

Original Article

Effectiveness of Digital-Based Job Safety Analysis (JSA) in Improving Students' Safety Knowledge and Risk Mitigation in Laboratory

Efektivitas Job Safety Analysis (Jsa) Berbasis Digital Dalam Meningkatkan Pemahaman Keselamatan Kerja Mahasiswa Dan Mitigasi Di Laboratorium

Nurul 'Afifah Hijami¹, Maya Ulfah²

^{1,2}, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

***Corresponding Author:**

Nurul 'Afifah Hijami

Fakultas Kedokteran,

Universitas Lampung

Email: hijami.afifah@fk.unila.ac.id

Keyword:

Job Safety Analysis, Occupational Safety, Laboratory, Risk Mitigation

Kata Kunci:

Job Safety Analysis, Keselamatan Kerja, Laboratorium, Mitigasi Risiko

© The Author(s) 2026

Abstract

Background: Medical education laboratories involve various hazards that may lead to occupational accidents and work-related illnesses. According to the World Health Organization (WHO), laboratory incidents continue to occur because of biological, chemical, physical, and procedural hazards, highlighting the need for effective laboratory risk management. One approach to risk control is the implementation of Job Safety Analysis (JSA). Integrating JSA with QR Code technology improves access to safety information and supports users' understanding of occupational risk mitigation. This study aimed to analyze the effect of digital-based Job Safety Analysis on improving laboratory users' understanding of occupational risk mitigation. **Methods:** A pre-experimental one-group pretest-posttest design was conducted among 190 medical laboratory users. The intervention consisted of implementing and disseminating a digital-based JSA system accessible through QR Codes before laboratory activities. Participants' understanding was assessed using a structured questionnaire before and after the intervention. Data were analyzed using descriptive statistics and the Wilcoxon Signed-Rank Test at a 95% confidence level. **Results:** The mean understanding score increased from 75% before the intervention to 82% after the intervention, representing an absolute improvement of 7 percentage points. Statistical analysis demonstrated a significant difference between pretest and posttest scores ($Z = -3.872$; $p < 0.001$). **Conclusion:** Digital-based Job Safety Analysis significantly improved laboratory users' understanding of occupational risk mitigation and offers a practical, low-cost approach to strengthening laboratory risk management and promoting a positive safety culture in medical education laboratories.

Abstrak

Latar belakang: Laboratorium pendidikan kedokteran memiliki berbagai potensi bahaya yang dapat menimbulkan risiko kecelakaan maupun penyakit akibat kerja. Menurut *World Health Organization* (WHO), insiden laboratorium masih terjadi akibat paparan bahaya biologis, kimia, fisik, dan kelemahan prosedur keselamatan sehingga diperlukan penguatan manajemen risiko laboratorium. Salah satu upaya pengendalian risiko adalah penerapan *Job Safety Analysis* (JSA). Integrasi JSA berbasis QR Code meningkatkan kemudahan akses informasi keselamatan dan pemahaman pengguna terhadap mitigasi risiko kerja. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh implementasi *Job Safety Analysis* berbasis digital terhadap peningkatan pemahaman mitigasi risiko kerja pada pengguna laboratorium pendidikan kedokteran. **Metode:** Penelitian menggunakan desain pre-eksperimental one-group pretest-posttest yang melibatkan 190 pengguna laboratorium. Intervensi dilakukan melalui implementasi dan sosialisasi JSA berbasis digital yang diakses menggunakan *QR Code* sebelum kegiatan praktikum. Tingkat pemahaman diukur menggunakan kuesioner sebelum dan sesudah intervensi. Data dianalisis secara deskriptif dan menggunakan uji Wilcoxon Signed-Rank dengan tingkat kepercayaan 95%. **Hasil:** Rerata skor pemahaman meningkat dari 75% sebelum intervensi menjadi 82% setelah intervensi atau meningkat sebesar 7 poin persentase. Analisis statistik menunjukkan perbedaan yang bermakna antara skor pretest dan posttest ($Z = -3,872$; $p < 0,001$). **Kesimpulan:** Implementasi Job Safety Analysis berbasis digital terbukti meningkatkan pemahaman mitigasi risiko kerja dan berpotensi menjadi pendekatan yang praktis serta berbiaya rendah untuk memperkuat manajemen risiko dan budaya keselamatan di laboratorium pendidikan kedokteran.

Article Info:

Received : June 08, 2026

Revised : August 15, 2026

Accepted : September 02, 2026

Cendekia Medika: Jurnal STIKes Al-

Ma'arif Baturaja

e-ISSN : 2620-5424

p-ISSN : 2503-1392



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan sarana pembelajaran yang esensial dalam pendidikan kedokteran karena memberikan

kesempatan kepada mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan praktis, kemampuan ilmiah, dan kompetensi profesional yang diperlukan dalam praktek

kedokteran. Namun, berbagai aktivitas laboratorium juga berpotensi menimbulkan risiko keselamatan dan kesehatan kerja akibat paparan bahaya fisik, kimia, biologis, ergonomi, maupun psikososial. Apabila tidak dikelola dengan baik, bahaya tersebut dapat menyebabkan kecelakaan kerja, cedera, maupun penyakit akibat kerja yang berdampak pada proses pembelajaran dan keselamatan pengguna laboratorium ^(1,2).

