

## ANALISIS KEPUASAN MAHASISWA TERHADAP SOP TERINTEGRASI: UPAYA HARMONISASI ISO 45001:2018 DAN ISO 14001:2015 MENUJU GREEN LABORATORY

Kadek Adi Mahendra<sup>1</sup>, I Made Dwi Mertha Adnyana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

<sup>2</sup>Universitas Jambi, Jl. Raya Jambi-Muara Bulian KM. 15, Muaro Jambi, Jambi, Indonesia

Email: [adi.mahendra.09@staff.unila.ac.id](mailto:adi.mahendra.09@staff.unila.ac.id)

---

### Article History

Received: 18-04-2026

Revision: 25-05-2026

Accepted: 28-05-2026

Published: 03-06-2026

**Abstract.** The Highway Laboratory carries significant occupational safety risks and environmental impacts; however, the implementation of standard operating procedures (SOPs) that integrate occupational safety and environmental management aspects remains suboptimal. This study aims to analyze student satisfaction levels toward integrated SOPs based on ISO 45001 and ISO 14001 as an effort to harmonize toward a green laboratory in the Highway Laboratory. This study employed a descriptive quantitative approach using a survey method involving 150 Civil Engineering students from the 2023 cohort who had completed the full series of laboratory practicum sessions. Data were collected using a structured questionnaire consisting of 30 statement items across six measurement dimensions and analyzed using descriptive statistics. The results revealed that the overall student satisfaction level fell into the "Moderately Satisfied" category, with three dimensions obtaining the lowest scores, namely the implementation of occupational health and safety based on ISO 45001, environmental management based on ISO 14001, and the application of the green laboratory concept. These findings indicate that the existing SOPs have not adequately accommodated occupational safety, health, and environmental sustainability aspects. This study affirms the urgency of developing integrated SOPs that harmonize ISO 45001 and ISO 14001 as the foundation for realizing a safe, healthy, and sustainable green laboratory.

**Keywords:** Student Satisfaction, Integrated SOP, ISO 45001:2018, ISO 14001:2015, Green Laboratory

**Abstrak.** Laboratorium Jalan Raya sebagai fasilitas pendidikan teknik sipil memiliki tingkat risiko keselamatan dan dampak lingkungan yang signifikan, namun implementasi Standar Operasional Prosedur (SOP) yang mengintegrasikan aspek keselamatan kerja dan pengelolaan lingkungan masih belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kepuasan mahasiswa terhadap SOP terintegrasi berbasis ISO 45001 dan ISO 14001 sebagai upaya harmonisasi menuju *green laboratory* di Laboratorium Jalan Raya. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode survei terhadap 150 mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2023 yang telah menyelesaikan seluruh rangkaian praktikum. Data dikumpulkan menggunakan kuesioner terstruktur yang terdiri dari 30 butir pernyataan dalam enam dimensi pengukuran dan dianalisis menggunakan statistik deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kepuasan mahasiswa secara agregat berada pada kategori "Cukup Puas", dengan tiga dimensi yang memperoleh skor terendah, yaitu implementasi K3 berbasis ISO 45001, pengelolaan lingkungan berbasis ISO 14001, dan penerapan konsep *green laboratory*. Temuan ini mengindikasikan bahwa SOP yang berlaku belum mengakomodasi aspek keselamatan, kesehatan kerja, dan keberlanjutan lingkungan secara memadai. Penelitian ini menegaskan urgensi pengembangan SOP terintegrasi yang mengharmonisasikan ISO 45001 dan ISO 14001 sebagai fondasi terwujudnya *green laboratory* yang aman, sehat, dan berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Kepuasan Mahasiswa, SOP Terintegrasi, ISO 45001:2018, ISO 14001:2015, Laboratorium Hijau

---

**How to Cite:** Mahendra, K. A., & Adnyana, I. M. D. M. (2026). Analisis Kepuasan Mahasiswa terhadap SOP Terintegrasi: Upaya Harmonisasi ISO 45001:2018 dan ISO 14001:2015 Menuju *Green Laboratory*. *HORIZON: Indonesian Journal of Multidisciplinary*, 4 (3), 1554-1567. <http://doi.org/10.54373/hijm.v4i3.5402>

---

## PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan fasilitas pendidikan tinggi yang memiliki tingkat risiko keselamatan dan dampak lingkungan yang signifikan, mengingat aktivitas di dalamnya melibatkan penggunaan bahan kimia, peralatan berat, serta prosedur teknis yang kompleks. Dalam konteks pendidikan teknik, laboratorium tidak hanya berfungsi sebagai ruang praktikum, tetapi juga sebagai lingkungan belajar yang harus menjamin keselamatan, kesehatan, dan keberlanjutan lingkungan secara bersamaan (Friend & Kohn, 2023; Kavouras et al., 2022; Mahendra, 2026). Fenomena yang berkembang secara global menunjukkan bahwa institusi pendidikan tinggi semakin dituntut untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip keselamatan kerja dengan praktik ramah lingkungan, sejalan dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya pembangunan berkelanjutan di sektor pendidikan (Freese et al., 2024; Mahendra, 2025; O'Neil et al., 2020). Tuntutan ini mendorong lahirnya konsep *green laboratory* sebagai paradigma baru pengelolaan laboratorium yang tidak hanya aman bagi penggunanya, tetapi juga bertanggung jawab terhadap lingkungan (Ozben, 2023; Verma et al., 2024).

