam menghadapi kondisi darurat (Raisa Sevina et al., 2024). Peningkatan pada kesiagaan evakuasi darurat berkontribusi terhadap pengurangan risiko kecelakaan dan dampak insiden kerja (Soewardi et al., 2026). Pelatihan yang dilakukan secara berkala memungkinkan pengguna laboratorium memahami prosedur keselamatan dengan lebih baik. Selain itu, pelatihan juga dapat membentuk budaya keselamatan yang lebih kuat di lingkungan laboratorium. Oleh karena itu, pelatihan K3 perlu menjadi bagian integral dalam sistem pengelolaan laboratorium.

Pembahasan

Penelitian menunjukkan bahwa kecelakaan di laboratorium sains adalah permasalahan yang kompleks, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti perilaku manusia, kondisi lingkungan kerja, serta manajemen laboratoriumnya (Soewardi et al., 2026). Kecelakaan terjadi karena urutan faktor-faktor yang saling terkait, mulai dari kelemahan dalam manajemen hingga tindakan tidak aman yang dilakukan individu (Khotimah et al., 2026). Di laboratorium, tindakan pengguna yang tidak mengikuti aturan keselamatan sering kali menjadi penyebab awal terjadinya kecelakaan. Dapat dilihat bahwa faktor manusia yang menjadi penyebab utama dalam sintesis literatur tidak berarti bahwa individu adalah satu-satunya faktor penyebab kecelakaan kerja pada laboratorium. Namun, tingginya faktor manusia dalam kecelakaan kerja di laboratorium dilihat dari ketidakmampuan sistem manajemen laboratorium untuk menciptakan budaya keselamatan, memberikan pelatihan yang cukup, dan memastikan pengawasan terhadap kepatuhan SOP di laboratorium. Oleh karena itu, hasil penelitian ini sejalan dengan pendekatan Safety-II yang dikembangkan Hollnagel (2018) bahwa kesalahan yang dilakukan seseorang biasanya menunjukkan adanya kegagalan dalam sistem yang lebih mendasar.

Hasil analisis bibliometrik menunjukkan bahwa topik risiko mendominasi, yang menunjukkan bahwa pendekatan penelitian keselamatan laboratorium saat ini lebih mengarah pada cara pencegahan daripada cara penanganan setelah terjadi. Peneliti biasanya lebih memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan mengenali dan mengurangi bahaya sebelum terjadi kecelakaan (Abedsoltan & Shiflett, 2024). Langkah mengenali dan mengevaluasi risiko membantu perusahaan mendeteksi kemungkinan masalah sebelum masalah itu terjadi. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa penelitian sebelumnya lebih banyak fokus pada faktor-faktor yang menyebabkan kecelakaan secara terpisah, sesuai dengan kondisi di laboratorium yang diteliti. Beberapa penelitian membahas laboratorium kimia, sedangkan penelitian lainnya mengangkat topik laboratorium kesehatan atau pendidikan. Kondisi itu membuat pemahaman tentang hubungan antara faktor manusia, lingkungan, dan manajemen masih belum menyeluruh.

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian Hakim et al. (2023) dan Islah et al. (2024) menyatakan bahwa penerapan identifikasi bahaya dan pengendalian risiko adalah strategi penting dalam mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja di laboratorium. Namun, berbeda dengan penelitian Putra et al. (2024) yang lebih fokus pada aspek manajemen laboratorium sebagai penyebab utama kecelakaan kerja, hasil sintesis dalam penelitian ini menunjukkan bahwa faktor manusia tetap menjadi topik yang paling sering dilaporkan. Perbedaan hasil analisis ini disebabkan karena artikel yang dianalisis dalam penelitian ini berasal dari berbagai jenis laboratorium, sehingga menyebabkan variasi karakteristik risiko yang lebih beragam.

Kontribusi utama penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu mengintegrasikan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan analisis bibliometrik yang memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai penyebab kecelakaan kerja dan upaya untuk mencegahnya di berbagai jenis laboratorium sains. Pendekatan ini tidak hanya merangkum hasil penelitian sebelumnya, tetapi juga memetakan tema penelitian, hubungan antarkonsep, dan tren penelitian laboratorium terbaru. Oleh karena itu, pendekatan penelitian ini lebih komprehensif dibandingkan penelitian terdahulu yang umumnya hanya berfokus pada satu jenis laboratorium atau satu faktor penyebab tertentu. Hasil sintesis pendekatan ini dapat menjadi dasar untuk membuat model keselamatan laboratorium yang lebih terpadu dan mampu menyesuaikan diri dengan berbagai kondisi lingkungan kerja. Selain itu, hasil sintesis pada penelitian ini dapat digunakan dalam mengelola laboratorium di sekolah maupun perguruan tinggi, seperti dasar dalam penyusunan materi pelatihan K3, evaluasi kepatuhan terhadap SOP, dan pengembangan pembelajaran praktikum berbasis

manajemen risiko sehingga mahasiswa tidak hanya memahami prosedur praktikum, tetapi juga memiliki budaya keselamatan sejak awal.

