

**EVALUASI PROGRAM PELATIHAN LABORATORIUM BIOLOGI MOLEKULER
BAGI MAHASISWA PROGRAM DOKTOR DI MAKASSAR MENGGUNAKAN
MODEL KIRKPATRICK**

Muflih Naufal Irfan¹, Sitti Mania², Muhammad Nur Akbar Rasyid³
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar^{1,2,3}
e-mail: muflihnaufal08@gmail.com¹, sitti.mania@uin-alauddin.ac.id²,
akbar.rasyid@uin-alauddin.ac.id³

Diterima: 27/04/2026; Direvisi: 07/05/2026; Diterbitkan: 21/05/2026

ABSTRAK

Pelatihan laboratorium biologi molekuler penting dalam pengembangan ilmu kesehatan modern, khususnya untuk menguasai keterampilan *wet-lab* seperti isolasi DNA/RNA, PCR, dan *biosafety*. Namun, pelaksanaannya sering kali belum disertai evaluasi sistematis terhadap efektivitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi program pelatihan laboratorium biologi molekuler bagi mahasiswa program doktor di Makassar menggunakan model evaluasi Four Levels Kirkpatrick, dengan fokus pada level 1 (*reaction*), level 2 (*learning*), dan level 3 (*behavior*). Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* tipe *convergent parallel* dengan desain evaluatif. Data dikumpulkan melalui kuesioner retrospektif dan terbuka, tes retensi pengetahuan, rubrik observasi perilaku laboratorium, wawancara semi-terstruktur, serta analisis dokumentasi logbook penelitian mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada level 1 peserta memiliki persepsi dan tingkat kepuasan yang sangat tinggi terhadap kualitas pelatihan, narasumber dan pendamping, fasilitas dan penyelenggaraannya, serta manfaatnya bagi penelitian disertasi. Pada level 2, pengetahuan biomolekuler yang diperoleh peserta menunjukkan tingkat ketahanan yang sangat baik dengan nilai rata-rata tinggi, yang mencerminkan pemahaman konseptual yang mendalam. Adapun, pada level 3 ditemukan transfer perilaku laboratorium yang positif, terutama dalam kepatuhan terhadap SOP, praktik *biosafety*, kemandirian kerja, serta penerapan keterampilan dalam penelitian disertasi. Secara keseluruhan, pelatihan ini terbukti efektif hingga level 3 dalam model Kirkpatrick, tidak hanya dalam membangun kepuasan dan pemahaman konseptual yang kuat, tetapi juga dalam mendorong perubahan perilaku laboratorium yang nyata dan berkelanjutan, khususnya dalam konteks penelitian disertasi peserta.

Kata Kunci: *Evaluasi Program, Pelatihan Laboratorium, Biologi Molekuler, Model Kirkpatrick, Mahasiswa Doktor.*

ABSTRACT

Molecular biology laboratory training is a critical component in the advancement of modern health sciences, particularly in strengthening *wet-lab* competencies such as DNA/RNA isolation, PCR, and *biosafety* practices. However, such training programs are often implemented without systematic evaluation of their effectiveness. This study aims to evaluate a molecular biology laboratory training program for doctoral students in Makassar using the Four Levels of Kirkpatrick evaluation model, focusing on level 1 (*reaction*), level 2 (*learning*), and level 3 (*behavior*). The study employs a mixed-methods approach with a convergent parallel design and an evaluative framework. Data were collected through retrospective and open-ended questionnaires, knowledge retention tests, laboratory behavior observation rubrics,



semi-structured interviews, and analysis of students' research logbooks. The findings indicate that at level 1, participants demonstrated very high perceptions and satisfaction regarding the quality of the training, instructors and facilitators, facilities and implementation, as well as its relevance to their dissertation research. At level 2, participants' biomolecular knowledge showed strong retention with high average scores, reflecting deep conceptual understanding. At level 3, positive behavioral transfer was observed, particularly in adherence to standard operating procedures (SOPs), biosafety practices, work independence, and the application of skills in dissertation research. Overall, the training proved effective up to level 3 of the Kirkpatrick model, not only in fostering high satisfaction and robust conceptual understanding, but also in promoting tangible and sustained changes in laboratory behavior, especially within the context of participants' dissertation research.