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di laboratorium pendidikan menjadi isu yang semakin mendapatkan perhatian serius dari berbagai kalangan akademisi dan praktisi. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penerapan K3 di laboratorium perguruan tinggi masih menghadapi berbagai tantangan, mulai dari ketidakpatuhan terhadap standar operasional prosedur, minimnya penggunaan alat pelindung diri, hingga lemahnya budaya keselamatan di kalangan civitas akademika (Adnyana et al., 2023a; Alfafa, 2024; Purnomo & Saputro, 2023; Sholeha, 2025). Evaluasi yang dilakukan di berbagai laboratorium teknik di Indonesia mengungkap bahwa sebagian besar laboratorium belum memiliki sistem manajemen K3 yang terstruktur dan terintegrasi, sehingga potensi bahaya dan risiko kecelakaan masih relatif tinggi (Dodie et al., 2025; Mulyadi et al., 2023; Soehardi et al., 2025). Kondisi ini menegaskan perlunya pendekatan sistematis dan berbasis standar internasional dalam pengelolaan K3 laboratorium pendidikan.

Berbagai metode identifikasi dan pengendalian risiko telah diterapkan dalam upaya meningkatkan keselamatan laboratorium, di antaranya metode HIRAC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Control*), HIRARC, serta *Job Safety Analysis* (JSA). Bora et al., (2025) membuktikan bahwa implementasi metode HIRAC secara signifikan mampu mereduksi potensi bahaya di lingkungan laboratorium industri. Senada dengan hal tersebut, Mahendra (2025) dan Ratu et al., (2025) melaporkan bahwa penggunaan metode HIRARC di laboratorium teknik mampu mengidentifikasi potensi bahaya secara komprehensif sekaligus

memberikan rekomendasi pengendalian yang terukur. Sulistiyowati et al., (2023) menambahkan bahwa pendekatan JSA pada kegiatan praktikum juga terbukti efektif dalam mengevaluasi dan memperbaiki prosedur keselamatan kerja. Namun demikian, metode-metode tersebut umumnya bersifat parsial dan belum terintegrasi dalam satu kerangka sistem manajemen yang holistik (Azizi, 2024; Mahendra, 2025).

ISO 45001 telah ditetapkan sebagai standar sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja yang diakui secara global, sedangkan ISO 14001:2015 menjadi acuan utama dalam sistem manajemen lingkungan pada tingkat internasional. Kedua standar ini memiliki struktur *High Level Structure* (HLS) yang kompatibel, sehingga secara teknis dapat diintegrasikan dalam satu sistem manajemen terpadu (Felknor et al., 2021; Kavouras et al., 2022). Integrasi ISO 45001:2018 dan ISO 14001:2015 dalam pengelolaan laboratorium berpotensi menghasilkan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang tidak hanya mengakomodasi aspek keselamatan kerja, tetapi juga memastikan pengelolaan limbah dan dampak lingkungan yang bertanggung jawab (Freese et al., 2024; O'Neil et al., 2020). Pendekatan integrasi ini sejalan dengan konsep *green laboratory* yang menekankan harmonisasi antara produktivitas, keselamatan, dan keberlanjutan lingkungan secara simultan (Ozben, 2023; Verma et al., 2024).

Konsep *green laboratory* sendiri telah berkembang pesat dalam satu dekade terakhir sebagai respons atas meningkatnya tekanan global terhadap isu perubahan iklim dan keberlanjutan sumber daya. O'Neil et al., (2020) menegaskan bahwa integrasi prinsip kimia hijau dan budaya keselamatan dalam laboratorium merupakan langkah strategis menuju laboratorium yang bertanggung jawab secara sosial dan lingkungan. Freese et al., (2024) lebih lanjut menguraikan bahwa praktik laboratorium berkelanjutan mencakup efisiensi energi, pengurangan limbah, penggunaan bahan yang lebih aman, serta peningkatan kesadaran pengguna terhadap dampak lingkungan dari setiap aktivitas praktikum. Penerapan praktik *green laboratory* di institusi pendidikan tinggi terbukti tidak hanya meningkatkan aspek keberlanjutan lingkungan, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan budaya keselamatan yang lebih kuat di kalangan mahasiswa dan tenaga laboratorium (Adnyana et al., 2023b; Ozben, 2023; Verma et al., 2024).

Khusus di Laboratorium Jalan Raya, karakteristik aktivitas praktikum yang melibatkan pengujian material konstruksi, penggunaan alat berat, serta paparan terhadap bahan berbahaya menuntut standar keselamatan dan pengelolaan lingkungan yang lebih ketat dibandingkan laboratorium pada umumnya. Mahendra (2025) dalam penelitiannya di Laboratorium Jalan Raya Universitas Lampung menemukan sejumlah celah signifikan dalam implementasi K3, termasuk ketidaklengkapan dokumentasi SOP, rendahnya kesadaran pengguna terhadap

prosedur keselamatan, serta belum adanya sistem pengelolaan lingkungan yang terstandarisasi. Lebih lanjut, Mahendra et al., (2026) mengidentifikasi bahwa peran *Pranata Laboratorium Pendidikan* (PLP) sebagai ujung tombak pengelolaan laboratorium belum dioptimalkan secara sistemik, sehingga pelaksanaan praktikum masih rentan terhadap berbagai potensi bahaya. Soewardi et al., (2026) juga menekankan bahwa penguatan budaya keselamatan laboratorium hanya dapat terwujud melalui identifikasi risiko yang komprehensif dan penerapan sistem K3 yang melembaga (Mafra et al., 2021; Thressia, 2025).

Meskipun telah banyak penelitian yang mengevaluasi implementasi K3 di laboratorium pendidikan, terdapat *research gap* yang signifikan dalam literatur yang ada. Pertama, belum ada kajian yang secara khusus mengeksplorasi integrasi ISO 45001 dan ISO 14001 dalam bentuk SOP terpadu di laboratorium teknik sipil, khususnya Laboratorium Jalan Raya. Kedua, dimensi kepuasan mahasiswa sebagai pengguna utama laboratorium terhadap SOP yang berlaku nyaris tidak pernah dijadikan variabel utama dalam penelitian K3 laboratorium pendidikan tinggi di Indonesia (Horan et al., 2021; Rikhotso et al., 2021). Ketiga, pendekatan *green laboratory* yang mengharmonisasikan aspek K3 dan manajemen lingkungan secara simultan dalam konteks laboratorium teknik di perguruan tinggi Indonesia masih sangat terbatas dieksplorasi secara empiris (Fassa & Rostiyanti, 2020). Kesenjangan-kesenjangan inilah yang menjadi landasan penting bagi urgensi penelitian ini.

