

Profil Literasi Biosafety dan Biosecurity Siswa SMA dalam Praktikum Laboratorium Biologi

Nova Nulziyati¹, Much Fuad Saifuddin^{2*}, Natasya Dwi Karina³, Della Eka Pramesti⁴, Jasinta Kharisatul Maula⁵, Etika Dyah Puspitasari⁶

¹Universitas Ahmad Dahlah, Indonesia

²Universitas Ahmad Dahlah, Indonesia

³Universitas Ahmad Dahlah, Indonesia

⁴Universitas Ahmad Dahlah, Indonesia

⁵Universitas Ahmad Dahlah, Indonesia

⁶Universitas Ahmad Dahlah, Indonesia

¹2200008021@webmail.uad.ac.id; ²fuad.saifuddin@pbio.uad.ac.id; ³2200008009@webmail.uad.ac.id;

⁴2200008002@webmail.uad.ac.id; ⁵2200008019@webmail.uad.ac.id; ⁶etika.puspitasari@pbio.uad.ac.id

*fuad.saifuddin@pbio.uad.ac.id

Received: July 14, 2025

Revised: December 2, 2025

Accepted: December 4, 2025

KATAKUNCI

Laboratorium
Biosafety
Biosecurity

ABSTRAK

Kegiatan praktikum biologi berperan penting dalam pembentukan pengetahuan, sikap, dan keterampilan siswa, namun berpotensi menimbulkan risiko paparan agen biologis dan kecelakaan kerja jika prinsip biosafety dan biosecurity diabaikan. Rendahnya kepatuhan terhadap prosedur keselamatan dapat menghambat mutu pembelajaran dan budaya keselamatan di sekolah. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan tingkat pengetahuan siswa terkait biosafety dan biosecurity di laboratorium biologi SMA. Metode yang digunakan deskriptif kuantitatif dengan populasi siswa kelas XI dari dua SMA yang dipilih secara acak, dikode A dan B. Data dikumpulkan melalui angket tertutup dan terbuka kemudian dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa siswa umumnya memiliki pemahaman yang cukup baik mengenai konsep biosafety dan biosecurity, terutama dalam mengenali simbol bahan kimia seperti mudah terbakar, beracun, dan korosif. Namun, pemahaman terhadap simbol lainnya masih tergolong rendah. Temuan ini mengindikasikan perlunya peran sekolah dan guru dalam menyediakan fasilitas laboratorium yang memenuhi standar keselamatan, serta merumuskan kebijakan yang mendukung keselamatan laboratorium.

KEYWORDS

Laboratory
Biosafety
Biosecurity

Biosafety and Biosecurity Literacy Profile of High School Students in Biology Laboratory Practicums

Biology labs in senior high schools (SMA) play a crucial role in enhancing student learning outcomes by developing cognitive, affective, and psychomotor domains. However, laboratory activities also carry the risk of accidents due to negligence in biosafety and biosecurity practices that are not properly implemented. Biosafety aims to create a safe working environment from exposure to biological agents, while biosecurity emphasizes the control of laboratory materials to prevent misuse. This study aims to describe students' knowledge regarding biosafety and biosecurity in high school biology laboratories. The method used was a descriptive quantitative approach, with a population of eleventh-grade students from two high schools randomly selected, coded as A and B. Data were collected through closed-ended and open-ended questionnaires and then analyzed descriptively. The results of this study indicate that students generally have a fairly good understanding of the concepts of biosafety and biosecurity, especially in recognizing chemical symbols such as flammable, toxic, and corrosive. However, the understanding of other symbols is still relatively low. These findings indicate the need for schools and teachers to play a role in

providing laboratory facilities that meet safety standards and formulating policies that support laboratory safety.

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



Pendahuluan

Pembelajaran Biologi memerlukan dukungan kegiatan eksperimen di laboratorium sebagai sarana untuk memahami fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Di lingkungan sekolah, eksperimen ini biasanya dilakukan dalam bentuk praktikum di laboratorium. Melalui kegiatan praktikum, siswa tidak hanya mengamati dan membuktikan konsep biologi, tetapi juga mengembangkan keterampilan ilmiah seperti merumuskan hipotesis, melakukan pengamatan sistematis, menganalisis data, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Praktikum juga berperan penting dalam membangun pola pikir ilmiah yang mendukung pemahaman konseptual dan penerapan ilmu Biologi dalam konteks kehidupan nyata (Agustina et al., 2019; Harahap et al., 2022; Irawati et al., 2022; Romadhoni & Saifuddin, 2021).

Praktikum memegang peranan yang sangat penting dalam pembelajaran biologi karena melalui kegiatan praktikum, siswa memiliki kesempatan untuk menerapkan dan mengembangkan keterampilan proses biologi yang telah dipelajari. Selain itu, praktikum juga membantu membentuk sikap ilmiah seperti seorang peneliti, yang mendukung pemahaman materi secara mendalam dalam diri siswa (Agustina et al., 2021). Kegiatan praktikum biasanya dilakukan di laboratorium, dimana siswa melakukan penelitian terhadap suatu objek, melakukan pengamatan, serta menemukan fakta secara langsung. Hal ini memungkinkan siswa untuk mengaitkan hasil praktikum dengan konsep-konsep yang telah dipelajari dari berbagai sumber ilmu seperti buku, internet, dan jurnal penelitian. Dengan demikian, kegiatan di laboratorium memberikan pemahaman yang lebih konkret bagi siswa terhadap materi yang mereka pelajari.