Keywords: *Program Evaluation, Laboratory Training, Molecular Biology, Kirkpatrick Model, Doctoral Students.*

PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan biologi molekuler telah mendorong transformasi signifikan dalam praktik kedokteran, riset, dan pendidikan kesehatan, sehingga pelatihan laboratorium biologi molekuler menjadi krusial bagi mahasiswa rumpun kesehatan. Alberts et al. (2022), menjelaskan bahwa biologi molekuler berfokus pada kajian DNA, RNA, dan protein sebagai dasar proses seluler, yang dalam praktiknya diterjemahkan ke dalam berbagai teknik analisis molekuler. Pelatihan ini merupakan pembelajaran berbasis praktik yang dirancang untuk membekali peserta dengan keterampilan esensial seperti isolasi DNA/RNA, PCR, elektroforesis, serta penerapan prinsip *biosafety*, guna memastikan kemampuan merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi prosedur eksperimen secara akurat dan sesuai standar (Pearse & Scott, 2023).

Fenomena ini juga tercermin di berbagai negara. Pada skala internasional, Zhu et al. (2025), melakukan riset terkait pelatihan biologi molekuler di Guilin Medical University China. Sementara itu, di Indonesia, institusi pendidikan tinggi juga melihat pentingnya pelatihan laboratorium biologi molekuler, seperti yang dilakukan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada melalui pelatihan teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) mulai dari pengoperasian dasar hingga analisis untuk meningkatkan literasi teknik biomolekuler mahasiswa (Risalba, 2024). Penerapan pelatihan biologi molekuler secara masif dalam skala global maupun nasional tersebut merefleksikan urgensi dan dinamikanya baik dalam koridor klinis maupun akademis. Salah satu kampus di Makassar, Sulawesi Selatan, juga telah mewajibkan dan melaksanakan program pelatihan laboratorium biologi molekuler ini setiap semester sejak tahun 2018 untuk mahasiswa baru program studi doktor di kampus tersebut. Namun, selang tujuh tahun program ini telah berjalan sampai saat ini, belum pernah sekalipun dilakukan kegiatan evaluasi untuk melihat sejauh mana efektivitas program ini khususnya bagi peserta pelatihan ataupun institusi pelaksana.

Evaluasi program pada dasarnya merupakan upaya sistematis untuk menilai sejauh mana tujuan suatu program telah tercapai dengan mengacu pada standar atau pedoman yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam pelaksanaannya, evaluasi berfokus pada kriteria yang mencerminkan keberhasilan implementasi program. Aspek yang dikaji tidak hanya terbatas pada hasil akhir, tetapi juga mencakup proses yang berlangsung selama program dijalankan, sehingga dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan. Melalui evaluasi inilah dapat diketahui tingkat keberhasilan suatu program, apakah program tersebut layak untuk dilanjutkan,



ditunda, disempurnakan, dikembangkan lebih lanjut, diterima, atau justru dihentikan (Haryati et al., 2023).

Berbagai model evaluasi program telah dikembangkan dan dapat dipilih sesuai tujuan serta karakteristiknya. Salah satu yang paling banyak digunakan dalam pendidikan dan pelatihan adalah model *four-levels* Kirkpatrick, yang membagi evaluasi ke dalam empat level: reaksi, pembelajaran, perilaku, dan hasil. Model ini menekankan respons peserta, peningkatan pengetahuan dan keterampilan, perubahan sikap, serta dampak program pada level organisasi (Ibrahim & Rasyid, 2025), sejalan dengan pandangan Kirkpatrick (1998) bahwa pembelajaran tercermin dari perubahan sikap, peningkatan pengetahuan, dan keterampilan sebagai hasil mengikuti program. Dengan demikian, model *four-levels* Kirkpatrick dinilai relevan untuk digunakan dalam mengevaluasi efektivitas program pelatihan laboratorium biologi molekuler secara komprehensif. Melalui pendekatan model Kirkpatrick, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran utuh terkait kepuasan peserta dalam mengikuti pelatihan, pembelajaran yang diraih, serta bagaimana para peserta pelatihan dapat mempraktikkannya di lingkungan masing-masing. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan pemetaan kepada pemangku kepentingan terkait apa yang perlu dipertahankan, dikembangkan, atau bahkan dihentikan, dalam seluruh proses pelatihan sehingga pelatihan-pelatihan berikutnya dapat terlaksana dengan lebih maksimal.

