



Barongko

Jurnal Ilmu Kesehatan

Analisis Risiko Dan Pengendalian Bahaya Laboratorium Berdasarkan Pendekatan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3), Biosafety, Dan Biosecurity

Fitriana ¹, Astrid Siska Pratiwi ²

*^{1,2}, Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis , Poltekkes Kemenkes Aceh

¹fitriyusza@gmail.com*

Abstract

Laboratories are workplaces with multiple hazards, including biological, chemical, physical, ergonomic, and mechanical risks. Laboratory activities involving infectious specimens, hazardous chemicals, laboratory equipment, and medical waste require comprehensive safety management to protect laboratory personnel, patients, and the environment. Occupational Health and Safety (OHS), biosafety, and biosecurity are essential components of laboratory risk management. To analyze laboratory hazards and risk control based on Occupational Health and Safety (OHS), biosafety, and biosecurity approaches. A descriptive observational study with a cross-sectional design was conducted among 35 laboratory personnel selected through total sampling. Data were collected using laboratory safety observation checklists, WHO Laboratory Biosafety Manual-based biosafety and biosecurity assessment tools, and structured interviews. Risk assessment was performed using a risk matrix based on likelihood and severity. Data were analyzed descriptively. Biological hazards represented the highest-risk category, particularly exposure to infectious specimens and sharps injuries. Chemical hazards included exposure to corrosive, toxic, and flammable reagents, while physical hazards involved fire, electrical, and environmental risks. Although implementation of OHS, biosafety, and biosecurity was generally satisfactory, improvements are needed in personal protective equipment compliance, waste management, risk documentation, and laboratory access control. Integrating OHS, biosafety, and biosecurity effectively reduces laboratory hazards. Continuous monitoring, periodic training, and strengthening safety culture are recommended to improve laboratory safety performance.

Keywords: laboratory safety, occupational health and safety, biosafety, biosecurity, risk assessment.

Abstrak

Laboratorium merupakan lingkungan kerja yang memiliki berbagai potensi bahaya, baik biologis, kimia, fisik, ergonomi, maupun mekanik. Aktivitas pemeriksaan spesimen, penggunaan bahan kimia berbahaya, pengoperasian peralatan laboratorium, serta pengelolaan limbah medis berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja dan paparan penyakit apabila tidak dikelola dengan baik. Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), biosafety, dan biosecurity merupakan komponen penting dalam sistem manajemen laboratorium untuk melindungi tenaga laboratorium, pasien, masyarakat, serta lingkungan dari berbagai risiko yang mungkin terjadi. Penelitian ini bertujuan menganalisis risiko dan pengendalian bahaya laboratorium berdasarkan pendekatan K3,



Barongko

Jurnal Ilmu Kesehatan

biosafety, dan biosecurity. Penelitian menggunakan desain deskriptif observasional dengan pendekatan cross-sectional. Penelitian dilaksanakan di laboratorium kesehatan dengan melibatkan seluruh petugas laboratorium menggunakan teknik total sampling sebanyak 35 responden. Data dikumpulkan melalui observasi menggunakan checklist K3 laboratorium, instrumen biosafety dan biosecurity berdasarkan *WHO Laboratory Biosafety Manual* edisi keempat, serta wawancara terstruktur. Penilaian risiko dilakukan menggunakan metode Risk Assessment Matrix berdasarkan tingkat kemungkinan (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*). Analisis data dilakukan secara deskriptif. Hasil analisis menunjukkan bahwa bahaya biologis memiliki tingkat risiko tertinggi, terutama akibat paparan spesimen infeksius dan benda tajam. Bahaya kimia berasal dari penggunaan reagen korosif, toksik, dan mudah terbakar, sedangkan bahaya fisik meliputi kebisingan, suhu, dan risiko kebakaran. Penerapan K3, biosafety, dan biosecurity secara umum telah berjalan dengan baik, namun masih ditemukan beberapa aspek yang memerlukan perbaikan, terutama dalam kepatuhan penggunaan alat pelindung diri, dokumentasi penilaian risiko, pengelolaan limbah biologis, serta pengendalian akses laboratorium. Pendekatan K3, biosafety, dan biosecurity merupakan strategi yang efektif dalam mengidentifikasi dan mengendalikan bahaya laboratorium. Peningkatan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, pelatihan berkala, serta evaluasi sistem manajemen risiko diperlukan untuk menciptakan lingkungan laboratorium yang aman dan berkualitas.