Penelitian ini hadir dengan *novelty* berupa pengembangan dan analisis SOP terintegrasi berbasis ISO 45001 dan ISO 14001 yang diorientasikan menuju konsep *green laboratory* di Laboratorium Jalan Raya, sekaligus mengukur tingkat kepuasan mahasiswa terhadap SOP tersebut sebagai indikator keberhasilan implementasinya. Pendekatan ini merupakan yang pertama kali dilakukan dalam konteks Laboratorium Jalan Raya di Indonesia, sehingga diharapkan dapat mengisi celah penelitian yang ada sekaligus memberikan kontribusi praktis bagi pengelolaan laboratorium yang lebih aman, sehat, dan berkelanjutan (Freese et al., 2024; Kavouras et al., 2022; Ozben, 2023). Hasil penelitian ini diharapkan menjadi model referensi bagi laboratorium-laboratorium teknik lainnya di Indonesia yang tengah berupaya menyelaraskan standar keselamatan kerja dengan prinsip-prinsip keberlanjutan lingkungan dalam satu sistem manajemen yang koheren dan terukur.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode survei untuk menganalisis tingkat kepuasan mahasiswa terhadap SOP terintegrasi berbasis ISO 45001 dan ISO 14001 di Laboratorium Jalan Raya. Populasi penelitian adalah seluruh mahasiswa Program

Studi Teknik Sipil angkatan 2023 yang telah menyelesaikan kegiatan praktikum di Laboratorium Jalan Raya, dengan sampel ditetapkan sebanyak 150 mahasiswa menggunakan teknik *purposive sampling*. Kriteria inklusi sampel meliputi: (1) mahasiswa aktif Teknik Sipil angkatan 2023, (2) telah mengikuti seluruh sesi praktikum di Laboratorium Jalan Raya minimal satu semester penuh, dan (3) bersedia berpartisipasi secara sukarela.

Instrumen penelitian yang digunakan adalah kuesioner terstruktur yang dikembangkan secara khusus untuk mengukur kepuasan mahasiswa terhadap SOP praktikum terintegrasi, disusun berdasarkan harmonisasi klausul ISO 45001:2018 dan ISO 14001:2015 yang disesuaikan dengan konteks operasional laboratorium pendidikan tinggi. Kuesioner terdiri dari 30 butir pernyataan yang tersebar dalam enam dimensi, yaitu: (1) kejelasan dan aksesibilitas SOP, (2) implementasi K3 berbasis ISO 45001, (3) pengelolaan lingkungan berbasis ISO 14001, (4) penerapan konsep *green laboratory*, (5) peran instruktur dan pengelola laboratorium, serta (6) kepuasan keseluruhan dan dampak terhadap kompetensi mahasiswa. Pengukuran menggunakan Skala Likert 5 poin, mulai dari skor 1 (Sangat Tidak Puas) hingga skor 5 (Sangat Puas). Sebelum digunakan, instrumen diuji validitasnya menggunakan korelasi *Product Moment* Pearson dan reliabilitasnya menggunakan *Cronbach's Alpha* dengan nilai ambang batas  $\geq 0,70$ , yang diujicobakan kepada 30 responden di luar sampel penelitian.

Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner secara daring menggunakan platform *Google Forms*, disertai lembar *informed consent* yang memuat tujuan penelitian dan jaminan kerahasiaan data responden. Data yang terkumpul selanjutnya dianalisis menggunakan statistik deskriptif yang mencakup nilai rata-rata (*mean*), simpangan baku (*standard deviation*), serta nilai minimum dan maksimum pada setiap dimensi. Interpretasi tingkat kepuasan dikategorikan dalam lima rentang, yaitu sangat puas (4,21–5,00), puas (3,41–4,20), cukup puas (2,61–3,40), tidak puas (1,81–2,60), dan sangat tidak puas (1,00–1,80). Selain itu, analisis *Customer Satisfaction Index* (CSI) digunakan untuk memperoleh gambaran kepuasan secara agregat, sementara analisis per dimensi dilakukan untuk mengidentifikasi dimensi SOP yang memperoleh skor kepuasan tertinggi dan terendah sebagai dasar rekomendasi perbaikan yang terukur dan berbasis data.

## HASIL

Pengumpulan data dilaksanakan terhadap 150 mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2023 yang telah menyelesaikan seluruh rangkaian praktikum di Laboratorium Jalan Raya. Hasil uji validitas menunjukkan seluruh 30 butir pernyataan dinyatakan valid dengan nilai *r*-hitung  $>$  *r*-tabel (0,361), sementara uji reliabilitas menghasilkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,874

yang mengindikasikan konsistensi internal instrumen dalam kategori baik. Analisis statistik deskriptif dilakukan terhadap enam dimensi kepuasan, dan secara keseluruhan diperoleh nilai rata-rata agregat sebesar 3,41 yang berada pada kategori "Cukup Puas." Namun demikian, terdapat variasi yang cukup signifikan antar dimensi, di mana dimensi Implementasi K3 berbasis ISO 45001, Pengelolaan Lingkungan berbasis ISO 14001, dan Penerapan Konsep *Green Laboratory* secara konsisten memperoleh skor rata-rata yang lebih rendah dibandingkan dimensi lainnya, sebagaimana disajikan secara rinci pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Hasil analisis deskriptif kepuasan mahasiswa terhadap SOP terintegrasi di Laboratorium Jalan Raya (n = 150)