Namun demikian, efektivitas pembelajaran melalui praktikum sangat bergantung pada pelaksanaan yang aman dan terkendali di laboratorium. Laboratorium biologi memiliki potensi risiko tinggi karena penggunaan bahan kimia, alat tajam, serta mikroorganisme yang berpotensi pathogen. Oleh karena itu, penerapan prinsip biosafety dan biosecurity menjadi aspek krusial dalam menjamin keselamatan pengguna laboratorium. Biosafety berfokus pada pencegahan paparan terhadap agen biologis berbahaya melalui penerapan prosedur kerja aman, penggunaan alat pelindung diri, serta desain fasilitas laboratorium yang memadai (Manuaba, 2016). Sementara itu, biosecurity menekankan perlindungan terhadap bahan biologis penting dari potensi pencurian, penyalahgunaan, atau perusakan yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan (Susanti et al., 2019). Upaya penerapan biosafety dan biosecurity dalam pendidikan

laboratorium sekolah menjadi bagian penting untuk menciptakan lingkungan praktikum yang aman bagi siswa, tenaga pendidik, dan lingkungan luas (World Health Organization, 2004).

Berbagai studi menunjukkan bahwa meskipun penting, penerapan pendidikan biosafety dan biosecurity di tingkat lembaga pendidikan masih terbatas. Misalnya, penelitian di tingkat universitas menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki pengetahuan (Bui et al., 2024) dan praktik yang belum memadai terkait biosafety dan biosecurity (Padde et al., 2022). Muneer et al. (2021) mengungkapkan bahwa lebih dari 50% mahasiswa belum memiliki pengetahuan biosafety dan biosecurity yang memadai sebelum mengikuti pelatihan yang aktif. Laporan serupa juga ditemukan di Togo, bahwa hanya sebagian responden yang memiliki pengetahuan baik mengenai biosafety biosecurity di laboratorium biologi (Halatoko et al., 2024). Kajian di Asia Tenggara menyebutkan bahwa kesadaran keamanan biologis (*biosecurity awareness*) pada komunitas life science masih rendah, dan wilayah ini membutuhkan peningkatan budaya keamanan biologis (Trajano & Jeselyn, 2025).

Berbagai kajian tersebut menunjukkan perlunya pendidikan terkait biosafety dan biosecurity di laboratorium biologi tingkat perguruan tinggi. Sedangkan kajian terkait dengan profil literasi biosafety dan biosecurity di laboratorium biologi Sekolah Menengah Atas (SMA) khususnya di Indonesia belum diketahui. Oleh karena itu penelitian ini berupaya memberikan informasi profil literasi tersebut pada jenjang SMA. Sehingga dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan penyiapan pendidikan dan implementasi biosafety dan biosecurity di laboratorium biologi berikutnya terutama pada jenjang SMA.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif (*mixed methods*). Tujuan penelitian adalah mendeskripsikan pengetahuan siswa tentang biosafety dan biosecurity di laboratorium biologi SMA.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI dari dua SMA. Sampel penelitian berjumlah 123 siswa yang ditentukan dengan teknik *random sampling* dari dua sekolah tersebut. Untuk menjaga kerahasiaan identitas, kedua sekolah diberi kode Sekolah A dan Sekolah B.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan berupa angket yang terdiri atas: 1) Pertanyaan tertutup dengan pilihan jawaban yang sudah ditentukan menggunakan skala Guttman (ya/tidak), sehingga menghasilkan skor numerik tingkat pengetahuan siswa; dan 2) Pertanyaan terbuka yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk menjawab secara bebas dan deskriptif.

Aspek yang diukur dalam angket meliputi: (1) penggunaan alat pelindung diri (APD), (2) kelengkapan keselamatan laboratorium, (3) pemahaman simbol bahan kimia, (4) kepatuhan terhadap aturan laboratorium, (5) pengelolaan limbah praktikum, dan (6) pelatihan terkait biosafety dan biosecurity yang pernah diterima.

Teknik Pengumpulan Data

Data kuantitatif dan kualitatif dikumpulkan secara bersamaan melalui pengisian angket oleh siswa di masing-masing sekolah. Pertanyaan tertutup menghasilkan data berupa skor pengetahuan, sedangkan pertanyaan terbuka menghasilkan data naratif yang menggambarkan pemahaman dan pengalaman siswa secara lebih mendalam.