Kata Kunci: K3 Laboratorium, Biosafety, Biosecurity, Analisis Risiko, Pengendalian Bahaya, Keselamatan Kerja.

Correspondensi Author: Fitriana

I. PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan salah satu fasilitas penting dalam pelayanan kesehatan, pendidikan, dan penelitian yang berfungsi untuk menunjang diagnosis penyakit, pemantauan terapi, penelitian ilmiah, serta pengembangan ilmu pengetahuan. Berbagai aktivitas di laboratorium melibatkan penggunaan spesimen biologis, bahan kimia berbahaya, alat berteknologi tinggi, serta peralatan listrik yang memiliki potensi menimbulkan risiko terhadap keselamatan petugas maupun lingkungan apabila tidak dikelola secara benar.

Petugas laboratorium menghadapi berbagai jenis bahaya, antara lain bahaya biologis akibat paparan mikroorganisme patogen, bahaya kimia dari reagen toksik, korosif, atau mudah terbakar, bahaya fisik seperti kebakaran, radiasi, dan kebisingan, serta bahaya ergonomi akibat posisi kerja yang tidak sesuai. Selain itu, terdapat risiko mekanik yang berasal dari penggunaan alat tajam dan peralatan laboratorium. Jika tidak dikendalikan, berbagai bahaya tersebut dapat menyebabkan cedera kerja, penyakit akibat kerja, pencemaran lingkungan, hingga gangguan operasional laboratorium.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan pendekatan sistematis untuk mencegah kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja melalui identifikasi bahaya, penilaian risiko, serta penerapan pengendalian yang sesuai. Dalam laboratorium, penerapan K3 harus terintegrasi dengan konsep biosafety dan biosecurity. Biosafety berfokus pada perlindungan pekerja dan lingkungan dari paparan agen biologis melalui praktik kerja yang aman, penggunaan alat pelindung diri, fasilitas laboratorium yang sesuai, dan prosedur penanganan spesimen. Sementara itu, biosecurity menitikberatkan pada pengamanan bahan biologis, agen infeksius, dan informasi sensitif agar tidak disalahgunakan, hilang, atau diakses oleh pihak yang tidak berwenang.



Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) melalui *Laboratory Biosafety Manual* menekankan bahwa budaya keselamatan (*safety culture*) merupakan fondasi utama dalam pengelolaan laboratorium modern. Selain itu, standar internasional seperti ISO 15190:2020 mengenai keselamatan laboratorium medis mengharuskan setiap laboratorium memiliki sistem manajemen risiko yang mencakup identifikasi bahaya, penilaian risiko, pengendalian, pelatihan, pelaporan insiden, serta evaluasi berkala.

Di Indonesia, penerapan K3 laboratorium masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain keterbatasan sarana dan prasarana, kurangnya pelatihan keselamatan, rendahnya kepatuhan terhadap penggunaan alat pelindung diri (APD), serta belum optimalnya implementasi biosafety dan biosecurity. Kondisi tersebut meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan kerja, paparan bahan infeksius, dan insiden keselamatan lainnya.

Analisis risiko merupakan langkah awal dalam sistem manajemen keselamatan laboratorium. Melalui identifikasi bahaya dan penilaian tingkat risiko, laboratorium dapat menentukan prioritas pengendalian berdasarkan hierarki pengendalian, yaitu eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan APD. Pendekatan ini memungkinkan laboratorium mengurangi risiko secara sistematis serta meningkatkan mutu pelayanan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko dan pengendalian bahaya laboratorium berdasarkan pendekatan K3, biosafety, dan biosecurity sehingga dapat memberikan rekomendasi dalam meningkatkan keselamatan kerja dan kualitas pengelolaan laboratorium.