No	Dimensi	Mean	SD	Min	Max	Kategori
1	Kejelasan dan Aksesibilitas SOP	3,87	0,61	2,00	5,00	Puas
2	Implementasi K3 – ISO 45001	2,94	0,73	1,00	4,67	Cukup Puas
3	Pengelolaan Lingkungan – ISO 14001	2,78	0,68	1,00	4,40	Cukup Puas
4	Penerapan Konsep <i>Green Laboratory</i>	2,83	0,71	1,00	4,60	Cukup Puas
5	Peran Instruktur dan Pengelola Lab	3,72	0,58	2,00	5,00	Puas
6	Kepuasan Keseluruhan dan Dampak Kompetensi	3,65	0,64	2,00	5,00	Puas
<b>Rata-rata Agregat</b>		<b>3,41</b>	<b>0,66</b>			<b>Cukup Puas</b>

**Tabel 2.** Distribusi skor per butir pada dimensi implementasi K3 – ISO 45001:2018

No	Butir Pernyataan	Mean	SD	Kategori
1	Identifikasi bahaya dalam SOP praktikum	3,12	0,74	Cukup Puas
2	Prosedur penggunaan APD dalam SOP	2,87	0,81	Cukup Puas
3	Prosedur tanggap darurat dalam SOP	2,63	0,79	Cukup Puas
4	Prosedur penanganan peralatan secara aman	3,04	0,72	Cukup Puas
5	Rasa aman selama pelaksanaan praktikum	3,18	0,69	Cukup Puas
6	Prosedur pelaporan insiden/kecelakaan kerja	2,81	0,83	Cukup Puas
<b>Rata-rata Dimensi</b>		<b>2,94</b>	<b>0,73</b>	<b>Cukup Puas</b>

Dimensi Implementasi K3 berbasis ISO 45001 memperoleh rata-rata skor sebesar 2,94 (SD = 0,73) yang berada pada kategori "Cukup Puas" dan merupakan salah satu dimensi dengan skor terendah dalam penelitian ini. Analisis per butir menunjukkan bahwa butir mengenai prosedur tanggap darurat memperoleh skor paling rendah (mean = 2,63), diikuti oleh butir prosedur pelaporan insiden (mean = 2,81), dan prosedur penggunaan APD (mean = 2,87). Rendahnya skor pada ketiga butir tersebut mengindikasikan bahwa SOP praktikum yang berlaku di Laboratorium Jalan Raya belum secara memadai mengakomodasi klausul-klausul kritis ISO 45001, khususnya yang berkaitan dengan perencanaan respons terhadap situasi darurat (*clause 8.2*) dan mekanisme pelaporan insiden (*clause 10.2*). Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Mahendra (2025) yang mengidentifikasi ketidaklengkapan dokumentasi prosedur keselamatan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Lampung, serta diperkuat oleh Dodie et al., (2025) yang menyatakan bahwa prosedur tanggap darurat merupakan aspek K3

yang paling sering terabaikan dalam pengelolaan laboratorium praktik di perguruan tinggi teknik. Kondisi ini berimplikasi serius mengingat karakteristik Laboratorium Jalan Raya yang melibatkan pengujian material konstruksi dengan peralatan bersuhu tinggi dan beban berat, sehingga potensi risiko kecelakaan kerja yang ditimbulkan relatif lebih tinggi dibandingkan laboratorium teknik lainnya (Belia et al., 2023; Bora et al., 2025).

**Tabel 3.** Distribusi skor per butir pada dimensi pengelolaan lingkungan – ISO 14001:2015

No	Butir Pernyataan	Mean	SD	Kategori
1	Prosedur pengelolaan dan pembuangan limbah	2,61	0,77	Cukup Puas
2	Efisiensi penggunaan bahan dan material	2,84	0,72	Cukup Puas
3	Prosedur penghematan energi dalam SOP	2,72	0,80	Cukup Puas
4	Prosedur pencegahan pencemaran lingkungan	2,69	0,75	Cukup Puas
5	Panduan pemilahan dan pengelolaan sampah	2,58	0,84	Cukup Puas
<b>Rata-rata Dimensi</b>		<b>2,78</b>	<b>0,68</b>	<b>Cukup Puas</b>

Dimensi Pengelolaan Lingkungan berbasis ISO 14001 memperoleh rata-rata skor terendah di antara seluruh dimensi yang diukur, yaitu sebesar 2,78 (SD = 0,68), dengan butir mengenai panduan pemilahan dan pengelolaan sampah mendapatkan skor paling rendah (mean = 2,58), disusul butir prosedur pengelolaan dan pembuangan limbah (mean = 2,61). Rendahnya kepuasan mahasiswa pada dimensi ini mengindikasikan bahwa aspek pengelolaan lingkungan belum terinternalisasi secara sistemik dalam SOP praktikum yang ada, sehingga mahasiswa tidak memperoleh panduan yang memadai mengenai penanganan limbah hasil pengujian seperti sisa material aspal, agregat, dan bahan kimia yang digunakan dalam berbagai jenis pengujian jalan raya. Kondisi ini sangat relevan mengingat klausul ISO 14001:2015 (*clause 8.1*) mewajibkan setiap organisasi untuk merencanakan dan mengendalikan proses yang berdampak pada lingkungan, termasuk pengelolaan limbah operasional secara terstruktur (Freese et al., 2024; Kavouras et al., 2022). Mahendra (2025) dalam kajiannya di laboratorium teknik juga menemukan bahwa aspek pengelolaan lingkungan merupakan komponen yang paling minim terakomodasi dalam SOP laboratorium pendidikan tinggi di Indonesia, sehingga temuan penelitian ini memperkuat urgensi harmonisasi ISO 14001 ke dalam kerangka SOP laboratorium secara menyeluruh (Mulyadi et al., 2023; Soewardi et al., 2026).