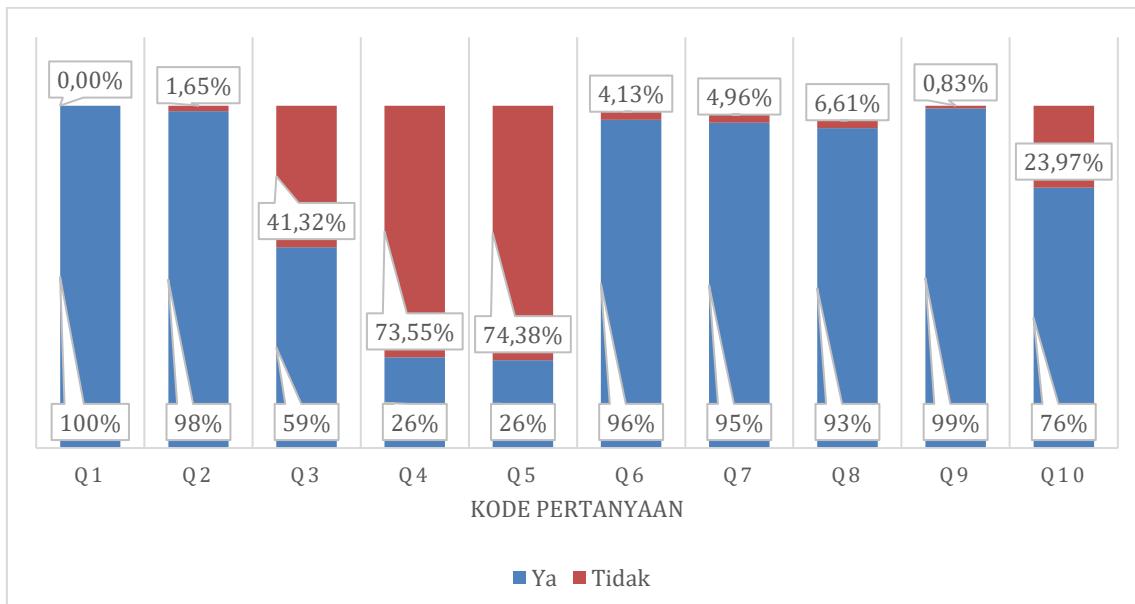
Teknik Analisis Data

Data kuantitatif dari pertanyaan tertutup dianalisis secara deskriptif dengan menghitung skor, persentase, dan kecenderungan tingkat pengetahuan siswa pada setiap aspek, kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan diagram batang. Data kualitatif dari jawaban terbuka dianalisis secara deskriptif melalui pengelompokan tema atau pola jawaban, sehingga dapat memperkaya dan memperkuat interpretasi temuan kuantitatif.

Hasil dan Pembahasan

Laboratorium tidak hanya berfungsi sebagai tempat praktikum dan kegiatan pembelajaran tetapi juga menjadi sarana untuk memperdalam pengetahuan karena di dalamnya tersedia berbagai buku, media edukatif, serta spesimen awetan sebagai objek studi. Selain ruang utama untuk pelaksanaan praktikum, laboratorium juga sebaiknya dilengkapi dengan ruang khusus untuk penyimpanan serta persiapan alat dan bahan. Di samping kelengkapan peralatan, bahan, dan fasilitas pendukung lainnya, aspek keselamatan dalam bekerja di laboratorium juga sangat penting. Hal ini dapat diwujudkan melalui penerapan prinsip *biosafety* dan *biosecurity* (Nurjannah et al., 2024).

Berdasarkan hasil angket yang telah disebarluaskan, didapatkan hasil pada gambar diagram batang. Hasil penelitian telah dilakukan terhadap pengetahuan Siswa mengenai biosafety dan biosecurity di SMA A dan SMA B disajikan dalam bentuk diagram batang.



Gambar 1. Persentase Pemahaman Siswa Terkait Biosafety dan Biosecurity Sekolah di Kecamatan Banguntapan (Deskripsi Q1 dan seterusnya terlampir)

Berdasarkan temuan pada kode Q1, mayoritas siswa menyatakan bahwa mereka secara rutin mengikuti kegiatan praktikum biologi di SMA. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa praktikum merupakan bagian penting dalam sebuah proses pembelajaran biologi karena dapat membantu siswa mengonstruksi konsep melalui pengalaman langsung, bukan hanya melalui penjelasan teoritis (Agustina et al., 2021; Romadhoni & Saifuddin, 2021). Praktikum memungkinkan siswa melakukan pengamatan, percobaan, dan analisis sehingga meningkatkan pemahaman konsep-konsep biologi sekaligus mengembangkan keterampilan proses sains dan kemampuan berpikir kritis. Temuan ini didukung oleh kajian yang menunjukkan bahwa keterlibatan aktif siswa dalam kegiatan laboratorium dapat mengurangi ketergantungan pada pembelajaran berbasis ceramah dan membuat pembelajaran lebih bermakna (Gericke et al., 2022; Hofstein & Lunetta, 2003).

Pada kode Q2, mayoritas siswa melaporkan bahwa mereka mendapatkan penjelasan mengenai prosedur keamanan sebelum praktikum dimulai. Hal ini menunjukkan adanya upaya sekolah dan guru dalam mananamkan budaya keselamatan kerja di laboratorium, yang sangat penting untuk melindungi siswa, guru, dan staf laboratorium dari risiko kecelakaan dan paparan bahan berbahaya (Agustina et al., 2019). Literatur internasional menegaskan bahwa pembiasaan *safety briefing*, penggunaan alat pelindung diri (APD), serta pemahaman prosedur darurat dan pengelolaan limbah merupakan komponen kunci biosafety dan biosecurity di laboratorium pendidikan sains (Nwune et al., 2023). Dengan demikian, hasil pada Q1 dan Q2 mengindikasikan bahwa, di satu sisi, siswa telah mendapatkan kesempatan yang cukup untuk belajar melalui praktikum, dan di sisi lain, telah mulai diperkenalkan pada budaya keselamatan dan keamanan bekerja di laboratorium.