Laboratorium juga merupakan lingkungan kerja dengan tingkat risiko yang memerlukan penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (*Occupational Health and Safety Management System/OHSMS*) secara berkelanjutan. Sistem manajemen keselamatan menekankan pendekatan yang sistematis melalui kepemimpinan, partisipasi pengguna, identifikasi bahaya, penilaian risiko, penerapan pengendalian, pemantauan kinerja, serta perbaikan berkelanjutan untuk mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Dalam konteks laboratorium pendidikan, penerapan OHSMS mendukung terciptanya lingkungan pembelajaran yang aman dengan memastikan setiap aktivitas praktikum didahului oleh proses identifikasi bahaya dan pengendalian risiko yang memadai. Keberhasilan sistem keselamatan laboratorium tidak hanya bergantung pada ketersediaan fasilitas keselamatan, tetapi juga pada kompetensi, kesadaran, dan kepatuhan seluruh pengguna laboratorium terhadap prosedur kerja aman ^(1,2).

Surveilans nasional di Kanada melaporkan 322 kejadian paparan terhadap patogen dan toksin pada laboratorium selama tahun 2016 sampai 2020. Sebagian besar insiden disebabkan oleh kesalahan prosedur, penggunaan alat tajam, serta kegagalan penggunaan alat pelindung diri, sehingga menegaskan pentingnya penerapan biosafety dan manajemen risiko secara konsisten ⁽³⁾.

Salah satu pendekatan yang direkomendasikan dalam manajemen risiko

keselamatan dan kesehatan kerja adalah *Job Safety Analysis* (JSA). JSA merupakan metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi bahaya pada setiap tahapan pekerjaan, mengevaluasi tingkat risiko yang mungkin timbul, serta menentukan tindakan pengendalian yang sesuai sebelum pekerjaan dilaksanakan. Metode ini telah banyak digunakan dalam berbagai sektor industri karena mampu meningkatkan kesadaran terhadap bahaya kerja, memperbaiki kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, serta mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja melalui pendekatan pencegahan yang proaktif. Dalam konteks laboratorium pendidikan, penerapan JSA berpotensi membantu mahasiswa memahami risiko yang terdapat pada setiap tahapan praktikum sehingga dapat meningkatkan perilaku kerja aman selama kegiatan berlangsung ⁽⁴⁾.

Salah satu contoh penerapan *Job Safety Analysis* (JSA) di laboratorium pendidikan adalah penyusunan lembar analisis keselamatan untuk setiap kegiatan praktikum sebelum mahasiswa memasuki laboratorium. Setiap tahapan praktikum, seperti menyiapkan preparat, menggunakan mikroskop, menangani bahan kimia pewarna, membuang limbah, hingga membersihkan area kerja, dianalisis untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, dan menetapkan tindakan pengendalian yang harus dilakukan. Mahasiswa diwajibkan mempelajari dokumen JSA sebelum praktikum sehingga memahami penggunaan alat pelindung diri, prosedur kerja yang aman, serta langkah penanganan keadaan darurat. Pendekatan ini terbukti meningkatkan kesadaran terhadap bahaya, memperkuat kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, dan mendukung terbentuknya budaya keselamatan di lingkungan laboratorium pendidikan ⁽⁵⁾.

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang untuk meningkatkan efektivitas penyampaian informasi

keselamatan kerja di lingkungan laboratorium. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *Quick Response (QR) Code* yang memungkinkan pengguna memperoleh informasi secara cepat melalui perangkat telepon pintar tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan. Dibandingkan booklet atau poster yang bersifat statis dan memerlukan pembaruan secara manual, *QR Code* memungkinkan dokumen keselamatan diperbarui secara real time tanpa harus mencetak ulang media informasi. Selain itu, penggunaan *QR Code* lebih sederhana dan berbiaya rendah dibandingkan pengembangan aplikasi mobile, sehingga lebih mudah diimplementasikan pada institusi pendidikan dengan sumber daya yang terbatas. Pengguna laboratorium dapat mengakses dokumen Job Safety Analysis (JSA) secara langsung sebelum praktikum dimulai, sehingga informasi mengenai potensi bahaya, tingkat risiko, dan langkah pengendalian selalu tersedia dalam versi terbaru. Karakteristik tersebut menjadikan *QR Code* sebagai media komunikasi risiko yang praktis, fleksibel, dan mudah diintegrasikan ke dalam sistem manajemen keselamatan laboratorium. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa penggunaan *QR Code* dalam pendidikan kesehatan meningkatkan aksesibilitas informasi, keterlibatan pengguna, dan efektivitas proses pembelajaran. Penggunaan *QR Code* dalam lingkungan pendidikan telah terbukti meningkatkan aksesibilitas informasi, efisiensi pembelajaran, serta keterlibatan pengguna dalam proses pembelajaran⁽⁶⁾. Integrasi *QR Code* dengan dokumen JSA memungkinkan pengguna laboratorium memperoleh informasi bahaya, tingkat risiko dan langkah pengendalian secara langsung sebelum melakukan aktivitas praktikum sehingga mendukung penerapan budaya keselamatan yang lebih baik⁽⁶⁾.

Meskipun penelitian mengenai keselamatan laboratorium dan pemanfaatan teknologi digital dalam pendidikan telah berkembang, masih terdapat kesenjangan penelitian yang

perlu dikaji lebih lanjut. Wu et al. melaporkan bahwa sebagian besar mahasiswa belum memiliki tingkat kesadaran keselamatan laboratorium yang memadai, terutama dalam mengenali simbol bahaya, prosedur keadaan darurat, dan praktik kerja aman. Namun, penelitian tersebut hanya bersifat observasional sehingga belum mengevaluasi efektivitas suatu intervensi untuk meningkatkan pemahaman keselamatan laboratorium⁽⁷⁾.