Berbagai penelitian dalam lima tahun terakhir menunjukkan bahwa pelatihan dan pembelajaran laboratorium biologi molekuler mengalami perkembangan signifikan, terutama melalui pemanfaatan pembelajaran daring, simulasi laboratorium virtual, dan pendekatan pedagogis inovatif. Pada skala global, Studi-studi seperti Jiang & Ning (2022), Al-nakhle (2022), dan Carroll et al. (2025) menegaskan bahwa metode virtual mampu meningkatkan pemahaman teoretis mahasiswa, tetapi tetap tidak dapat menggantikan kebutuhan akan praktik langsung untuk menguasai keterampilan wet-lab. Penelitian lain oleh García-Ros dan Alhama (2023) serta Ortiz Martín et al. (2025) menunjukkan bahwa integrasi asesmen terstruktur dan *active learning* meningkatkan keterlibatan serta kualitas penguasaan konsep, meskipun capaian praktik manipulatif tetap memerlukan pengalaman laboratorium nyata. Sementara di Indonesia, beberapa penelitian juga berfokus pada pelatihan atau pengembangan modul biologi molekuler, seperti pelatihan *hands-on* laboratorium biomolekuler oleh Mahfut et al. (2025), evaluasi virtual lab PCR oleh Yuliana (2025), serta pengembangan instrumen penilaian keterampilan laboratorium oleh Maharani et al. (2022). Meskipun relevan, studi-studi tersebut umumnya hanya mengevaluasi aspek peningkatan pemahaman, persepsi, atau penyusunan instrumen penilaian, dan belum mengkaji efektivitas pelatihan secara komprehensif. Selain itu, seluruh penelitian tersebut menyoroti mahasiswa sarjana atau magister, bukan peserta program doktor.

Hingga saat ini belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengevaluasi efektivitas program pelatihan laboratorium biologi molekuler bagi mahasiswa program doktor di Indonesia, termasuk di Makassar. Tidak satu pun penelitian terdahulu yang menerapkan model evaluasi Kirkpatrick untuk menilai pelatihan secara menyeluruh dari aspek reaksi, pembelajaran, perubahan perilaku laboratorium, hingga dampak pada kinerja penelitian. Melihat kesenjangan tersebut, penelitian ini hadir dengan evaluasi holistik berbasis Kirkpatrick yang belum pernah dilakukan pada konteks maupun populasi serupa sebelumnya. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mengevaluasi program pelatihan laboratorium biologi molekuler bagi mahasiswa doktor di salah satu universitas di Makassar dengan menggunakan model Kirkpatrick pada tiga level, yaitu reaksi (kepuasan peserta), pembelajaran (pengetahuan



dan keterampilan yang diperoleh), serta perilaku (penerapan hasil pelatihan di lingkungan kerja).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan campuran (*mixed methods*) tipe *convergent parallel*, yang disebutkan Craig et al. (2025) sebagai tipe pendekatan campuran di mana data kuantitatif dan kualitatif dikumpulkan secara paralel, dianalisis terpisah, lalu diintegrasikan pada tahap interpretasi. Adapun penelitian ini menggunakan desain evaluatif untuk menilai seberapa efektif program pelatihan laboratorium biologi molekuler yang diikuti oleh mahasiswa program doktor di Makassar. Model evaluasi *Four Levels* Kirkpatrick dipilih sebagai kerangka utama karena mampu menggambarkan pengalaman peserta secara utuh, mulai dari bagaimana mereka merespons pelatihan, apa yang mereka pelajari, hingga sejauh mana keterampilan tersebut benar-benar diterapkan dalam aktivitas laboratorium setelah pelatihan selesai. Fokus evaluasi diarahkan pada level 1 (*reaction*), level 2 (*learning*), dan level 3 (*behavior*). Adapun level 4 belum dilaksanakan karena pelatihan ini bersifat akademik-individual dan keterbatasan waktu belum memungkinkan pengamatan dampak pada tingkat institusional.