Kegiatan praktikum biologi di sekolah idealnya selalu disertai penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) untuk meminimalkan risiko paparan bahan kimia maupun biologi, percikan, tumpahan, serta kontaminasi silang. Dalam konteks laboratorium biologi pendidikan (termasuk laboratorium sekolah), pedoman keselamatan internasional dan nasional merekomendasikan penggunaan minimal jas laboratorium, sarung tangan, pelindung mata (kacamata/safety goggles), masker bila ada risiko aerosol, serta alas kaki tertutup sebagai standar dasar APD bagi siswa selama praktikum (Education Bureau, 2013). Berdasarkan kode pertanyaan Q3, tingkat penggunaan jas laboratorium oleh siswa tergolong rendah, hal ini menunjukkan bahwa masih banyak siswa yang melakukan praktikum tanpa perlindungan tubuh yang memadai, sehingga meningkatkan risiko kontak langsung dengan bahan berbahaya, tumpahan, maupun kontaminasi pakaian pribadi (Cavas & Koç, 2022; Ribes et al., 2009). Pernyataan siswa X yang menyebutkan bahwa *"jas lab untuk melindungi dari bahan kimia, mencegah kontaminasi, mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan keselamatan kerja"* menunjukkan bahwa sebagian siswa sebenarnya memahami fungsi APD, namun temuan kuantitatif memperlihatkan adanya kesenjangan antara pengetahuan dan praktik. Studi-studi di berbagai laboratorium pendidikan juga melaporkan pola serupa: kepatuhan penggunaan APD berkaitan dengan pengetahuan, sikap, dan ketersediaan fasilitas, dan rendahnya kepatuhan terbukti meningkatkan risiko kecelakaan maupun paparan bahan kimia dan biologis (Aliyo & Edin, 2023; Izzuddin et al., 2025; Putri et al., 2024). Oleh karena itu, hasil Q3 menegaskan perlunya penguatan budaya keselamatan di laboratorium biologi sekolah melalui kewajiban penggunaan APD, penegakan aturan oleh guru, serta pembiasaan *safety briefing* sebelum praktikum agar praktik penggunaan APD selaras dengan pemahaman siswa tentang pentingnya keselamatan.

Berdasarkan kode Q4 hanya sebagian kecil siswa menggunakan gloves. Rendahnya penggunaan gloves hal ini menunjukkan bahwa kesadaran penggunaan gloves sangat rendah, penggunaan gloves merupakan hal penting untuk mencegah kontak langsung dengan bahan kimia atau biologis yang berbahaya. *"gloves digunakan untuk melindungi tubuh dari paparan zat kimia yang dapat membahayakan kulit"* ujar salah satu siswa. Penggunaan sarung tangan bermanfaat untuk melindungi tangan, mencegah terjadinya infeksi dan melindungi tangan dari pajanan bahan kimia (Silalahi & Suriani, 2022).

Berdasarkan respons pada kode Q5 menunjukkan selama kegiatan praktikum berlangsung sebagian besar siswa tidak menggunakan masker. Padahal, masker merupakan bagian penting dari Alat Pelindung Diri (APD) yang berfungsi menutupi hidung dan mulut untuk mengurangi pajanan partikel berbahaya, termasuk aerosol yang membawa bahan kimia, debu, maupun mikroorganisme penyebab penyakit (Education Bureau, 2013). Sementara itu dalam kegiatan praktikum di laboratorium masker berfungsi untuk melindungi saluran pernapasan dari partikel

berbahaya, asap kimia, atau mikroorganisme yang mungkin ada di udara (Silalahi & Suriani, 2022). Pernyataan salah satu siswa bahwa masker berfungsi untuk "melindungi hidung kita atau mencegah kita menghirup bahan kimia yang berbahaya", hal ini menunjukkan bahwa secara konseptual sebagian siswa memahami fungsi masker, namun rendahnya angka penggunaan pada Q5 mengindikasikan adanya kesenjangan antara pengetahuan dan praktik.

Berdasarkan kode Q6 laboratorium pada SMA di Kecamatan Banguntapan memiliki tabung pemadam kebakaran. Pemadam Api Ringan (APAR) merupakan salah satu dari beberapa jenis sistem proteksi kebakaran aktif untuk memadamkan api di awal terjadinya kebakaran (Azizah et al., 2023). Pernyataan salah satu siswa mengungkapkan APAR "*untuk digunakan jika terjadi kebakaran saat melakukan praktikum (membantu memadamkan api)*". APAR berfungsi untuk memadamkan suatu nyala api yang berskala kecil dan baru terjadi kebakaran (Novanandini et al., 2021), hal ini dimaksud untuk memadamkan api pada saat terjadi kebakaran secara dini dan agar nyalanya api tidak meluas ke area sekitar terjadinya suatu kejadian kebakaran (Othuman Mydin et al., 2014).