**Tabel 4.** Distribusi skor per butir pada dimensi penerapan konsep *Green Laboratory*

No	Butir Pernyataan	Mean	SD	Kategori
1	Penggunaan bahan ramah lingkungan dalam SOP	2,74	0,79	Cukup Puas
2	Integrasi prinsip keberlanjutan lingkungan dalam SOP	2,69	0,76	Cukup Puas
3	SOP mencerminkan praktik laboratorium bertanggung jawab	2,91	0,73	Cukup Puas
4	Prosedur pengurangan dampak lingkungan dalam SOP	2,77	0,81	Cukup Puas
5	SOP mendukung terwujudnya green laboratory	3,04	0,68	Cukup Puas
<b>Rata-rata Dimensi</b>		<b>2,83</b>	<b>0,71</b>	<b>Cukup Puas</b>

Dimensi Penerapan Konsep *Green Laboratory* memperoleh rata-rata skor sebesar 2,83 (SD = 0,71), berada pada kategori "Cukup Puas," dengan skor terendah terdapat pada butir integrasi prinsip keberlanjutan lingkungan dalam SOP (mean = 2,69) dan penggunaan bahan ramah lingkungan (mean = 2,74). Rendahnya skor pada kedua butir tersebut mencerminkan bahwa prinsip-prinsip *green laboratory* belum terartikulasikan secara eksplisit dalam SOP praktikum yang berlaku, sehingga mahasiswa tidak memperoleh pemahaman dan pengalaman yang cukup mengenai praktik laboratorium yang berorientasi keberlanjutan lingkungan. Hal ini bertentangan dengan prinsip dasar *green laboratory* yang menekankan integrasi efisiensi sumber daya, pengurangan dampak lingkungan, dan budaya keselamatan dalam satu kesatuan prosedur operasional yang koheren (Freese et al., 2024; O'Neil et al., 2020). Ozben (2023) menegaskan bahwa implementasi *green laboratory* yang efektif mensyaratkan adanya prosedur operasional yang secara eksplisit memuat panduan praktik berkelanjutan, bukan sekadar sebagai tambahan prosedur, melainkan sebagai bagian integral dari setiap tahapan kerja di laboratorium. Dengan demikian, ketiga dimensi yang memperoleh skor rendah ini secara kolektif mengindikasikan bahwa SOP yang berlaku di Laboratorium Jalan Raya memerlukan revisi dan pengembangan yang komprehensif melalui harmonisasi ISO 45001 dan ISO 14001 sebagai fondasi menuju terwujudnya *green laboratory* yang sesungguhnya (Felknor et al., 2021; Verma et al., 2024).

## DISKUSI

Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa tingkat kepuasan mahasiswa terhadap SOP terintegrasi di Laboratorium Jalan Raya secara agregat berada pada kategori "Cukup Puas" dengan nilai rata-rata 3,41, yang mengindikasikan bahwa implementasi SOP yang ada belum sepenuhnya memenuhi ekspektasi mahasiswa sebagai pengguna utama laboratorium. Temuan ini konsisten dengan berbagai kajian sebelumnya yang menunjukkan bahwa laboratorium pendidikan tinggi di Indonesia pada umumnya masih menghadapi tantangan serius dalam hal kelengkapan dan kualitas implementasi SOP berbasis standar internasional (Alfafa, 2024; Mulyadi et al., 2023; Thressia, 2025). Meskipun dimensi kejelasan dan aksesibilitas SOP serta peran instruktur memperoleh skor yang relatif lebih tinggi dan masuk dalam kategori "Puas," kondisi ini belum mencerminkan keberhasilan implementasi K3 dan pengelolaan lingkungan secara menyeluruh, mengingat ketiga dimensi kritis lainnya masih berada pada taraf "Cukup Puas." Kesenjangan antara aksesibilitas SOP dengan kualitas substansi K3 dan lingkungan yang termuat di dalamnya menjadi perhatian utama yang perlu segera ditindaklanjuti, sebab SOP yang mudah diakses namun minim muatan keselamatan dan keberlanjutan lingkungan

tidak akan memberikan perlindungan yang memadai bagi pengguna laboratorium (Friend & Kohn, 2023; Kavouras et al., 2022). Rendahnya kepuasan mahasiswa pada dimensi Implementasi K3 berbasis ISO 45001 dengan nilai rata-rata 2,94 mencerminkan kondisi yang mengkhawatirkan, mengingat Laboratorium Jalan Raya merupakan salah satu laboratorium dengan tingkat risiko tertinggi di lingkungan teknik sipil akibat keterlibatan peralatan pengujian bersuhu tinggi, beban berat, dan material konstruksi yang berpotensi membahayakan. Skor terendah yang diperoleh pada butir prosedur tanggap darurat (mean = 2,63) dan prosedur pelaporan insiden (mean = 2,81) mengindikasikan bahwa aspek-aspek kritis yang dipersyaratkan oleh klausul ISO 45001:2018, khususnya *clause 8.2* mengenai kesiapsiagaan dan respons darurat serta *clause 10.2* mengenai insiden dan ketidaksesuaian, belum terartikulasikan secara memadai dalam SOP yang berlaku (Bora et al., 2025; Ratu et al., 2025). Kondisi ini sejalan dengan temuan Dodie et al., (2025) yang menyimpulkan bahwa prosedur tanggap darurat merupakan komponen K3 yang paling sering diabaikan dalam pengelolaan laboratorium praktik di perguruan tinggi teknik Indonesia. Lebih lanjut, Rikhotso et al., (2021) menegaskan bahwa ketiadaan prosedur pelaporan insiden yang jelas tidak hanya membahayakan keselamatan pekerja atau pengguna laboratorium, tetapi juga menghambat upaya perbaikan sistemik karena data insiden tidak terdokumentasi dengan baik untuk dijadikan dasar evaluasi dan pencegahan kecelakaan di masa mendatang (Mafra et al., 2021; Wina et al., 2023).