Pemanfaatan *QR Code* pada pembelajaran kedokteran mampu meningkatkan aksesibilitas informasi dan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran. Akan tetapi, penggunaan *QR Code* pada penelitian tersebut berfokus pada kegiatan pembelajaran identifikasi DNA forensik dan tidak dikembangkan sebagai media komunikasi risiko atau manajemen keselamatan laboratorium^(7,8).

Penelitian lain yang mengembangkan media pembelajaran biosafety berbasis aplikasi *WeChat* mini program yang terbukti layak dan mudah digunakan dalam pendidikan laboratorium. Meskipun demikian, pendekatan tersebut memerlukan platform aplikasi khusus dan belum mengintegrasikan analisis bahaya pada setiap tahapan praktikum menggunakan *Job Safety Analysis (JSA)*⁽⁸⁾.

Meskipun penelitian tentang keselamatan laboratorium, JSA, dan pemanfaatan teknologi digital telah berkembang, belum ditemukan penelitian yang secara spesifik mengintegrasikan JSA dengan akses digital berbasis *QR Code* sebagai media komunikasi risiko pada laboratorium pendidikan kedokteran. Penelitian sebelumnya umumnya membahas JSA sebagai metode identifikasi dan pengendalian bahaya, atau penggunaan *QR Code* sebagai media penyampaian informasi pembelajaran. Belum banyak penelitian yang menguji kombinasi JSA, akses informasi keselamatan berbasis *QR Code*, dan peningkatan pemahaman mitigasi risiko pada pengguna laboratorium pendidikan kedokteran.

Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya pengembangan dan evaluasi media JSA berbasis digital yang mudah diakses sebelum kegiatan praktikum.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh implementasi *Job Safety Analysis* (JSA) berbasis digital terhadap peningkatan pemahaman mitigasi risiko kerja pada pengguna Laboratorium Program Studi Pendidikan Dokter Universitas Lampung.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain *pre-experimental* dengan pendekatan *pretest* dan *post-test (one group pretest post-test design)* untuk mengukur perubahan pemahaman keselamatan kerja mahasiswa sebelum dan sesudah penerapan JSA berbasis *QR Code*. Desain ini dipilih karena sesuai untuk mengevaluasi efektivitas awal suatu intervensi edukasi yang diterapkan pada seluruh peserta praktikum dalam kondisi operasional laboratorium, sehingga pembentukan kelompok kontrol tidak memungkinkan karena seluruh mahasiswa wajib memperoleh informasi keselamatan sebelum praktikum berlangsung sebagai bagian dari prosedur keselamatan laboratorium. Intervensi dilaksanakan dalam rangkaian sosialisasi JSA yang terintegrasi dengan briefing keselamatan sebelum praktikum berlangsung. Keterbatasan desain ini adalah tidak adanya kelompok kontrol sehingga perubahan skor yang diperoleh belum sepenuhnya dapat diatribusikan hanya pada intervensi, serta masih dimungkinkan adanya pengaruh faktor luar yang tidak dapat dikendalikan. Intervensi dilaksanakan dalam rangkaian sosialisasi JSA yang terintegrasi dengan *briefing* keselamatan sebelum praktikum berlangsung.

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2026 di Laboratorium Histologi. Populasi penelitian ini adalah seluruh mahasiswa yang mengikuti kegiatan praktikum Histologi dan sosialisasi *Job Safety Analysis* (JSA) berbasis digital pada periode

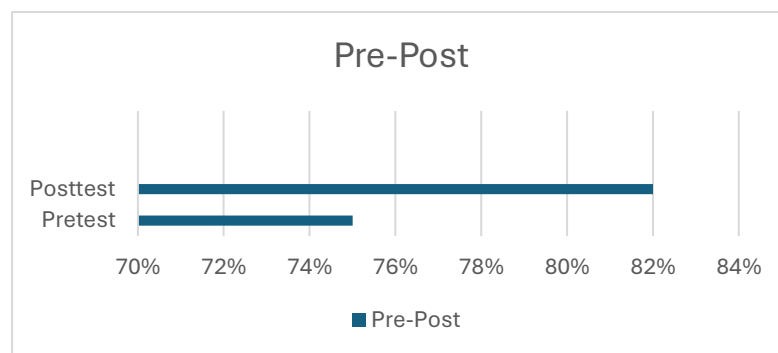
penelitian. Teknik pengambilan sampel menggunakan total sampling sehingga seluruh mahasiswa yang memenuhi kriteria diikutsertakan sebagai responden, dengan jumlah sebanyak 190 orang. Kriteria inklusi meliputi mahasiswa yang terdaftar sebagai peserta praktikum Histologi, mengikuti seluruh rangkaian sosialisasi JSA berbasis digital, serta bersedia menjadi responden dengan mengisi informed consent. Kriteria eksklusi adalah mahasiswa yang tidak mengikuti sosialisasi hingga selesai, tidak mengisi pretest atau posttest secara lengkap, atau mengundurkan diri selama proses penelitian