Berdasarkan kode Q7, diketahui bahwa laboratorium biologi di SMA Kecamatan Banguntapan telah memiliki kotak Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K). Keberadaan fasilitas P3K merupakan salah satu indikator dasar penerapan keselamatan kerja di laboratorium pendidikan. P3K berfungsi memberikan tindakan darurat awal terhadap cedera atau kecelakaan sebelum tenaga medis profesional menangani korban. Seorang siswa menyatakan, "*P3K digunakan untuk memberikan pertolongan pertama pada kecelakaan yang mungkin terjadi selama kegiatan laboratorium.*" Aliyo dan Edin (2023) mengungkapkan bahwa fasilitas dasar seperti P3K masih sering diabaikan, dimana temuannya menunjukkan sebagian besar laboratorium pendidikan di perguruan tinggi kesehatan belum memiliki sarana keselamatan lengkap seperti *first aid kit*, panduan keselamatan, serta ventilasi memadai. Penelitian tersebut menekankan pentingnya ketersediaan P3K untuk mencegah risiko cedera dan kontaminasi di lingkungan praktikum. Hal senada dikemukakan oleh Vourtsis et al. (2024), yang menemukan bahwa banyak laboratorium di Eropa mengalami kekurangan fasilitas keselamatan darurat seperti *first aid kits*, *eyewash stations*, dan sistem pelaporan kecelakaan, padahal komponen ini merupakan bagian integral dari manajemen risiko biologis. Oleh karena itu, ketersediaan kotak P3K di laboratorium sekolah dapat dianggap sebagai bentuk penerapan prinsip *biosafety* level dasar yang perlu terus diperkuat melalui pelatihan dan simulasi penanganan kecelakaan.

Berdasarkan kode Q8, ditemukan bahwa mayoritas siswa telah memahami bahwa aktivitas seperti makan dan minum tidak diperbolehkan di dalam laboratorium. Seorang siswa menyampaikan, "*Makan dan minum di laboratorium dapat menimbulkan risiko terkontaminasi.*" Pemahaman ini menunjukkan kesadaran dasar terhadap prinsip pencegahan kontaminasi silang

di lingkungan praktikum biologi. Tindakan mengonsumsi makanan dan minuman di area kerja laboratorium, dapat meningkatkan risiko paparan bahan biologis dan kimia (Koroglu et al., 2020). Dengan demikian, pemahaman siswa tentang larangan makan dan minum di laboratorium merupakan salah satu aspek literasi *biosafety* yang positif, namun perlu ditindaklanjuti dengan internalisasi nilai keselamatan yang lebih luas melalui pelatihan dan pengawasan berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan pedoman global dari *American Society for Microbiology*, yang menegaskan bahwa kepatuhan terhadap larangan konsumsi makanan/minuman dan penggunaan APD di laboratorium pendidikan adalah bagian dari praktik terbaik dalam penerapan *biosafety level 1-2* di lingkungan pengajaran (Emmert, 2013).

Kode Q9 menekankan pada pentingnya pelatihan biosafety dan biosecurity, sebagian besar siswa menyatakan bahwa pelatihan mengenai biosafety dan biosecurity sangat penting dalam kegiatan laboratorium biologi. Siswa memahami bahwa pelatihan tersebut dapat membantu mereka mengetahui prosedur keselamatan, tindakan pencegahan, dan langkah penanganan kecelakaan di laboratorium. Salah satu siswa menuturkan, "*Agar dapat mengetahui hal-hal yang perlu dilakukan saat praktikum di laboratorium dan hal yang harus dihindari serta cara mengatasi jika terjadi kecelakaan.*" Pernyataan tersebut menunjukkan kesadaran siswa akan urgensi pendidikan keselamatan laboratorium. Pelatihan biosafety berperan penting dalam membentuk perilaku aman, melindungi praktikan dari paparan bahan berbahaya, serta mencegah kecelakaan dan kontaminasi biologis. Hal ini sejalan dengan temuan Bui et al. (2024) yang menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan biosafety mahasiswa meningkat signifikan setelah memperoleh pelatihan laboratorium berbasis risiko. Studi lain oleh Khabour et al. (2018) juga menegaskan bahwa perilaku tidak aman, seperti tidak menggunakan alat pelindung diri dan tidak mengikuti prosedur pembuangan limbah, lebih sering terjadi pada individu tanpa pelatihan biosafety formal.

Berdasarkan Kode Q10 yang menekankan pada pengetahuan siswa tentang pengelolaan limbah laboratorium, menunjukkan terdapat perbedaan tingkat pemahaman siswa mengenai sistem pengelolaan limbah laboratorium. Beberapa siswa sudah mengetahui prosedur dasar pembuangan limbah, sedangkan sebagian lainnya belum memahami klasifikasi dan tata kelola limbah dengan benar. Salah satu siswa menyebutkan, "*Jika itu cairan dapat dibuang di wastafel, sedangkan barang sudah ada tempat sampah khusus yang akan ditampung sekolah.*" Hal ini menunjukkan bahwa literasi siswa terkait manajemen limbah laboratorium masih perlu ditingkatkan. Menurut pedoman WHO, limbah laboratorium dikategorikan menjadi limbah padat, cair, dan bahan berbahaya beracun (B3), dan masing-masing memerlukan prosedur pembuangan tersendiri (World Health Organization, 2020). Kandel et al. (2017) menjelaskan bahwa meskipun sebagian besar laboratorium sekolah di Nepal melarang pembuangan limbah berbahaya secara

langsung, keterbatasan fasilitas sering membuat guru dan siswa melakukan pembuangan tidak sesuai standar. Dalam konteks laboratorium biologi sekolah, prinsip netralisasi limbah kimia seperti asam (HCl) atau larutan peroksida sebelum dialirkan ke saluran umum merupakan praktik yang tepat dan aman bila dilakukan dengan pengawasan guru dan sesuai panduan teknis. Dengan demikian, peningkatan pemahaman siswa mengenai pengelolaan limbah laboratorium berbasis risiko perlu dimasukkan dalam pelatihan biosafety di tingkat sekolah menengah. Hal ini akan membantu mencegah kontaminasi lingkungan, mengurangi risiko kecelakaan, serta menanamkan tanggung jawab ekologis sejak dini.