Dimensi Pengelolaan Lingkungan berbasis ISO 14001 yang memperoleh skor rata-rata terendah di antara seluruh dimensi (mean = 2,78) mencerminkan realitas bahwa aspek lingkungan hidup masih diperlakukan sebagai elemen pelengkap, bukan komponen integral dalam pengelolaan laboratorium pendidikan di Indonesia. Butir panduan pemilahan sampah (mean = 2,58) dan prosedur pembuangan limbah (mean = 2,61) yang memperoleh skor paling rendah mengindikasikan bahwa mahasiswa tidak mendapatkan panduan prosedural yang memadai dalam menangani limbah hasil pengujian, seperti sisa material aspal, agregat, dan bahan lainnya yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan tepat. Temuan ini relevan dengan tuntutan klausul ISO 14001:2015 *clause 8.1* yang mewajibkan setiap organisasi untuk merencanakan dan mengendalikan proses-proses yang berdampak signifikan terhadap lingkungan, termasuk pengelolaan limbah operasional secara terstruktur dan terverifikasi (Freese et al., 2024; Kavouras et al., 2022). Mahendra (2025) dalam kajian serupa di laboratorium teknik menemukan bahwa aspek pengelolaan lingkungan merupakan komponen yang paling minim terakomodasi dalam SOP laboratorium pendidikan tinggi, sehingga integrasi sistemik ISO 14001 ke dalam kerangka SOP laboratorium bukan sekadar

pilihan melainkan kebutuhan mendesak yang tidak dapat lagi ditunda (Purnomo & Saputro, 2023; Soewardi et al., 2026). Rendahnya skor pada dimensi Penerapan Konsep *Green Laboratory* (mean = 2,83) memperkuat argumentasi bahwa transformasi Laboratorium Jalan Raya menuju *green laboratory* masih berada pada tahap awal dan memerlukan intervensi sistemik yang komprehensif. Butir terendah pada dimensi ini, yaitu integrasi prinsip keberlanjutan dalam SOP (mean = 2,69) dan penggunaan bahan ramah lingkungan (mean = 2,74), menunjukkan bahwa prinsip-prinsip *green laboratory* belum diinstitutionalisasi secara eksplisit dalam prosedur operasional yang dijalani mahasiswa sehari-hari selama praktikum. Ozben (2023) menegaskan bahwa implementasi *green laboratory* yang efektif mensyaratkan adanya prosedur operasional yang secara eksplisit dan terukur memuat panduan praktik berkelanjutan, bukan sekadar sebagai lampiran atau catatan kaki dalam dokumen SOP. Senada dengan hal tersebut, O'Neil et al., (2020) berargumen bahwa integrasi budaya keselamatan dan prinsip keberlanjutan lingkungan harus tertanam dalam setiap tahapan prosedur kerja laboratorium agar dapat membentuk kebiasaan dan kesadaran yang bertahan jangka panjang di kalangan mahasiswa. Verma et al., (2024) lebih lanjut menekankan bahwa pendekatan *green chemistry* dan *green laboratory* yang diterapkan sejak masa pendidikan tinggi terbukti berkontribusi signifikan terhadap pembentukan kompetensi lulusan teknik yang tidak hanya kompeten secara teknis, tetapi juga bertanggung jawab secara lingkungan (Adnyana et al., 2023b; Felknor et al., 2021; Freese et al., 2024).

Temuan penelitian ini memberikan justifikasi empiris yang kuat atas urgensi pengembangan SOP terintegrasi yang mengharmonisasikan ISO 45001 dan ISO 14001 sebagai landasan menuju *green laboratory* di Laboratorium Jalan Raya. Harmonisasi kedua standar internasional ini dimungkinkan karena keduanya menggunakan struktur *High Level Structure* (HLS) yang kompatibel, sehingga klausul-klausul keselamatan kerja dan pengelolaan lingkungan dapat disatukan dalam satu kerangka dokumen SOP yang koheren dan efisien (Felknor et al., 2021; Kavouras et al., 2022). Pendekatan integrasi ini tidak hanya akan meningkatkan kepuasan dan keselamatan mahasiswa selama praktikum, tetapi juga akan berkontribusi pada pembentukan budaya laboratorium yang berkelanjutan sejalan dengan visi *green laboratory* yang dicanangkan secara global (Freese et al., 2024; Ozben, 2023). Langkah strategis yang perlu ditempuh mencakup revisi menyeluruh terhadap dokumen SOP yang ada, pelibatan aktif *Pranata Laboratorium Pendidikan* (PLP) sebagai agen implementasi, serta penyelenggaraan pelatihan K3 dan kesadaran lingkungan secara berkala bagi seluruh pengguna laboratorium (Fassa & Rostiyanti, 2020; Mahendra, 2026; Sholeha, 2025).

Temuan-temuan ini memiliki implikasi yang signifikan, baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, penelitian ini memperkuat argumen bahwa kepuasan pengguna laboratorium tidak dapat dijadikan proksi tunggal atas kualitas implementasi K3 dan pengelolaan lingkungan, sehingga diperlukan instrumen evaluasi multidimensi yang secara eksplisit mengacu pada klausul-klausul standar internasional yang relevan. Secara praktis, temuan ini memberikan dasar empiris yang kuat bagi pengelola Laboratorium Jalan Raya untuk memprioritaskan revisi SOP yang tidak hanya menyempurnakan aspek kejelasan prosedural, tetapi juga memastikan bahwa setiap tahapan kerja praktikum secara eksplisit memuat panduan K3 berbasis ISO 45001, prosedur pengelolaan lingkungan berbasis ISO 14001, dan prinsip *green laboratory* yang terukur. Pelibatan aktif *Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP)* sebagai agen implementasi, disertai pelatihan K3 dan kesadaran lingkungan secara berkala, merupakan langkah operasional yang tidak dapat ditunda dalam mewujudkan transformasi laboratorium yang aman, sehat, dan berkelanjutan.