Intervensi diawali dengan pengisian kuesioner pretest untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa mengenai keselamatan kerja dan mitigasi risiko di laboratorium. Selanjutnya, mahasiswa mengikuti sosialisasi *Job Safety Analysis* (JSA) berbasis digital selama sekitar 20 menit yang disampaikan oleh peneliti sebelum kegiatan praktikum dimulai. Materi yang diberikan meliputi pengenalan *Job Safety Analysis*, identifikasi potensi bahaya di laboratorium histologi, penilaian tingkat risiko, tindakan pengendalian risiko, penggunaan alat pelindung diri, prosedur tanggap darurat, serta tata cara mengakses dokumen JSA berbasis digital. Setelah sosialisasi, mahasiswa memindai *QR Code* yang ditempatkan di pintu masuk laboratorium menggunakan telepon pintar masing-masing. *QR Code* tersebut mengarahkan mahasiswa ke dokumen JSA digital yang berisi tahapan praktikum, potensi bahaya pada setiap tahapan, tingkat risiko, dan langkah pengendalian yang harus dilakukan sebelum praktikum berlangsung. Setelah seluruh rangkaian intervensi selesai, mahasiswa mengisi kuesioner posttest menggunakan instrumen yang sama untuk mengevaluasi perubahan tingkat pemahaman setelah memperoleh intervensi. Data dianalisis menggunakan IBM SPSS Statistics versi 26.0. Uji normalitas dilakukan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* dan *Shapiro-Wilk*. Perbedaan skor *pretest* dan

post-test dianalisis menggunakan uji parametrik *paired t-test* jika data berdistribusi normal dan uji non parametrik *Wilcoxon Signed Ranks Test* jika data berdistribusi tidak normal. Tingkat signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 190 mahasiswa yang mengikuti praktikum observasi preparat histopatologi berpartisipasi dalam penelitian ini. Semua mahasiswa memindai *QR Code* JSA sebelum praktikum dimulai dan menyelesaikan *pretest* maupun *post-test*.



Gambar 1. Presentase Pretest dan Post-test

Rata-rata pemahaman sebelum sosialisasi JSA adalah 75%. Setelah sosialisasi dan akses dokumen JSA melalui *QR Code*, rata-rata skor meningkat menjadi 82% pada *post-test*. Terdapat peningkatan absolut sebesar 7% yang mencerminkan adanya

perubahan kognitif pada mahasiswa setelah intervensi dilakukan. Sebelum dilakukan uji perbedaan, dilakukan uji normalitas terhadap data skor *pretest* dan *post-test* dengan jumlah responden 190 mahasiswa pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas Data Skor Pre-Test dan post-test

Variabel	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Skor pre-test	0,289	190	0,000	0,747	190	0,000
Skor post-test	0,367	190	0,000	0,715	190	0,000

Hasil uji *Kolmogorof-Smirnov* menunjukkan nilai signifikansi skor *pretest* dan *post-test* masing sebesar 0,000. Uji *Shapiro-Wilk* juga menghasilkan nilai signifikansi 0,000 untuk kedua variabel. Seluruh nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 menunjukkan bahwa data skor *pre-test* dan *post-test* tidak

berdistribusi normal. Oleh karena itu, analisis perbedaan dilakukan menggunakan uji non-parametrik *Wilcoxon Signed Ranks Test*. Hasil uji *Wilcoxon Signed Ranks Test* untuk menilai perbedaan pemahaman sebelum dan sesudah sosialisasi JSA berbasis *QR Code* pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Wilcoxon Signed Ranks Test

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Negative Ranks	18 ^a	34.08	613.50
Positive Ranks	171 ^b	101.41	17341.50
Ties	1 ^c		
Total	190		

Statistik	Nilai
Z	-3,872
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000
Keterangan	Bermakna ($p < 0,001$)

Hasil uji *Wilcoxon Signed Ranks Test* menunjukkan bahwa sebanyak 171 mahasiswa (90,0%) mengalami peningkatan skor pemahaman setelah mengikuti sosialisasi JSA berbasis *QR Code*, sedangkan 18 mahasiswa (9,5%) mengalami penurunan skor dan 1 mahasiswa (0,5%) memiliki skor yang tetap. Analisis statistik menghasilkan nilai Z sebesar -3,872 dengan $p < 0,001$, yang menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna antara skor *pretest* dan *post-test*. Rerata skor pemahaman meningkat dari 75% menjadi 82%, dengan peningkatan absolut sebesar 7 poin persentase atau peningkatan relatif sebesar 9,3%. Temuan ini menunjukkan bahwa implementasi *Job Safety Analysis* (JSA) berbasis *QR Code* efektif meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan langkah pengendalian risiko sebelum kegiatan praktikum.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi *Job Safety Analysis* (JSA) berbasis digital meningkatkan pemahaman mitigasi risiko kerja pada pengguna laboratorium. Peningkatan ini diduga terjadi karena JSA menyajikan informasi keselamatan secara terstruktur, dimulai dari tahapan pekerjaan, potensi bahaya, tingkat risiko, hingga tindakan pengendalian yang harus dilakukan. Penyajian informasi secara sistematis membantu mahasiswa memahami hubungan antara aktivitas praktikum dengan risiko yang mungkin muncul, sehingga materi keselamatan menjadi lebih mudah dipahami dibandingkan penyampaian informasi secara lisan saja. Selain itu, akses dokumen JSA melalui *QR Code* memungkinkan mahasiswa mempelajari kembali informasi

keselamatan sebelum praktikum dimulai maupun saat diperlukan selama kegiatan berlangsung. Kemudahan akses tersebut mendukung proses belajar mandiri, meningkatkan paparan terhadap informasi keselamatan, dan memperkuat pemahaman mengenai prosedur kerja yang aman. Temuan ini menunjukkan bahwa penyampaian informasi keselamatan yang terstruktur dan mudah diakses berperan dalam meningkatkan literasi keselamatan kerja di laboratorium ^(1,2).