Tabel 1. Persentase Pemahaman Siswa Terkait Simbol Bahan Kimia di Sekolah Kecamatan

Simbol	Pengetahuan siswa
Mudah Terbakar	100 %
Bahan Beracun	98,48 %
Mudah Meledak	92,42 %
Bahaya Radioaktif	87,87 %
Bersifat Korosif	84,84 %
Berbahaya Lingkungan	78,78 %
Biohazard	63,63 %
Mudah Teroksidasi	68,18 %
Iritasi	60,6 %

Berdasarkan Tabel 1, siswa SMA di Kecamatan Banguntapan telah memiliki pemahaman yang cukup baik terhadap sebagian besar simbol bahan kimia berbahaya, terutama pada kategori mudah terbakar, beracun, meledak, radioaktif, korosif, dan berbahaya bagi lingkungan dengan persentase di atas 70%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa sudah mampu mengenali simbol-simbol bahaya kimia yang umum ditemukan di laboratorium sekolah.

Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Trisna et al. (2021), yang menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan siswa SMA tentang keselamatan kerja di laboratorium hanya berada pada kategori sedang (61,86%), di mana aspek tertinggi adalah keselamatan kerja (73,71%) dan terendah pada penggunaan alat. Artinya, meskipun siswa sudah memahami simbol-simbol umum seperti “mudah terbakar” dan “beracun”, namun pemahaman tentang simbol yang lebih spesifik seperti *biohazard* dan *oksidator* masih rendah. Hasil serupa juga ditemukan dalam studi oleh Permana (2023), yang melaporkan bahwa siswa SMP dan SMA di Indonesia masih memiliki miskonsepsi mengenai arti simbol bahaya di laboratorium, terutama terkait bahan biologi berbahaya dan bahan yang mudah mengiritasi. Siswa cenderung hanya memperhatikan simbol yang sering dijumpai, seperti api dan tengkorak, sementara mengabaikan tanda biohazard dan oksidasi.

Penelitian di Amerika Serikat juga mendukung hasil ini. Studi oleh Richards-Babb et al. (2010) menemukan bahwa sebagian besar sekolah menengah memiliki fasilitas penyimpanan bahan kimia yang memadai, tetapi pelatihan formal mengenai simbol bahaya dan penanganan bahan kimia masih jarang diberikan kepada siswa maupun guru. Hal ini menyebabkan pemahaman simbol bahaya seringkali bersifat hafalan, bukan pemahaman konseptual. Simbol mudah terbakar (*flammable*) dipahami dengan sangat baik oleh siswa (100%). Siswa mampu mengaitkan simbol api dengan bahan yang mudah menyala seperti alkohol, ethanol, butanol dan aseton. Menurut Jakfar et al. (2023), zat-zat ini umumnya diklasifikasikan lebih lanjut menjadi bahan yang mudah terbakar, sangat mudah terbakar, dapat terbakar sendiri di udara, dan lain sebagainya. Tingkat bahayanya ditentukan oleh suhu titik bakarnya. Tingginya pemahaman ini disebabkan oleh frekuensi penggunaan bahan tersebut dalam praktikum sederhana di sekolah. Namun, untuk simbol *biohazard*, iritasi, dan mudah teroksidasi, tingkat pemahaman siswa masih rendah (<70%). Hal ini menandakan bahwa materi biosafety dan pengelolaan bahan biologis berbahaya belum banyak diperkenalkan dalam konteks pembelajaran laboratorium di SMA. Menurut Pardo (2016), rendahnya literasi simbol bahaya di kalangan siswa sekolah menengah disebabkan oleh belum terbentuknya *safety culture* di lingkungan laboratorium pendidikan. Diperlukan pendekatan pembelajaran berbasis praktik dan simulasi untuk meningkatkan pemahaman dan kesadaran siswa terhadap bahaya bahan kimia di laboratorium.

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa siswa SMA di Kecamatan Banguntapan umumnya memiliki pemahaman yang cukup baik tentang konsep biosafety dan biosecurity, termasuk pentingnya prosedur keselamatan kerjaserta mengenal fungsi alat keselamatan seperti APAR dan kotak P3K. Meskipun demikian, penerapan di laboratorium belum optimal terlihat dari rendahnya penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) seperti jas laboratorium, sarung tangan, dan masker. Pengetahuan tentang simbol bahan kimia berbahaya juga beragam; meskipun banyak siswa mengenali simbol-simbol seperti mudah terbakar, beracun, dan korosif, simbol seperti biohazard dan bahan yang mudah teroksidasi belum sepenuhnya dipahami. Selain itu, kesadaran siswa terkait pengelolaan limbah laboratorium juga belum merata. Temuan ini menekankan pentingnya pelatihan berkala mengenai biosafety dan biosecurity di lingkungan sekolah. Oleh karena itu, diperlukan adanya peran aktif dari pihak sekolah dan guru dalam menyediakan fasilitas laboratorium yang memenuhi standar keselamatan, memperketat penerapan APD, dan merancang kebijakan sekolah yang mendukung budaya keamanan dan keselamatan dalam setiap kegiatan praktikum biologi.