Sumber data penelitian melibatkan 19 mahasiswa peserta pelatihan, tiga dosen ahli atau supervisor laboratorium, serta pimpinan program studi yang berperan sebagai informan kunci. Mekanisme pengumpulan data tertuang dalam matriks berikut:

Tabel 1. Matriks Pengumpulan Data

Level	Indikator	Instrumen	Sumber Data
Level 1 – <i>Reaction</i> (kepuasan dan persepsi)	1. Refleksi umum pengalaman pelatihan	Kuesioner Retrospektif, Kuesioner Terbuka, dan Wawancara	Mahasiswa
	2. Persepsi tentang narasumber dan pendamping		
	3. Fasilitas dan penyelenggaraan		
	4. Manfaat bagi studi dan penelitian.		
Level 2 – <i>Learning</i> (pengetahuan yang bertahan)	1. Pengetahuan konseptual biologi molekuler	Tes Retensi dan Wawancara	Mahasiswa dan Dosen Ahli atau Supervisor
	2. Pengetahuan teknik laboratorium		
	3. Kemampuan menganalisis masalah (<i>troubleshooting</i>)		
	4. Pemahaman praktik yang aman (<i>biosafety awareness</i>).		

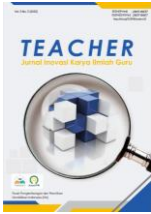


Level 3 – <i>Behavior</i> (perilaku laboratorium jangka menengah)	1. Kepatuhan terhadap SOP laboratorium	Rubrik Observasi, Wawancara, dan Dokumentasi (Logbook Mahasiswa)	Mahasiswa dan Dosen Ahli atau Supervisor
	2. Keterampilan pemipetan		
	3. Praktik keselamatan dan kebersihan		
	4. Kemandirian dalam bekerja di laboratorium		
	5. Kemampuan <i>troubleshooting</i>		
	6. Penerapan <i>skill</i> dalam penelitian disertai		

Analisis data pada penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif sesuai dengan karakteristik data yang dikumpulkan. Mekanisme analisis data pada penelitian ini *ter-display* sebagaimana tabel berikut:

Tabel 2. Matriks Interpretasi Nilai dan Uji Korelasi

Level	Interpretasi Nilai	Uji Korelasi
Level 1 – <i>Reaction</i> (kepuasan dan persepsi)	Skala Likert 1-5:	
	1. Sangat tidak puas	Level 1 dan 2: Uji Korelasi Spearman/ <i>non-parametric</i> (2-tailed)
	2. Tidak puas	
	3. Cukup	
	4. Puas	
5. Sangat puas		
Level 2 – <i>Learning</i> (pengetahuan yang bertahan)	Skor Penilaian:	
	1. 90 – 100 (A)	Level 1 dan 2: Uji Korelasi Spearman/ <i>non-parametric</i> (2-tailed)
	2. 86 – 89 (A-)	
	3. 80 – 85 (B+)	
	4. 76 – 79 (B)	
	5. 70 – 75 (B-)	
	6. 66 – 69 (C+)	
	7. 60 – 65 (C)	
	8. 51 – 59 (D)	
9. 0 – 50 (E)		
Level 3 – <i>Behavior</i> (perilaku laboratorium jangka menengah)	Skala Likert 1-4:	
	1. Sangat tidak memadai	Level 1 dan 2: Uji Korelasi Spearman/ <i>non-parametric</i> (2-tailed)
	2. Memadai	
	3. Tidak memadai	
4. Sangat tidak memadai		



Adapun keabsahan data dalam penelitian ini dijamin melalui beberapa strategi. Pertama, kesesuaian isi instrumen dijaga melalui penyusunan indikator yang berlandaskan kepada model Kirkpatrick dan kajian literatur terdahulu yang relevan, serta melalui masukan dari dosen ahli dan supervisor laboratorium. Kedua, kesesuaian konseptual instrumen dengan konstruk teoretik digunakan sebagai dasar interpretasi hasil, tanpa melakukan pengujian konstruk secara statistik. Ketiga, pada data kualitatif dan observasional, dilakukan triangulasi sumber dan metode guna meningkatkan kredibilitas temuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