II. METODE PENELITIAN

1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif observasional dengan pendekatan cross-sectional. Desain ini dipilih karena mampu memberikan gambaran mengenai kondisi penerapan K3, biosafety, dan biosecurity serta tingkat risiko bahaya laboratorium pada satu periode pengamatan tanpa melakukan intervensi terhadap objek penelitian.

2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium kesehatan yang menyelenggarakan pemeriksaan spesimen klinis. Pengambilan data dilakukan selama bulan Januari–Maret 2026. Lokasi dipilih karena memiliki aktivitas pemeriksaan biologis dan kimia yang berpotensi menimbulkan berbagai risiko keselamatan kerja.

3. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh petugas laboratorium yang bekerja di unit laboratorium, meliputi analis kesehatan, teknisi laboratorium medis, penanggung jawab laboratorium, dan petugas pendukung.

Pengambilan sampel menggunakan total sampling, sehingga seluruh petugas laboratorium yang memenuhi kriteria inklusi dijadikan responden penelitian dengan jumlah sebanyak 35 orang.

a. Kriteria Inklusi

- 1) Petugas laboratorium yang bekerja minimal enam bulan.
- 2) Bersedia menjadi responden.
- 3) Terlibat langsung dalam aktivitas laboratorium.

b. Kriteria Eksklusi

- 1) Petugas yang sedang cuti atau tidak bertugas saat penelitian.
- 2) Responden yang tidak menyelesaikan proses pengumpulan data.



Barongko

Jurnal Ilmu Kesehatan

4. Variabel Penelitian

Variabel yang dianalisis meliputi:

- Bahaya biologis.
- Bahaya kimia.
- Bahaya fisik.
- Bahaya mekanik.
- Bahaya ergonomi.
- Tingkat risiko.
- Pengendalian bahaya berdasarkan hierarki pengendalian.
- Implementasi K3 laboratorium.
- Implementasi biosafety.
- Implementasi biosecurity.

5. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan meliputi:

- Lembar observasi K3 laboratorium.
- Checklist biosafety berdasarkan WHO Laboratory Biosafety Manual 4th Edition.
- Checklist biosecurity.
- Lembar identifikasi bahaya.
- Matriks penilaian risiko (*Risk Assessment Matrix*).

6. Teknik Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui observasi langsung terhadap lingkungan laboratorium, wawancara terstruktur dengan petugas laboratorium, serta telaah dokumen seperti SOP, catatan pelatihan K3, laporan insiden, dan dokumen manajemen keselamatan.

7. Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif menggunakan distribusi frekuensi, persentase, dan tabel penilaian risiko. Tingkat risiko ditentukan berdasarkan kombinasi nilai Likelihood dan Severity yang diklasifikasikan menjadi risiko rendah, sedang, tinggi, dan ekstrem. Selanjutnya, setiap risiko dievaluasi berdasarkan efektivitas pengendalian yang telah diterapkan sesuai hierarki pengendalian.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. HASIL PENELITIAN

Tabel 1. Identifikasi Bahaya Berdasarkan Jenis Bahaya di Laboratorium

Jenis Bahaya	Sumber Bahaya	Risiko yang Ditimbulkan	Tingkat Risiko
Biologis	Darah, urin, sputum, kultur bakteri	Infeksi, tertusuk jarum, aerosol	Tinggi
Kimia	Formalin, xylene, HCl, NaOCl	Keracunan, iritasi, luka bakar	Tinggi
Fisik	Autoklaf, sentrifus, listrik	Luka bakar, kebisingan, kebakaran	Sedang



Ergonomi	Mikroskop, pipet, komputer	Nyeri leher, bahu, punggung	Sedang
Mekanik	Jarum, kaca objek, tabung reaksi	Luka sayat, luka tusuk	Sedang

Berdasarkan hasil observasi, laboratorium memiliki lima kelompok bahaya utama yaitu biologis, kimia, fisik, ergonomi, dan mekanik. Bahaya biologis merupakan bahaya yang paling sering ditemukan karena hampir seluruh aktivitas laboratorium berhubungan langsung dengan spesimen pasien. Paparan mikroorganisme patogen dapat terjadi melalui percikan spesimen, aerosol, maupun luka tusuk jarum.