Peningkatan pemahaman yang diperoleh setelah implementasi JSA berbasis digital sejalan dengan konsep manajemen risiko laboratorium yang direkomendasikan. Pengelolaan risiko laboratorium harus dilakukan melalui identifikasi bahaya, penilaian risiko, pengendalian risiko, serta evaluasi berkelanjutan. Pemahaman pengguna terhadap setiap tahapan tersebut menjadi faktor penting dalam mencegah terjadinya insiden laboratorium dan paparan berbahaya. Oleh karena itu, peningkatan skor pemahaman pada penelitian ini menunjukkan bahwa JSA dapat berfungsi sebagai media komunikasi risiko yang efektif bagi pengguna laboratorium ⁽²⁾.

Temuan penelitian ini juga dapat dijelaskan melalui konsep komunikasi risiko (*risk communication*). Dalam keselamatan dan kesehatan kerja, komunikasi risiko merupakan proses penyampaian informasi mengenai potensi bahaya, tingkat risiko, serta langkah pengendalian kepada seluruh pihak yang terlibat agar mereka mampu mengambil keputusan dan bertindak secara aman. Komunikasi risiko yang efektif tidak hanya menyampaikan informasi, tetapi juga membantu membangun kesadaran terhadap bahaya dan meningkatkan

pemahaman mengenai tindakan pencegahan yang perlu dilakukan. Pada penelitian ini, dokumen JSA yang disajikan melalui *QR Code* berfungsi sebagai media komunikasi risiko yang memberikan informasi keselamatan secara jelas dan mudah diakses sebelum praktikum dimulai. Akses terhadap informasi tersebut memungkinkan mahasiswa memahami potensi bahaya pada setiap tahapan praktikum serta tindakan pengendalian yang harus diterapkan, sehingga pemahaman mengenai mitigasi risiko menjadi lebih baik. Hasil ini sejalan dengan kajian yang menyebutkan bahwa komunikasi keselamatan yang efektif merupakan salah satu komponen penting dalam sistem manajemen keselamatan karena berkontribusi terhadap peningkatan pengetahuan, kepatuhan terhadap prosedur, dan komitmen terhadap keselamatan di lingkungan kerja berisiko tinggi^(9,10).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Wu et al. (2023) yang menunjukkan bahwa mahasiswa dengan tingkat pengetahuan keselamatan yang lebih baik memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam mengenali bahaya dan menerapkan praktik kerja yang aman di laboratorium. Kesamaan hasil tersebut diduga karena kedua penelitian menempatkan pengetahuan keselamatan sebagai faktor yang memengaruhi kesiapan mahasiswa dalam mengidentifikasi risiko sebelum melakukan aktivitas laboratorium. Meskipun demikian, terdapat perbedaan pada pendekatan yang digunakan. Penelitian Wu et al. bersifat potong lintang sehingga hanya menggambarkan tingkat kesadaran keselamatan mahasiswa tanpa memberikan intervensi, sedangkan penelitian ini mengevaluasi perubahan pemahaman setelah pemberian intervensi berupa *Job Safety Analysis* (JSA) berbasis digital. Dengan demikian, peningkatan skor yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa penyampaian informasi keselamatan melalui JSA digital berpotensi menjadi salah satu strategi

untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap mitigasi risiko di laboratorium⁽⁷⁾.

Keberhasilan intervensi dalam penelitian ini juga dapat dilihat melalui karakteristik JSA sebagai metode identifikasi bahaya yang sistematis. JSA menguraikan setiap pekerjaan menjadi tahapan-tahapan spesifik, kemudian mengidentifikasi potensi bahaya serta tindakan pengendalian pada masing-masing tahapan. Pendekatan tersebut membantu pengguna memahami hubungan antara aktivitas kerja, sumber bahaya, dampak yang mungkin terjadi, dan tindakan pengendalian yang harus dilakukan. Penerapan JSA telah dilaporkan mampu meningkatkan pengetahuan keselamatan kerja dan mengurangi potensi kecelakaan kerja pada berbagai lingkungan kerja, termasuk laboratorium pendidikan tinggi^(7,11).

Pada praktikum histologi, penerapan *Job Safety Analysis* (JSA) dilakukan dengan mengidentifikasi setiap tahapan kegiatan sebelum praktikum dimulai, mulai dari persiapan alat dan bahan, penggunaan mikroskop, penanganan preparat dan bahan pewarna, hingga pembuangan limbah laboratorium. Pada setiap tahapan tersebut, mahasiswa diberikan informasi mengenai potensi bahaya yang mungkin terjadi, seperti kontak dengan bahan kimia, pecahan kaca preparat, posisi kerja yang kurang ergonomis saat menggunakan mikroskop, maupun risiko kontaminasi akibat penanganan sampel yang tidak sesuai prosedur. Selanjutnya, JSA menjelaskan tingkat risiko serta langkah pengendalian yang harus dilakukan, seperti penggunaan alat pelindung diri, penerapan teknik kerja yang benar, penanganan limbah sesuai prosedur, dan pelaporan apabila terjadi insiden. Penyampaian informasi yang terstruktur sebelum praktikum membantu mahasiswa memahami tindakan pencegahan yang perlu dilakukan pada setiap tahapan pekerjaan, sehingga keselamatan kerja tidak hanya dipahami sebagai teori, tetapi juga diterapkan secara

langsung selama kegiatan praktikum. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip Job Safety Analysis yang menempatkan identifikasi bahaya dan pengendalian risiko sebagai bagian dari setiap langkah pekerjaan, sehingga pengguna laboratorium dapat mengenali potensi bahaya sebelum insiden terjadi. Integrasi JSA ke dalam kegiatan praktikum juga mendukung pembentukan perilaku kerja yang lebih aman karena mahasiswa terbiasa melakukan penilaian risiko sebelum memulai suatu aktivitas laboratorium.