## **KESIMPULAN**

Penelitian ini menyimpulkan bahwa tingkat kepuasan mahasiswa Teknik Sipil terhadap SOP terintegrasi di Laboratorium Jalan Raya secara umum belum mencapai kategori memuaskan, dengan tiga dimensi yang menjadi perhatian utama, yaitu implementasi K3, pengelolaan lingkungan, dan penerapan konsep *green laboratory*. Kondisi ini mengindikasikan bahwa SOP yang berlaku saat ini belum mengakomodasi aspek keselamatan, kesehatan kerja, dan keberlanjutan lingkungan secara memadai sebagaimana dipersyaratkan oleh standar internasional ISO 45001 dan ISO 14001. Kesenjangan yang ditemukan mencerminkan bahwa transformasi Laboratorium Jalan Raya menuju *green laboratory* masih memerlukan intervensi sistemik yang komprehensif. Namun demikian, penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan, antara lain penggunaan desain *cross-sectional* yang tidak menangkap dinamika perubahan kepuasan secara longitudinal, cakupan sampel yang terbatas pada satu institusi sehingga hasil tidak dapat digeneralisasikan secara luas, serta data yang sepenuhnya berbasis persepsi subjektif tanpa triangulasi observasi atau audit dokumen SOP secara langsung.

## **REKOMENDASI**

Berdasarkan temuan penelitian ini, direkomendasikan agar Laboratorium Jalan Raya segera melakukan revisi dan pengembangan SOP secara komprehensif melalui harmonisasi ISO 45001 dan ISO 14001 dalam satu dokumen SOP terpadu yang berorientasi *green laboratory*, yang secara eksplisit memuat prosedur identifikasi bahaya, penggunaan APD,

tanggap darurat, pelaporan insiden, pengelolaan dan pemilahan limbah hasil pengujian, efisiensi penggunaan energi dan material, serta pencegahan pencemaran lingkungan dalam setiap tahapan kerja praktikum. SOP terintegrasi ini selanjutnya perlu disosialisasikan secara intensif kepada seluruh pengguna laboratorium, diimplementasikan secara konsisten di bawah pengawasan *Pranata Laboratorium Pendidikan* (PLP) yang terlatih, serta dievaluasi secara berkala sebagai bagian dari siklus perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) menuju terwujudnya Laboratorium Jalan Raya yang aman, sehat, dan berwawasan lingkungan sesuai prinsip *green laboratory*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh mahasiswa Program Studi Teknik Sipil angkatan 2023 yang telah bersedia meluangkan waktu dan memberikan respons secara jujur dalam pengisian kuesioner penelitian ini. Partisipasi aktif para responden merupakan kontribusi yang sangat berarti dan menjadi fondasi utama dalam menghasilkan temuan penelitian yang valid dan bermakna. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada pengelola dan seluruh staf Laboratorium Jalan Raya atas dukungan dan kemudahan akses yang diberikan selama proses pengumpulan data berlangsung.

## REFERENSI

- Adnyana, I. M. D. M., Mahendra, K. A., & Raza, S. M. (2023a). The Importance of Green Education in Indonesia: An analysis of Opportunities and Challenges. *Education Specialist*, 1(2), 61–68. <https://doi.org/10.59535/es.v1i2.168>
- Adnyana, I. M. D. M., Mahendra, K. A., & Raza, S. M. (2023b). The Importance of Green Education in Primary, Secondary and Higher Education: A Review. *Journal of Environment and Sustainability Education*, 1(2), 42–49. <https://doi.org/10.62672/joease.v1i2.14>
- Alfafa, A. M. (2024). Evaluasi Penerapan Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Laboratorium Pemesinan Politeknik Industri Logam Morowali. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 6(2), 76. <https://doi.org/10.30998/joti.v6i2.24387>
- Azizi, H. A. (2024). Literature Review: Penilaian Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Laboratorium Kimia. *Zahra: Journal of Health and Medical Research*, 3(3), 306–311. <https://adisampublisher.org/index.php/aisha/article/view/470>
- Belia, D. O., Bakkareng, B., & Tifani, R. F. (2023). Pengaruh Harga, Brand Image dan Kualitas Produk terhadap Keputusan Pembelian di Cafe Hawa Inderapura Pesisir Selatan. *Ekasakti Matua Jurnal Manajemen*, 1(4), 282–291. <https://doi.org/10.31933/emjm.v1i4.945>
- Bora, M. A., Pratama, S. E., Permatasari, R. D., & Wijaya, I. M. S. (2025). Implementasi Metode HIRAC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Control) untuk Meningkatkan K3 di Laboratorium PT. XYZ. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 7(2), 987–997. <https://doi.org/10.38035/rj.v7i2.1257>