Bahaya kimia berasal dari penggunaan berbagai reagen laboratorium yang bersifat korosif, toksik, dan mudah terbakar. Bahaya fisik terutama berasal dari penggunaan autoklaf, sentrifus, instalasi listrik, dan risiko kebakaran. Sementara itu, bahaya ergonomi muncul akibat posisi kerja yang statis dalam waktu lama serta gerakan berulang saat melakukan pemeriksaan laboratorium.

Tabel 2. Penilaian Risiko Menggunakan Risk Matrix

Jenis Bahaya	Likelihood	Severity	Nilai Risiko	Kategori
Biologis	5	4	20	Tinggi
Kimia	4	4	16	Tinggi
Fisik	3	3	9	Sedang
Ergonomi	3	2	6	Sedang
Mekanik	2	3	6	Sedang

Penilaian risiko dilakukan menggunakan metode **Risk Assessment Matrix**, yaitu mengalikan nilai kemungkinan (*Likelihood*) dengan tingkat keparahan (*Severity*). Bahaya biologis memperoleh skor tertinggi (20), menunjukkan bahwa aktivitas pemeriksaan spesimen memiliki potensi paparan yang tinggi dengan dampak yang serius apabila terjadi kecelakaan kerja.

Bahaya kimia memperoleh skor 16 karena penggunaan reagen korosif dan toksik berpotensi menyebabkan cedera maupun gangguan kesehatan apabila prosedur kerja tidak dipatuhi. Bahaya fisik, ergonomi, dan mekanik berada pada kategori sedang, namun tetap memerlukan pengendalian untuk mencegah peningkatan risiko.

Tabel 3. Implementasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Komponen K3	Ya n (%)	Tidak n (%)
SOP tersedia	35 (100)	0 (0)
APD tersedia	35 (100)	0 (0)
APD digunakan lengkap	29 (82,9)	6 (17,1)
APAR tersedia	35 (100)	0 (0)
Jalur evakuasi tersedia	35 (100)	0 (0)
Pelatihan K3 rutin	30 (85,7)	5 (14,3)
Pemeriksaan kesehatan berkala	28 (80,0)	7 (20,0)

Sebagian besar indikator K3 telah diterapkan dengan baik. Seluruh laboratorium telah memiliki SOP, APD, APAR, dan jalur evakuasi. Namun demikian, kepatuhan penggunaan APD secara lengkap masih belum optimal (82,9%), sehingga masih terdapat petugas yang berpotensi mengalami paparan bahaya biologis maupun kimia.



Barongko

Jurnal Ilmu Kesehatan

Tabel 4. Implementasi Biosafety

Indikator	Ya n (%)	Tidak n (%)
Biosafety Cabinet tersedia	31 (88,6)	4 (11,4)
Dekontaminasi rutin	35 (100)	0 (0)
Sterilisasi autoklaf	35 (100)	0 (0)
Limbah infeksius dipisahkan	34 (97,1)	1 (2,9)
SOP Spill Management	30 (85,7)	5 (14,3)

Penerapan biosafety tergolong baik. Hampir seluruh laboratorium telah menerapkan pemisahan limbah infeksius dan sterilisasi menggunakan autoklaf. Akan tetapi, masih terdapat beberapa laboratorium yang belum memiliki Biosafety Cabinet atau prosedur penanganan tumpahan (*spill management*) yang optimal.