Meskipun konsep keselamatan dan kesehatan kerja memiliki keterhubungan yang kuat dalam jaringan kata kunci, pembahasan mengenai budaya keselamatan masih relatif terbatas dibandingkan tema risiko dan kecelakaan kerja. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang dapat dieksplorasi lebih lanjut oleh peneliti berikutnya. Temuan ini sejalan dengan pemikiran hasil penelitian Soewardi et al. (2026) menunjukkan budaya keselamatan kerja yang kuat dapat meningkatkan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan yang aman. Hasil penelitian yang sama ditemukan Khotimah et al. (2026) menemukan bahwa laboratorium dengan komitmen manajemen yang tinggi memiliki tingkat kepatuhan dalam penggunaan APD serta penerapan prosedur keselamatan yang lebih baik dibandingkan laboratorium yang belum memiliki budaya keselamatan yang konsisten. Oleh karena itu, pengembangan budaya keselamatan dapat menjadi salah satu agenda penting dalam upaya menurunkan angka kecelakaan kerja di laboratorium sains.

SIMPULAN

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) yang digabungkan dengan analisis bibliometrik terhadap 321 artikel yang dipilih dari *Google Scholar* antara tahun 2021 hingga 2026, untuk menemukan faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja di laboratorium sains serta upaya-upaya yang dilakukan untuk mencegahnya. Hasil penelitian menunjukkan terdapat tiga faktor utama penyebab kecelakaan kerja di laboratorium yaitu faktor manusia, faktor lingkungan kerja, dan faktor manajemen. Sedangkan solusi pencegahan yang paling direkomendasikan yaitu penerapan HIRARC/HIRADC, peningkatan penggunaan alat pelindung diri (APD) secara tepat, pelatihan keselamatan dan kesehatan kerja secara berkala, serta penguatan sistem manajemen laboratorium. Analisis bibliometrik menemukan lima kalaster topik utama yang berfokus pada laboratorium, kecelakaan kerja, serta keselamatan dan kesehatan di tempat kerja. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah menggabungkan hasil *Systematic Literature Review* dengan analisis bibliometrik, sehingga bisa memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai hubungan antara faktor-faktor penyebab kecelakaan, tren penelitian, serta kekurangan-kekurangan dalam riset keselamatan laboratorium sains.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, karena hanya menggunakan *Google Scholar* sebagai sumber data dan membatasi artikel hanya dari periode 2021 hingga 2026, sehingga masih ada kemungkinan terdapat penelitian yang lebih relevan dari sumber data lain yang tidak dimasukkan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penelitian berikutnya dianjurkan menggunakan berbagai sumber data ilmiah yang memperluas jangka waktu publikasi, serta menganalisis kinerja penerapan budaya keselamatan, *biosafety*, *biosecurity*, dan teknologi digital dalam pengelolaan keselamatan laboratorium melalui penelitian yang didasarkan pada fakta.

Daftar Pustaka

- Abedsoltan, H., & Shiflett, M. B. (2024). Mitigation of Potential Risks in Chemical Laboratories: A Focused Review. *ACS Chemical Health and Safety*, 31(2), 104–120. <https://doi.org/10.1021/acs.chas.3c00097>
- Budianingsih, E. ... Kurniawan, I. (2026). Implementasi Perencanaan (K3) Melalui Pembentukan Tim dan HIRADC di Laboratorium Klinik X. *Jurnal Medika: Medika*, 1906–1916.
- Fakhruddin. (2025). Evaluasi Sistem Manajemen Risiko Pada Laboratorium Kimia Dengan Studi Multi-Kasus Di Perguruan Tinggi Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Sains Dan Teknologi*, 3(1), 6–10. <https://doi.org/10.33369/pelastek.v3i1.41298>
- Ghuzdewan, T., & Damanik, P. (2019). Analysis of accident in Indonesian construction projects. *MATEC Web of Conferences*, 258, 02021. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201925802021>
- Hakim, T. L. ... Harliyanti, W. (2023). Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko untuk Mengendalikan Potensi Kecelakaan Kerja di Laboratorium Klima Dasar Institut Teknologi Kalimantan (ITK). *Science and Physics Education Journal (SPEJ)*, 7(1), 8–19. <https://doi.org/10.31539/spej.v7i1.8071>
- Hazima Nurhaziza, S. ... Srisantyorini, T. (2025). Hubungan antara Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dan Tingkat Kecelakaan Kerja: Sebuah Review Literatur. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 2(4), 88–100. <https://doi.org/10.62017/jkmi>