Daftar Pustaka

- Agustina, P., Saputra, A., Anif, S., Rayana, A., & Probowati, A. (2021). Analisis Keterampilan Proses Sains Dan Sikap Ilmiah Siswa Kelas Xi Ipa Sma Pada Praktikum Biologi. *Edusains*, 13(1), 1-7. <https://doi.org/10.15408/es.v13i1.11015>
- Agustina, P., Saputra, A., Khotimah, E. K., Rohmahsari, D., & Sulistyanti, N. (2019). Evaluasi pelaksanaan praktikum biologi di SMA Negeri di Klaten pada ditinjau dari kualitas laboratorium, pengelolaan, dan pelaksanaan praktikum. *Bio-Pedagogi*, 8(2), 105-110. <https://doi.org/10.20961/bio-pedagogi.v8i2.36148>
- Aliyo, A., & Edin, A. (2023). Assessment of safety requirements and their practices among teaching laboratories of health institutes. *Microbiol Insights*, 16, 11786361231174414. <https://doi.org/10.1177/11786361231174414>
- Azizah, A., Wahyuni, I., & Jayanti, S. (2023). Tinjauan penerapan alat pemadam api ringan (APAR) dalam implementasi sistem proteksi kebakaran aktif di SMA Islam Hidayatullah Semarang. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 22(3), 145-152. <https://doi.org/10.14710/mkmi.22.3.145-152>
- Bui, T. N. H., Nguyen, A. D., Joshi, T. T. X., & Nguyen, T. T. H. (2024). Biosafety knowledge and perception among medical laboratory students: a cross-sectional study at a medical university in Vietnam. *International Journal of Occupational Safety and Health*, 14(1), 7-16. <https://doi.org/10.3126/ijosh.v14i1.56395>
- Cavas, B., & Koç, S. (2022). The effects of laboratory safety professional development seminars implemented on science teachers: Laboratory safety knowledge levels. *Science Education International*, 33(4), 438-448. <https://doi.org/10.33828/sei.v33.i4.12>
- Education Bureau. (2013). *Safety in science laboratories*. Education Bureau.
- Emmert, E. A. (2013). Biosafety guidelines for handling microorganisms in the teaching laboratory: development and rationale. *Journal of microbiology & biology education*, 14(1), 78-83. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v14i1.531>
- Gericke, N., Högström, P., & Wallin, J. (2022). A systematic review of research on laboratory work in secondary school. *Studies in Science Education*, 59(2), 245-285. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2090125>
- Halatoko, W. A., Sondou, E., Sopoh, G. E., Kassegne, A., Katawa, G., Salou, M., Karou, S. D., & Ouendo, E.-M. (2024). Knowledge, attitudes, and practices in biosafety and biosecurity in medical biology laboratories in Togo, 2021. *Frontiers in Environmental Health*, 3. <https://doi.org/10.3389/fenvh.2024.1387476>
- Harahap, L. J., Siregar, R. A., & Marpaung, D. R. A. K. (2022). Analisis pelaksanaan praktikum dan kelengkapan sarana prasarana laboratorium biologi di SMA Negeri Kota Padangsimpuan. *Bioedunis Journal*, 1(1), 9-16. <http://jurnal.iain-padangsidiupuan.ac.id/index.php/Bioedunisi/article/view/5358>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2003). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Irawati, Y. D., Putri, Z. N., Febriana, S. H., Fauziyatunnisa, I. N., Saifuddin, M. F., & Puspitasari, E. D. (2022). Maintenance - Equipment analysis of biological laboratory facilities and infrastructure at Senior High School in Yogyakarta. *Jurnal Atrium Pendidikan Biologi*, 7(3). <https://doi.org/10.24036/apb.v7i3.13325>
- Izzuddin, M., Sari, Y., & Imanuddin, M. R. (2025). Compliance with personal protective equipment use among chemistry laboratory students: The role of knowledge, attitude, and availability of facilities. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 22(2), 249-256. <https://doi.org/10.31964/jkl.v22i2.1068>
- Jakfar, J., Azwar, A., Mukhlisien, M., Abubakar, A., & Razi, F. (2023). Pelatihan safety dasar laboratorium dan penanganan bahan kimia berbahaya di SMAN 2 Kuta Baro Aceh Besar. *Baktimas: Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 5(1), 1-13. <https://ojs.serambimekkah.ac.id/BAKTIMAS/article/view/5871>