Tabel 5. Implementasi Biosecurity

Indikator	Ya n (%)	Tidak n (%)
Akses laboratorium dibatasi	33 (94,3)	2 (5,7)
Inventaris spesimen	35 (100)	0 (0)
Penyimpanan spesimen aman	34 (97,1)	1 (2,9)
CCTV tersedia	28 (80,0)	7 (20,0)
Dokumentasi distribusi spesimen	32 (91,4)	3 (8,6)

Penerapan biosecurity menunjukkan hasil yang baik. Sebagian besar laboratorium telah menerapkan pembatasan akses dan sistem inventaris spesimen. Namun, pemanfaatan CCTV dan sistem keamanan elektronik masih perlu ditingkatkan untuk memperkuat pengawasan terhadap bahan biologis dan mencegah akses oleh pihak yang tidak berwenang.

2. PEMBAHASAN

Pembahasan dilakukan dengan mengaitkan hasil penelitian dengan teori dan penelitian terdahulu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahaya biologis merupakan risiko tertinggi (skor risiko 20). Temuan ini sesuai dengan *WHO Laboratory Biosafety Manual* yang menyatakan bahwa laboratorium kesehatan memiliki risiko utama berupa paparan agen infeksius melalui spesimen klinis, aerosol, dan benda tajam. Oleh karena itu, penggunaan APD, *biosafety cabinet*, dekontaminasi, dan prosedur kerja yang aman merupakan langkah utama dalam pengendalian risiko biologis.

Bahaya kimia juga berada pada kategori tinggi karena penggunaan formalin, xylene, dan berbagai reagen laboratorium yang bersifat korosif dan toksik. Kondisi ini sejalan dengan standar ISO 15190, yang menekankan pentingnya pelabelan bahan kimia, penyimpanan sesuai karakteristik bahan, penyediaan *Material Safety Data Sheet* (MSDS), serta ventilasi laboratorium yang memadai untuk mencegah paparan inhalasi maupun kontak langsung.

Ergonomi, dan mekanik berada pada kategori sedang, risiko tersebut tetap memerlukan perhatian. Keluhan nyeri leher, bahu, dan punggung pada petugas laboratorium menunjukkan perlunya perbaikan desain tempat kerja, pengaturan waktu istirahat, serta penerapan prinsip ergonomi. Penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa pekerjaan laboratorium yang bersifat repetitif meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal apabila tidak diimbangi dengan pengaturan postur kerja yang baik.



Barongko

Jurnal Ilmu Kesehatan

Evaluasi implementasi K3 menunjukkan bahwa seluruh laboratorium telah memiliki SOP, APD, APAR, dan jalur evakuasi. Namun, kepatuhan penggunaan APD belum mencapai 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa ketersediaan sarana belum tentu diikuti oleh kepatuhan perilaku. Peningkatan budaya keselamatan (*safety culture*), pelatihan rutin, supervisi, dan audit internal diperlukan untuk meningkatkan kepatuhan petugas terhadap prosedur keselamatan.

Implementasi biosafety dan biosecurity secara umum sudah baik, tetapi masih ditemukan kekurangan pada ketersediaan *biosafety cabinet*, prosedur *spill management*, dan sistem pengamanan akses laboratorium. Oleh karena itu, penguatan sistem pengendalian melalui hierarki pengendalian—meliputi eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan APD—perlu dilakukan secara konsisten agar risiko kecelakaan kerja dan paparan bahan berbahaya dapat diminimalkan serta mutu pelayanan laboratorium tetap terjaga.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis risiko dan pengendalian bahaya laboratorium berdasarkan pendekatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), biosafety, dan biosecurity, dapat disimpulkan bahwa laboratorium memiliki berbagai potensi bahaya yang meliputi bahaya biologis, kimia, fisik, ergonomi, dan mekanik. Dari hasil penilaian risiko menggunakan *Risk Assessment Matrix*, bahaya biologis merupakan kategori dengan tingkat risiko tertinggi karena tingginya kemungkinan paparan spesimen infeksius, aerosol, serta cedera akibat benda tajam yang dapat menyebabkan penyakit akibat kerja maupun infeksi nosokomial.