Selain faktor JSA, peningkatan pemahaman responden kemungkinan juga dipengaruhi oleh penggunaan teknologi *Quick Response (QR) Code* sebagai media penyampaian informasi keselamatan. Melalui *QR Code*, pengguna laboratorium dapat mengakses dokumen JSA secara langsung menggunakan telepon pintar tanpa harus mencari dokumen cetak. Kemudahan akses tersebut memungkinkan informasi keselamatan diperoleh secara cepat sebelum kegiatan praktikum dimulai. Penggunaan *QR Code* dalam lingkungan pendidikan kesehatan meningkatkan aksesibilitas informasi, keterlibatan peserta didik, dan efektivitas proses pembelajaran⁽⁶⁾. Temuan penelitian ini juga didukung oleh *Technology Acceptance Model (TAM)*, yang menjelaskan bahwa penerimaan suatu teknologi dipengaruhi oleh persepsi mengenai kemudahan penggunaan (*perceived ease of use*) dan manfaat yang dirasakan (*perceived usefulness*). Pada penelitian ini, *QR Code* memberikan akses yang cepat ke dokumen *Job Safety Analysis (JSA)* tanpa memerlukan instalasi aplikasi atau proses yang rumit. Kemudahan tersebut memungkinkan mahasiswa memperoleh informasi keselamatan sebelum praktikum dengan lebih efisien. Selain mudah digunakan, *QR Code* juga memberikan manfaat karena seluruh informasi mengenai potensi bahaya, tingkat risiko, dan langkah pengendalian tersedia dalam satu dokumen yang dapat diakses kembali kapan saja. Kombinasi antara kemudahan akses dan manfaat yang

dirasakan tersebut diduga mendorong mahasiswa untuk memanfaatkan informasi keselamatan secara lebih aktif, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan pemahaman mengenai mitigasi risiko kerja⁽¹²⁾.

Hasil ini sejalan dengan berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa media pembelajaran digital lebih mudah diterima apabila sederhana, mudah diakses, dan mendukung kebutuhan pengguna. Dalam konteks penelitian ini, *QR Code* tidak hanya berfungsi sebagai media penyimpanan dokumen, tetapi juga sebagai sarana penyampaian informasi keselamatan yang mudah digunakan dan dapat diakses sebelum kegiatan praktikum berlangsung. Karakteristik tersebut mendukung proses pembelajaran keselamatan secara mandiri sekaligus memperkuat penerapan prosedur kerja aman di laboratorium.

Pemanfaatan teknologi digital dalam penelitian ini juga mendukung pembentukan budaya keselamatan laboratorium. Budaya keselamatan merupakan kumpulan nilai, persepsi, kompetensi, dan perilaku yang menentukan komitmen individu maupun organisasi terhadap keselamatan kerja. pengetahuan keselamatan, komunikasi risiko, dan keterlibatan pengguna merupakan faktor yang berpengaruh terhadap terbentuknya budaya keselamatan yang positif di lingkungan laboratorium dan fasilitas kesehatan⁽¹³⁾.

Peningkatan pemahaman mahasiswa setelah penerapan JSA berbasis digital juga dapat dikaitkan dengan konsep *safety culture*. Budaya keselamatan merupakan sekumpulan nilai, sikap, persepsi, dan perilaku yang mendorong setiap individu untuk menempatkan keselamatan sebagai prioritas dalam setiap aktivitas kerja. Pembentukan budaya keselamatan tidak hanya bergantung pada tersedianya prosedur kerja, tetapi juga pada proses pembelajaran yang membantu individu memahami potensi bahaya dan cara

mengendalikan risiko. Dalam penelitian ini, JSA berbasis *QR Code* memberikan akses yang mudah terhadap informasi keselamatan sebelum praktikum sehingga mahasiswa memiliki kesempatan untuk mengenali potensi bahaya, memahami langkah pengendalian, dan menerapkannya selama kegiatan laboratorium. Proses tersebut mendukung terbentuknya kebiasaan untuk mempertimbangkan aspek keselamatan sebelum memulai pekerjaan, yang merupakan salah satu karakteristik budaya keselamatan yang positif. Temuan ini sejalan dengan konsep *safety culture* yang menekankan bahwa peningkatan pengetahuan dan komunikasi keselamatan merupakan dasar dalam membangun perilaku kerja yang aman. Semakin baik pemahaman seseorang terhadap risiko dan prosedur keselamatan, semakin besar kemungkinan individu tersebut mematuhi prosedur kerja dan berpartisipasi dalam upaya pencegahan kecelakaan. Oleh karena itu, implementasi JSA berbasis digital tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian informasi, tetapi juga menjadi salah satu upaya untuk memperkuat budaya keselamatan di lingkungan laboratorium pendidikan ⁽¹⁴⁾.