- Kandel, K. P., Neupane, B. B., & Giri, B. (2017). Status of chemistry lab safety in Nepal. *PLoS One*, 12(6), e0179104. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179104>
- Khabour, O. F., Al Ali, K. H., Aljuhani, J. N., Alrashedi, M. A., Alharbe, F. H., & Sanyowr, A. (2018). Assessment of biosafety measures in clinical laboratories of Al-Madinah city, Saudi Arabia. *J Infect Dev Ctries*, 12(9), 755-761. <https://doi.org/10.3855/jidc.10081>
- Koroglu, M., Altindis, S., Aydemir, O., Yuksel, B., Demiray, T., Erkorkmaz, U., Aslan, F. G., Otlu, B., Altindis, M., & LabBioSafety, T. R. C. G. (2020). [Employee Safety and Biosafety Applications in Microbiology Laboratories; A Multicenter Evaluation in Turkey]. *Mikrobiyol Bul*, 54(3), 347-367. <https://doi.org/10.5578/mb.69634> (Mikrobiyoloji Laboratuvarlarında Çalışan Güvenliği ve Biyogüvenlik Uygulamaları Açısından Türkiye'de Çok Merkezli Bir Degerlendirme.)
- Manuaba, A. P. (2016). Prosedur penggunaan alat perlindungan diri dan biosafety level 1 dan 2. *Intisari Sains Medis*, 6(1), 117-123. <https://doi.org/10.15562/ism.v6i1.27>
- Muneer, S., Kayani, H. A., Ali, K., Asif, E., Zohra, R. R., & Kabir, F. (2021). Laboratory biosafety and biosecurity related education in Pakistan: Engaging students through the Socratic method of learning. *Journal of Biosafety and Biosecurity*, 3(1), 22-27. <https://doi.org/10.1016/j.jobb.2021.03.003>
- Novanandini, E. R., Dewi, O. C., & Nugroho, Y. S. (2021). Evaluation of fire safety maintenance of an educational laboratory facility. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 933(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/933/1/012029>
- Nwune, E. C., Oguezue, N. K., & Odum, B. I. (2023). Secondary school students' perception of science laboratory accident status and preventive measures in Awka Education Zone. *Integrated Science Education Journal*, 4(3), 104-110. <https://doi.org/10.37251/isej.v4i3.550>
- Othuman Mydin, M. A., Nadzim, N., Taib, M., & Abdul Hamid, A. H. (2014). Appraisal of fire safety management systems at educational buildings. *SHS Web of Conferences*, 11. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20141101005>
- Padde, J. R., Akiteng, W., Edema, W., Mahjub Atiku, S., Tibyangye, J., Tekakwo, J., Andruska, C., Hope, D., Musinguzi, B., Brenda Gesa, J., Amadile, L., & Agondua, R. (2022). Assessment of biosafety and biorisk management practices among medical laboratory students in two institutions in Uganda. *Biosafety and Health*, 4(6), 399-405. <https://doi.org/10.1016/j.bsheal.2022.08.005>
- Pardo, C. G. (2016). *Safety culture in science laboratory* International Scholars Conference, <https://jurnal.unai.edu/index.php/isc/article/view/1831>
- Permana, A. C. (2023). Description of work safety understanding and awareness in the science laboratory of junior high school students in Indonesia. *Jurnal Pembelajaran Sains*, 6(1), 56-63. <https://doi.org/10.17977/um033v6i1p56-63>
- Putri, D. A. Z., Erfin, E., Paulus, M., Putri, M. J., Sari, S. N., & Sulaeman, N. F. (2024). Observation of equipment and personal protective equipment in the biology laboratory. *Vidya Karya*, 39(1), 23-29. <https://doi.org/10.20527/jvk.v39i1.15089>
- Ribes, R., Iannarelli, P., & Duarte, R. F. (2009). Laboratory safety and biohazards. In *English for Biomedical Scientists* (pp. 210-222). https://doi.org/10.1007/978-3-540-77127-2_13
- Richards-Babb, M., Bishoff, J., Carver, J. S., Fisher, K., & Robertson-Honecker, J. (2010). Keeping it safe: Chemical safety in the high school laboratory. *Journal of Chemical Health & Safety*, 17(1), 6-14. <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2009.05.001>
- Romadhoni, T. E., & Saifuddin, M. F. (2021). Evaluasi pemanfaatan laboratorium biologi SMAN/MAN se-kecamatan Godean. *Jurnal Eksakta Pendidikan (JEP)*, 5(1), 59-67. <https://doi.org/10.24036/jep/vol5-iss1/566>
- Silalahi, S. N. Y., & Suriani, Y. (2022). Praktek penggunaan alat pelindung diri (APD) dan keselamatan kerja mahasiswa di laboratorium keperawatan, Poltekkes Tanjungpinang. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kesehatan Terpadu*, 2(2), 113-123. <https://doi.org/10.53579/jitkt.v2i2.57>

- Susanti, I., Subangkit, S., Hariastuti, N. I., Ikawati, H. D., Setiawaty, V., & Heriyanto, B. (2019). *Pedoman biorisiko laboratorium institusi* (N. K. Susilarini & C. W. Lestari, Eds.). Lembaga Penerbit Badang Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. https://repository.badankebijakan.kemkes.go.id/id/eprint/3870/1/Buku_Biorisk.pdf
- Trajano, J. C. I., & Jeselyn. (2025). Biosecurity awareness and education in Southeast Asia. *RSIS Commentaries*, 016-25.
- Trisna, M., R. Susanti, & Iswari, R. S. (2021). Knowledge analysis of high school students on work safety in the laboratory. *Bioeduscience*, 5(2), 137-141. <https://doi.org/10.22236/j.bes/526672>
- Vourtsis, D., Papageorgiou, E., Kriebardis, A., Karikas, G. A., van Willigen, G., Kotrokois, K., Dounias, G., & Karkalousos, P. (2024). Combining biosafety expert's evaluation and workers' perception regarding the Biological Risks in Biomedical laboratories of Public Hospitals in Athens, Greece. *European Scientific Journal*, 31, 62-87. <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/18321>
- World Health Organization. (2004). *Laboratory biosafety manual* (3rd ed.). World Health Organization.
- World Health Organization. (2020). *Laboratory biosafety manual* (World Health Organization, Ed. 4th ed.). World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311>