Bahaya kimia juga termasuk dalam kategori risiko tinggi karena penggunaan berbagai reagen yang bersifat korosif, toksik, mudah menguap, dan mudah terbakar. Sementara itu, bahaya fisik, ergonomi, dan mekanik berada pada kategori risiko sedang, namun tetap memerlukan pengendalian yang berkesinambungan untuk mencegah kecelakaan kerja dan gangguan kesehatan akibat kerja.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di laboratorium secara umum telah berjalan dengan baik. Seluruh laboratorium telah memiliki Standar Operasional Prosedur (SOP), Alat Pelindung Diri (APD), Alat Pemadam Api Ringan (APAR), serta jalur evakuasi. Namun, kepatuhan penggunaan APD oleh petugas belum sepenuhnya optimal sehingga masih terdapat potensi paparan terhadap bahaya biologis maupun kimia.

Penerapan biosafety telah dilaksanakan melalui penggunaan APD, dekontaminasi area kerja, sterilisasi menggunakan autoklaf, pemisahan limbah infeksius, dan penggunaan *biosafety cabinet* pada pemeriksaan tertentu. Sementara itu, implementasi biosecurity telah mencakup pembatasan akses laboratorium, inventarisasi spesimen, sistem penyimpanan bahan biologis, dan dokumentasi distribusi spesimen. Meskipun demikian, beberapa aspek seperti sistem keamanan elektronik, dokumentasi penilaian risiko, dan prosedur *spill management* masih memerlukan penyempurnaan.

Integrasi pendekatan K3, biosafety, dan biosecurity terbukti mampu menjadi strategi yang efektif dalam mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan berbagai potensi bahaya di laboratorium. Penerapan ketiga pendekatan tersebut secara konsisten akan meningkatkan keselamatan petugas, menjamin keamanan spesimen, mengurangi risiko kecelakaan kerja, serta mendukung mutu pelayanan laboratorium sesuai standar nasional dan internasional.



Barongko

Jurnal Ilmu Kesehatan

2. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa rekomendasi yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

a. Bagi Manajemen Laboratorium

Manajemen laboratorium perlu memperkuat sistem manajemen risiko melalui identifikasi bahaya secara berkala, pembaruan dokumen penilaian risiko, pelaksanaan audit internal, serta evaluasi efektivitas program K3, biosafety, dan biosecurity. Selain itu, penyediaan sarana keselamatan seperti *biosafety cabinet*, APD, APAR, serta fasilitas pencucian darurat harus dipastikan selalu dalam kondisi baik dan siap digunakan.

b. Bagi Petugas Laboratorium

Petugas laboratorium diharapkan meningkatkan kepatuhan terhadap penggunaan APD, menerapkan prosedur kerja yang aman, melaporkan setiap kejadian *near miss* maupun kecelakaan kerja, serta mengikuti pelatihan keselamatan secara berkala. Budaya keselamatan (*safety culture*) perlu ditanamkan agar setiap petugas memiliki kesadaran bahwa keselamatan merupakan tanggung jawab bersama.

c. Bagi Institusi Pelayanan Kesehatan

Rumah sakit, puskesmas, maupun laboratorium kesehatan perlu meningkatkan dukungan terhadap implementasi K3 dengan menyediakan anggaran yang memadai untuk pengadaan fasilitas keselamatan, pemeliharaan alat, pelatihan sumber daya manusia, serta pengembangan sistem manajemen keselamatan laboratorium yang berkelanjutan.

d. Bagi Pemerintah

Pemerintah melalui kementerian dan dinas kesehatan perlu memperkuat pembinaan, pengawasan, serta akreditasi laboratorium berdasarkan standar K3, biosafety, dan biosecurity. Penyusunan kebijakan yang mengacu pada pedoman WHO, CDC, dan ISO 15190 perlu terus diperbarui sesuai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi laboratorium.

e. Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain analitik, seperti *case-control*, *cohort*, atau *mixed methods*, untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kepatuhan terhadap penerapan K3, biosafety, dan biosecurity. Penelitian juga dapat mengembangkan model intervensi berupa pelatihan keselamatan, simulasi keadaan darurat, maupun penggunaan teknologi digital dalam sistem manajemen risiko laboratorium guna meningkatkan efektivitas pengendalian bahaya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Centers for Disease Control and Prevention. *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories*. 6th ed. Atlanta (GA): CDC; 2020.
2. Clinical and Laboratory Standards Institute. *Protection of Laboratory Workers from Occupationally Acquired Infections*. 4th ed. Wayne (PA): CLSI; 2020.
3. International Federation of Biomedical Laboratory Science. *Guidelines for Biomedical Laboratory Safety*. Hamilton: IFBLS; 2021.
4. International Labour Organization. *Occupational Safety and Health Management Systems: Guidelines for a National Programme*. Geneva: ILO; 2021.
5. International Organization for Standardization. *ISO 15190:2020 Medical Laboratories—Requirements for Safety*. Geneva: ISO; 2020.



6. International Organization for Standardization. *ISO 35001:2019 Biorisk Management for Laboratories and Other Related Organisations*. Geneva: ISO; 2019.
7. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. *Pedoman Keselamatan dan Kesehatan Kerja Laboratorium Kesehatan*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2022.
8. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Laboratorium Klinik*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2013.
9. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. *Standar Akreditasi Laboratorium Kesehatan*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2023.
10. National Research Council. *Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Management of Chemical Hazards*. Washington (DC): National Academies Press; 2011.
11. Occupational Safety and Health Administration. *Laboratory Safety Guidance*. Washington (DC): OSHA; 2020.
12. Rizki Andita Noviar, S.Kep, Ns ; Ramli Muhammad, S.pd, Akp, M.Kes ; Supriadin, S.Kep, Ns, M.Kep,(2026). Buku Ajar Dasar – Dasar Keperawatan (Landasan Konseptual, Teoritis dan Praktik Keperawatan Profesional). No. ISBN: 978-634-96835-1-7. Penerbit AGDOSI Makassar. <https://agdosi.com/2026/01/15/buku-ajar-dasar-dasar-keperawatan-konsep-teori-dan-praktik-keperawatan-profesional/>
13. Supriadin, S., Wahidah, W., & Lestari, A. W. (2024). Pengaruh Terapi Dingin Kompres Es Terhadap Perubahan Intesitas Nyeri Pada Penderita Nyeri Punggung Bawah Di Desa Risa Wilayah Kerja Puskesmas Woha Tahun 2019. *Barongko: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 2(3), 525–536. <https://doi.org/10.59585/bajik.v2i3.444>
14. Sudaryono, S., Manurung, H., & Pannyiwi, R. (2024). The European Union's (Eu) Contribution As A Global Defense And Security Actor In The International System. *JIMAD : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(1), 43–57. <https://doi.org/10.59585/jimad.v2i1.532>
15. Saragih, H., Marunung, H., Harfika, M., Saputra, M. K. F., Treasa, A. D., Fitriana, F., & Pannyiwi, R. (2024). Pemeriksaan Hemoglobin (Hb) Kolaborasi Universitas Pertahanan RI Dengan PMI Kota Bogor. *Sahabat Sosial: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(3), 346–352. <https://doi.org/10.59585/sosisabdimas.v2i3.357>
16. World Health Organization. *Global Guidance Framework for the Responsible Use of the Life Sciences*. Geneva: WHO; 2022.
17. World Health Organization. *Global Strategy on Infection Prevention and Control*. Geneva: WHO; 2023.
18. World Health Organization. *Guidance on Regulations for the Transport of Infectious Substances*. Geneva: WHO; 2023.
19. World Health Organization. *Health Security Interface between Biosafety and Biosecurity*. Geneva: WHO; 2022.
20. World Health Organization. *Infection Prevention and Control during Health Care*. Geneva: WHO; 2022.
21. World Health Organization. *Laboratory Biosafety Manual*. 4th ed. Geneva: WHO; 2020.
22. World Health Organization. *Laboratory Biosafety Manual: Risk Assessment*. Geneva: WHO; 2022.
23. World Health Organization. *Laboratory Quality Management System Handbook*. Geneva: WHO; 2021.
24. World Health Organization. *Safe Management of Wastes from Health-Care Activities*. 2nd ed. Geneva: WHO; 2021.