- Hollnagel, E. (2018). *Safety-I and safety-II: the past and future of safety management*. CRC press.
- Islah, D. ... Rusnita, R. (2024). Penerapan Hazard Identification, Risk Assesment and Determining Control (Hiradc) Dalam Pengendalian Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Di Pt. Industri Kapal Indonesia. *Jurnal Keperawatan Dan Kesehatan Masyarakat Cendekia Utama*, 13(1), 60. <https://doi.org/10.31596/jcu.v13i1.1302>
- Javanesia, D. ... Ismawatie, E. (2026). ANALISIS FAKTOR KEPATUHAN MAHASISWA DALAM PENGGUNAAN ALAT PELINDUNG DIRI DI LABORATORIUM PATOLOGI KLINIK. *Plenary Health: Jurnal Kesehatan Paripurna*, 3(1), 1–6.
- Khotimah, K. ... Muhammad Rifai. (2026). The Relationship Between Occupational Safety and Health Management and Workplace Accidents in the Laboratory at Wahidin Sudirohusodo General Hospital, Makassar. *Jurnal Kesehatan Dan Kedokteran*, 5(1), 130–142. <https://doi.org/10.56127/jukeke.v5i1.2460>
- Kusuma, Y. A., & Bima, A. C. A. (2022). Pengelolaan Laboratorium dengan Menerapkan Analisis Manajemen Risiko. *Jurnal SENOPATI : Sustainability, Ergonomics, Optimization, and Application of Industrial Engineering*, 3(2), 95–101. <https://doi.org/10.31284/j.senopati.2022.v3i2.2903>
- Maharani, N. ... Febrianta, H. (2026). Pelatihan K3 Laboratorium di Lingkungan Perguruan Tinggi: Upaya Preventif Kecelakaan Kerja di Masa Transisi Digital. *ALKHIDMAH: Jurnal Pengabdian Dan Kemitraan Masyarakat*, 4(2), 91–105.
- Nurcantika, A. ... Lusida, N. (2025). Analisis Risiko Paparan Zat Beracun di Lingkungan Kerja: Studi Kasus pada Industri Kimia. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 4(9), 2186–2194. <https://doi.org/10.56799/jim.v4i9.10945>
- Page, M. J. ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Putra, R. E. ... Barmana, D. (2024). “ANKER” Video Prosedur K3 untuk Meningkatkan Kesadaran Kerja di Laboratorium Mikrobiologi. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 6(2), 133–144. <https://doi.org/10.14710/jplp.6.2.133-144>
- Putri, M. E. ... Kurniawan, I. (2026). Peningkatan Kesiapsiagaan Evakuasi Darurat pada Gedung Laboratorium Medis dan Klinik Utama Pramita dengan Satu Jalur Keluar. *Jurnal Medika: Medika*, 2385–2394.
- Raisa Sevina ... Kawuri Putri, S. (2024). Sosialisasi Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Laboratorium Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Jambi. *JDISTIRA*, 4(2), 406–410. <https://doi.org/10.58794/jdt.v4i2.1146>
- Ramadhani, N. A. ... Hasibuan, A. (2026). Kajian Toksikologi Industri terhadap Risiko Paparan Bahan Kimia pada Tenaga Kerja Rumah Sakit: Studi Literature. *Pengertian: Jurnal Pendidikan Indonesia (PJPI)*, 4(1), 83–98.
- Soewardi, H. ... A.P., R. A. A. (2026). Penguatan Budaya Keselamatan Laboratorium Universitas X Malaysia melalui Identifikasi Risiko dan Penerapan K3. *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, 7(1), 62–72. <https://doi.org/10.20885/jattec.vol7.iss1.art7>
- Sopyan, M. ... Juwariyah, S. (2026). Strategi Pengelolaan Laboratorium Sekolah. *Jurnal Pelita Manajemen Pendidikan*, 3(1), 173–184.
- Wulandari, C. (2026). Analisis Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) pada Petugas UPTD Balai Laboratorium Kesehatan, Pemeliharaan Kalibrasi ALKES Dinkes Provinsi Bangka Belitung. *Jurnal Masyarakat Sehat Indonesia*, 5(01), 70–80.
- Yuniar, Y., Suwartini, L., & Hanafi, H. (2026). Analisis risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Praktikum Kimia Anorganik menggunakan metode HIRARC. *Jurnal Penelitian Sains*, 26(1), 30–39.