Sebagian besar insiden laboratorium berkaitan dengan perilaku tidak aman, kegagalan mengenali bahaya, dan kurangnya pemahaman terhadap risiko sebelum pekerjaan dilakukan. Oleh karena itu, intervensi yang berfokus pada peningkatan pengetahuan dan kesadaran keselamatan memiliki peran penting dalam menurunkan potensi terjadinya kecelakaan kerja di laboratorium ⁽¹¹⁾. Temuan ini juga didukung oleh penelitian terbaru yang menunjukkan bahwa kecelakaan laboratorium tidak hanya dipengaruhi oleh adanya potensi bahaya, tetapi juga oleh faktor manusia dan kelemahan sistem manajemen keselamatan. Penelitian terhadap kasus kecelakaan di laboratorium perguruan tinggi menunjukkan bahwa pelanggaran prosedur kerja, rendahnya pengetahuan keselamatan, kurangnya pelatihan, serta lemahnya pengawasan

merupakan faktor yang paling sering berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan laboratorium. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa kesalahan manusia masih menjadi penyebab utama kecelakaan di laboratorium, meskipun pengguna memiliki latar belakang pendidikan dan pengalaman praktikum. Temuan tersebut menegaskan bahwa peningkatan pemahaman keselamatan melalui intervensi yang terstruktur, seperti *Job Safety Analysis* (JSA), merupakan bagian penting dalam upaya pencegahan kecelakaan karena membantu mahasiswa mengenali potensi bahaya dan menerapkan langkah pengendalian sebelum praktikum dimulai ^(15,16).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi *Job Safety Analysis* dengan teknologi digital melalui *QR Code* tidak hanya meningkatkan pemahaman mitigasi risiko kerja, tetapi juga berpotensi memperkuat sistem komunikasi risiko dan budaya keselamatan laboratorium. Pendekatan ini relatif sederhana, mudah diterapkan, dan memiliki biaya implementasi yang rendah sehingga berpotensi direplikasi pada laboratorium pendidikan lainnya sebagai bagian dari upaya peningkatan kinerja keselamatan dan kesehatan kerja ⁽¹⁷⁾.

Penelitian ini memberikan implikasi praktis bagi institusi pendidikan dalam upaya memperkuat sistem keselamatan laboratorium. Integrasi *Job Safety Analysis* (JSA) berbasis *QR Code* ke dalam kegiatan praktikum dapat menjadi salah satu strategi untuk menyampaikan informasi keselamatan secara lebih sistematis, mudah diakses, dan seragam kepada seluruh mahasiswa sebelum memasuki laboratorium. Pendekatan ini juga mendukung pelaksanaan *briefing* keselamatan, orientasi mahasiswa baru, serta pembelajaran mandiri mengenai identifikasi bahaya dan pengendalian risiko ⁽¹⁸⁾. Selain meningkatkan efisiensi penyampaian informasi, penggunaan *QR Code* memudahkan pengelola laboratorium

memperbarui dokumen JSA tanpa perlu mencetak ulang media informasi sehingga lebih praktis dan ekonomis. Pendekatan ini juga memiliki peluang untuk diterapkan pada laboratorium pendidikan lainnya, baik di bidang kesehatan maupun bidang sains lainnya, dengan menyesuaikan isi JSA terhadap karakteristik setiap praktikum. Laboratorium seperti anatomi, mikrobiologi, biokimia, patologi klinik, farmasi, maupun laboratorium kimia dan biologi memiliki potensi bahaya yang berbeda sehingga memerlukan identifikasi bahaya dan pengendalian risiko yang spesifik⁽¹⁹⁾. Oleh karena itu, pengembangan JSA berbasis digital dapat menjadi salah satu alternatif untuk mendukung penerapan manajemen risiko dan memperkuat budaya keselamatan secara berkelanjutan di berbagai laboratorium pendidikan⁽²⁰⁾.

KESIMPULAN

Implementasi *Job Safety Analysis* (JSA) berbasis *QR Code* di Laboratorium Program Studi Pendidikan Dokter dikaitkan dengan peningkatan pemahaman mahasiswa mengenai mitigasi risiko kerja, yang ditunjukkan oleh adanya peningkatan skor pemahaman setelah intervensi. Temuan ini menunjukkan bahwa penyampaian informasi keselamatan melalui JSA digital berpotensi mendukung peningkatan pemahaman mahasiswa terhadap identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan langkah pengendalian sebelum kegiatan praktikum. Mengingat penelitian ini menggunakan desain one-group pretest-posttest tanpa kelompok kontrol, hasil penelitian perlu diinterpretasikan secara hati-hati dan belum dapat sepenuhnya menyimpulkan hubungan kausal. Secara praktis, JSA berbasis *QR Code* dapat dipertimbangkan sebagai media edukasi keselamatan yang mudah diakses, sederhana, dan berbiaya rendah untuk mendukung pelaksanaan *briefing*

keselamatan serta memperkuat manajemen risiko di laboratorium pendidikan.

SARAN

Sebagai saran implementasi, pengelola laboratorium disarankan mengintegrasikan *Job Safety Analysis* (JSA) berbasis digital ke dalam Standar Operasional Prosedur (SOP) setiap kegiatan praktikum agar informasi mengenai potensi bahaya dan langkah pengendalian dapat diakses sebelum praktikum. JSA digital juga dapat digunakan dalam orientasi mahasiswa baru untuk memperkenalkan budaya keselamatan. Pelatihan keselamatan dan pembaruan materi JSA secara berkala perlu dilakukan agar informasi tetap sesuai dengan prosedur praktikum dan potensi bahaya yang ada.