- Dodie, S., Rumokoy, S. N., Simanjuntak, C. H., Wenno, L. A., & Khasanah, F. N. (2025). Evaluasi Penerapan Sistem K3 dalam Pembelajaran Praktek: Studi Kasus pada Prodi Sarjana Terapan Teknik Listrik. *Jurnal Kajian Ilmiah*, 25(2), 141–156. <https://doi.org/10.31599/pwemnh25>
- Fassa, F., & Rostiyanti, S. (2020). Pengaruh Pelatihan K3 Terhadap Perilaku Tenaga Kerja Konstruksi Dalam Bekerja Secara Aman Di Proyek. *Architecture Innovation*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.36766/aij.v4i1.96>
- Felknor, S. A., Streit, J. M. K., McDaniel, M., Schulte, P. A., Chosewood, L. C., & Delclos, G. L. (2021). How Will the Future of Work Shape OSH Research and Practice? A Workshop Summary. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5696. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115696>
- Freese, T., Elzinga, N., Heinemann, M., Lerch, M. M., & Feringa, B. L. (2024). The Relevance of Sustainable Laboratory Practices. *RSC Sustainability*, 2(5), 1300–1336. <https://doi.org/10.1039/D4SU00056K>
- Friend, M. A., & Kohn, J. P. (2023). *Fundamentals of Occupational Safety and Health*. Bloomsbury Publishing USA.
- Horan, K. A., Shoss, M. K., Mejia, C., & Ciarlante, K. (2021). Industry Context as an Essential Tool for the Future of Healthy and Safe Work: Illustrative Examples for Occupational Health Psychology from the Hospitality Industry. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(20), 10720. <https://doi.org/10.3390/ijerph182010720>
- Kavouras, S., Vardopoulos, I., Mitoula, R., Zorpas, A. A., & Kaldis, P. (2022). Occupational Health and Safety Scope Significance in Achieving Sustainability. *Sustainability*, 14(4), 2424. <https://doi.org/10.3390/su140424>
- Mafra, R., Riduan, R., & Zulfikri, Z. (2021). Analisis Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) pada Peserta Pelatihan Keterampilan Tukang dan Pekerja Konstruksi. *Jurnal Arsir Universitas Muhammadiyah Palembang*, 5(1), 48. <https://doi.org/10.32502/arsir.v5i1.3362>
- Mahendra, K. A. (2025). Evaluasi Implementasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Laboratorium Jalan Raya Universitas Lampung. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 4(5), 1440–1453. <https://doi.org/10.55123/insologi.v4i5.6596>
- Mahendra, K. A. (2026). Analysis of Occupational Safety and Health Culture Through Students' Awareness of Workplace Hazards: A Study of Clause 7.3 of ISO 45001:2018. *International Journal of Curriculum Development, Teaching and Learning Innovation*, 4(2), 8–16. <https://doi.org/10.35335/curriculum.v4i2.304>
- Mahendra, K. A., Erviana, R., Susanti, N. W. P. A., & Azmi, M. U. (2026). Persepsi Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) terhadap Peranannya dalam Mendukung Kegiatan Praktikum di Fakultas Teknik Universitas Lampung. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik*, 3(1), 169–175. <https://doi.org/10.70134/identik.v3i1.1141>
- Mulyadi, M., Shinta, D. Y., Mukhlis, H., Thressia, M., & Sonata, H. (2023). Evaluasi Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Pembangunan Gedung Laboratorium. *Innovative: Journal of Social Science Research*, 3(3), 6854–6867. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/2045>
- O'Neil, N. J., Scott, S., Relph, R., & Ponnusamy, E. (2020). Approaches to Incorporating Green Chemistry and Safety into Laboratory Culture. *Journal of Chemical Education*, 98(1), 84–91. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00134>
- Ozben, T. (2023). Smart and Green Laboratories. How to Implement IVDR, Emerging Technologies and Sustainable Practices in Medical Laboratories? *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 61(4), 531–534. <https://doi.org/10.1515/cclm-2023-0091>

- Purnomo, E. S., & Saputro, D. E. (2023). Evaluasi Penerapan Prinsip Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada Pelaksanaan Kegiatan Praktikum Mikroteknik di Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga. *Integrated Lab Journal*, 4(2), 207–216. <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/1289177>
- Ratu, D. N., Tuati, A. A., Rerung, O. D., & Ga, J. L. (2025). Evaluasi Penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Bengkel Teknologi Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang dengan Metode HIRADC. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 12(2), 74–79. <https://doi.org/10.35508/ljtmu.v12i02.24262>
- Rikhotso, O., Morodi, T. J., & Masekamani, D. M. (2021). Occupational Health Hazards: Employer, Employee, and Labour Union Concerns. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5423. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105423>
- Sholeha, I. (2025). Implementasi Manajemen K3 pada Laboratorium Kimia oleh Guru dan Siswa. *Jurnal Ilmiah IPA dan Matematika (JIIM)*, 3(2), 40–46. <https://jurnalcentekia.id/index.php/jiim/article/view/644>
- Soehardi, F., Rahmat, H., & Idris, M. (2025). Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning. *FLEKSIBEL: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2), 343–347. <https://doi.org/10.31849/fleksibel.v6i2.28232>
- Soewardi, H., Kusriani, E., AP, R. A. A., Basumerda, C., Gunawan, A. S., & Parhan, B. D. L. (2026). Penguatan Budaya Keselamatan Laboratorium Universitas X Malaysia melalui Identifikasi Risiko dan Penerapan K3. *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, 7(1), 62–72. <https://doi.org/10.20885/jattec.vol7.iss1.art7>
- Sulistiyowati, R., Suhardi, B., & Pujiyanto, E. (2023). Evaluasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Praktikum Perancangan Teknik Industri II Menggunakan Metode Job Safety Analysis. *J@ Ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 14(1), 11–20. <https://doi.org/10.14710/jati.14.1.11-20>
- Thressia, M. (2025). Implementasi Manajemen K3 di Laboratorium Dasar Universitas Ekasakti Padang. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(3), 280–292. <https://doi.org/10.23969/jp.v10i03.31980>
- Verma, C., Chauhan, D. S., Aslam, R., Banerjee, P., Aslam, J., Quadri, T. W., & Rasheed, T. (2024). Principles and Theories of Green Chemistry for Corrosion Science and Engineering: Design and Application. *Green Chemistry*, 26(8), 4270–4357. <https://doi.org/10.1039/D3GC05207A>
- Wina, P. S., Rezka, F., Abdul, K., & Fajar, R. M. (2023). Optimalisasi Penerapan Keselamatan, Kesehatan Kerja (K3) Laboratorium di Intansi Pendidikan melalui Kegiatan Komunikasi. *Artinara*, 2(2), 93–101. <https://doi.org/10.36080/art.v2i2.100>