Sebagai saran penelitian selanjutnya, Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan kelompok kontrol untuk memperoleh bukti efektivitas JSA berbasis digital yang lebih kuat. Penelitian juga perlu melibatkan lebih dari satu laboratorium dan institusi untuk meningkatkan keterwakilan hasil serta memungkinkan perbandingan efektivitas implementasi JSA digital pada lingkungan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

1. WHO. Laboratory biosafety manual, 4th edition [Internet]. WHO. 2020 [cited 2026 Jun 4]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311>
2. WHO. Laboratory biosecurity guidance [Internet]. WHO. 2024 [cited 2026 Jun 4]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240095113>
3. WHO. Laboratory Biosecurity Guidance [Internet]. WHO. 2024. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240095113?>

4. OSHA. Laboratory Safety Guidance. OSHA. 2011.
5. Hensley MS, Burrows NL, Galerneau AJ, Bekkala AP, Hungwe KN. Investigating the Impact of RAMP-Based Safety Instruction on Student Learning in an Organic Chemistry Lab Course. *J Chem Educ* [Internet]. 2024 Jun 11;101(6):2203–14. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.3c00955>
6. Lai L, Liu L, Wang Y, Liu S, Zhang J, Zheng X. QR code technology in individual identification training provides an introduction in hands-on forensic DNA genotyping to medical students. *BMC Med Educ* [Internet]. 2023 May 5;23(1):314. Available from: <https://bmcmmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-023-04284-3>
7. Wu G, Yang Y, Xu C. Determination of University Students' Laboratory Safety Awareness: A Cross-Sectional Study. *J Chem Educ* [Internet]. 2023 Sep 12;100(9):3402–9. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.3c00305>
8. Li Q, Zhao J, Yan R, Gao Q, Zhen Y, Li X, et al. WeChat mini program in laboratory biosafety education among medical students at Guangzhou Medical University: a mixed method study of feasibility and usability. *BMC Med Educ* [Internet]. 2024 Mar 19;24(1):305. Available from: <https://bmcmmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-024-05131-9>
9. Zara J, Nordin SM, Isha ASN. Influence of communication determinants on safety commitment in a high-risk workplace: a systematic literature review of four communication dimensions. *Front Public Heal* [Internet]. 2023 Aug 8;11. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2023.1225995/full>
10. Pipke R, Wilmes A. Risikokommunikation zum Schutz vor Gefahrstoffen am Arbeitsplatz. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* [Internet]. 2022 May 11;65(5):589–98. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/s00103-022-03530-1>
11. Li Z, Wang X, Gong S, Sun N, Tong R. Risk assessment of unsafe behavior in university laboratories using the HFACS-UL and a fuzzy Bayesian network. *J Safety Res* [Internet]. 2022 Sep;82:13–27. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022437522000470>
12. Davis FD. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Q* [Internet]. 1989 Sep 1;13(3):319–40. Available from: <https://misq.umn.edu/misq/article/13/3/319/191/Perceived-Usefulness-Perceived-Ease-of-Use-and>
13. Naiem MF, Haslinda H, Darwis AM, Ramadhani M. Determinants of Work Safety Culture of Hasanuddin University Laboratory Officers. *Open Access Maced J Med Sci* [Internet]. 2022 Jul 3;10(E):1874–80. Available from: <https://oamjms.eu/index.php/mjms/article/view/9584>
14. Neal WN, Pekmezi D, Motl RW. Physical Activity Levels and Social Cognitive Theory Correlates among Adults with Crohn's Disease: Preliminary Results from a Cross-

- Sectional Analysis. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2024 Apr 10;21(4):462. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/21/4/462>
15. He Y, Kuai N-S, Deng L-M, Wang Z-L, Peng M-J. An investigation into accidents in laboratories in universities in China caused by human error: A study based on improved CREAM and SPAR-H. *Heliyon* [Internet]. 2024 Apr;10(7):e28897. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844024049284>
 16. Chen X. From organizational failure to systemic prevention: A <scp>24Model</scp> analysis of university laboratory accidents. *Process Saf Prog* [Internet]. 2026 Mar 30; Available from: <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/prs.70057>
 17. Xu C, Guo L, Wang K, Yang T, Feng Y, Wang H, et al. Current challenges of university laboratory: Characteristics of human factors and safety management system deficiencies based on accident statistics. *J Safety Res* [Internet]. 2023 Sep;86:318–35. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022437523000956>
 18. Zhao AY, DeSousa NE, Henriksen HC, May AM, Tan X, Lawrence DS. An Assessment of Laboratory Safety Training in Undergraduate Education. *J Chem Educ* [Internet]. 2024 Apr 9;101(4):1626–34. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.3c01299>
 19. Hensley MS, Martin JA, Miller KA, Hungwe KN. Laboratory Safety Teams as an Evolving Community of Practice: Exploring the How and Why. *J Chem Educ* [Internet]. 2024 Oct 8;101(10):4124–35. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.4c00702>
 20. Ficociello B, Giordano D, Incoronato F, Farinella A, Pietrangeli B. WHO Laboratory Biosafety Manual: A New Approach to Security. *Ann Work Expo Heal* [Internet]. 2023 Apr 21;67(4):425–9. Available from: <https://academic.oup.com/annweh/article/67/4/425/6887198>