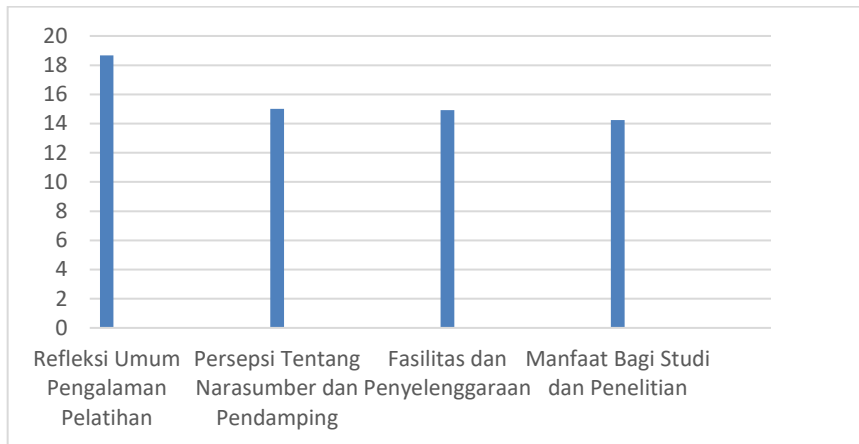
Level 1 *Reaction*

Tahap reaksi pada penelitian ini bertujuan untuk melihat tingkat kepuasan dan persepsi peserta melalui retrospeksi atau pandangan balik terhadap program pelatihan laboratorium biologi molekuler yang pernah mereka ikuti. Evaluasi level 1 ini dilakukan dengan menggunakan angket daring yang disebarakan kepada alumni peserta pelatihan laboratorium biologi molekuler beberapa bulan sebelumnya. Pengisian angket dilakukan secara sukarela sehingga tidak seluruh peserta pelatihan memberikan respons terhadap instrumen penelitian. Berdasarkan pengumpulan data tersebut, evaluasi tingkat reaksi dalam penelitian ini diperoleh dari 19 mahasiswa peserta pelatihan, dengan hasil sebagaimana ditunjukkan tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Evaluasi Level 1 *Reaction*

<i>No.</i>	<i>Indikator</i>	<i>Rata-Rata</i>	<i>Keputusan</i>
1.	Refleksi Umum Pengalaman Pelatihan	18.67	Sangat Puas
2.	Persepsi Tentang Narasumber dan Pendamping	15	Sangat Puas
3.	Fasilitas dan Penyelenggaraan	14.92	Sangat Puas
4.	Manfaat Bagi Studi dan Penelitian	14.25	Sangat Puas
<i>Rata-Rata Kepuasan dan Persepsi</i>		<i>62.83</i>	<i>Sangat Puas</i>

Berdasarkan interval nilai pada tabel 3, hasil evaluasi level 1 (*reaction*) menunjukkan bahwa seluruh indikator berada pada kategori sangat puas, meskipun menggunakan rentang interval nilai yang berbeda. Perbedaan interval ini disebabkan oleh jumlah item pada kuesioner retrospektif yang tidak sama antarindikator, di mana indikator refleksi umum pengalaman pelatihan terdiri atas skor maksimum 20 dengan interval 17–20, sedangkan indikator persepsi terhadap narasumber dan pendamping, fasilitas dan penyelenggaraan, serta manfaat bagi studi dan penelitian masing-masing memiliki skor maksimum 15 dengan interval 13–15. Berdasarkan hasil evaluasi pada level 1 reaksi tersebut, hasil evaluasi menunjukkan bahwa aspek refleksi umum dan pengalaman pelatihan menunjukkan tingkat kepuasan yang paling tinggi, sedangkan manfaat bagi studi dan penelitian adalah yang paling rendah, walaupun masih tergolong sangat baik. Adapun nilai rata-rata keseluruhan 62.83, menunjukkan kepuasan dan persepsi yang sangat puas pada program pelatihan laboratorium biologi molekuler, sebagaimana ditunjukkan pada grafik berikut:



Gambar 1. Grafik Kepuasan dan Persepsi Responden terhadap Pelatihan

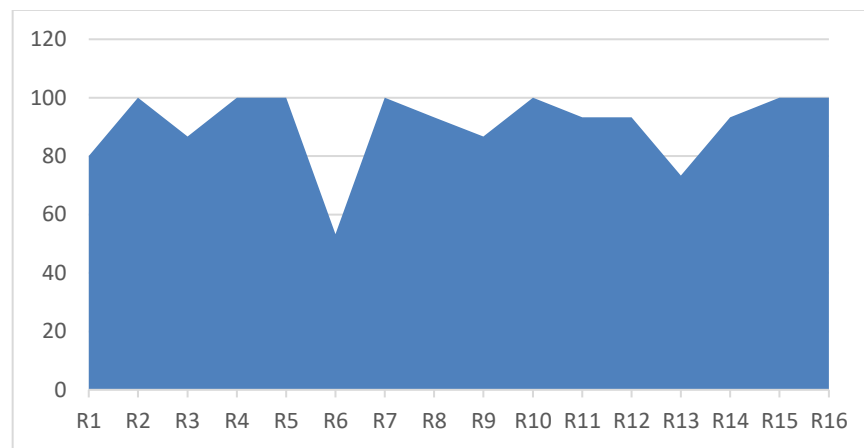
Level 2 Learning

Tahap pembelajaran pada penelitian ini bertujuan untuk melihat sejauh mana pengetahuan peserta masih bertahan melalui tes retensi terhadap program pelatihan laboratorium biologi molekuler yang pernah mereka ikuti. Evaluasi level 2 ini dilakukan menggunakan tes retensi berbasis daring yang diberikan kepada peserta pelatihan. Pelaksanaan tes dilakukan secara sukarela sehingga jumlah responden yang mengikuti tes retensi tidak seluruhnya sama dengan peserta yang mengisi angket evaluasi level 1. Oleh karena itu, meskipun terdapat 19 mahasiswa yang berpartisipasi pada evaluasi tingkat reaksi, hanya 16 mahasiswa yang secara sukarela mengikuti tes retensi pada tahap pembelajaran, dengan hasil sebagaimana ditunjukkan tabel berikut:

Tabel 4. Hasil Evaluasi Level 2 Learning

<i>Responden</i>	<i>Nilai Tes Retensi</i>	<i>Keputusan</i>
R1	80	B+
R2	100	A
R3	86.67	A-
R4	100	A
R5	100	A
R6	53.33	D
R7	100	A
R8	93.33	A
R9	86.67	A-
R10	100	A
R11	93.33	A
R12	93.33	A
R13	73.33	B-
R14	93.33	A
R15	100	A
R16	100	A
Rata-Rata Pengetahuan yang Bertahan		90.83 (A)

Tabel 4 menyajikan hasil evaluasi level 2 *learning* atau pengetahuan responden yang masih bertahan terhadap program pelatihan laboratorium biologi molekuler yang dahulu telah mereka ikuti. Dari 16 responden yang mengisi tes retensi, hasil evaluasi level 2 *learning* menunjukkan bahwa nilai tes retensi tertinggi adalah 100 yang diperoleh oleh tujuh orang responden, sedangkan nilai tes retensi terendah adalah 53,33 yang diperoleh oleh R6. Secara umum, sebagian besar responden memperoleh nilai yang tinggi pada tes retensi yang diberikan. Adapun nilai rata-rata keseluruhan sebesar 90,83 menunjukkan bahwa pengetahuan yang bertahan dari program pelatihan laboratorium biologi molekuler masih tergolong sangat kuat, sebagaimana ditunjukkan pada grafik berikut:



Gambar 2. Grafik Pengetahuan Responden yang Masih Bertahan terhadap Pelatihan

Berdasarkan hasil level 2 *learning* di atas, peneliti berusaha melihat korelasi antara kepuasan dan persepsi responden terhadap pelatihan pada level 1 *reaction* terhadap pengetahuan yang masih bertahan pada level 2 *learning*. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan uji korelasi Spearman karena data yang digunakan adalah data ordinal dan tidak memenuhi asumsi normalitas (Field, 2024). Uji korelasi ini dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara tingkat kepuasan peserta dengan pengetahuan yang masih bertahan setelah mengikuti pelatihan. Hasil uji korelasi Spearman antara level 1 *reaction* dan level 2 *learning* tersebut dapat dilihat secara lebih rinci pada tabel berikut:

Tabel 5. Korelasi antara Kepuasan dan Persepsi Peserta Pelatihan dengan Pengetahuan yang Masih Bertahan

	<i>r</i>	<i>p</i>
Korelasi antara Kuesioner Retrospektif Level 1 dan Tes Retensi Level 2	0,77	0,003

Tabel 5. di atas menunjukkan bahwa nilai r 0,77 mengindikasikan kecenderungan hubungan yang positif antara data evaluasi level 1 *reaction* terhadap data evaluasi level 2 *learning*. Hal ini disebabkan nilai r mendekati +1 menunjukkan hubungan positif yang semakin kuat (Statistics, 2018). Dengan demikian, tingkat kepuasan dan persepsi peserta terhadap pelatihan cenderung berkaitan dengan pengetahuan yang masih bertahan setelah mengikuti



program pelatihan. Adapun nilai p menunjukkan angka 0.003 yang mengindikasikan signifikansi yang kuat karena bila nilai $p \leq 0.05$ maka tergolong signifikan (McLeod, 2023).

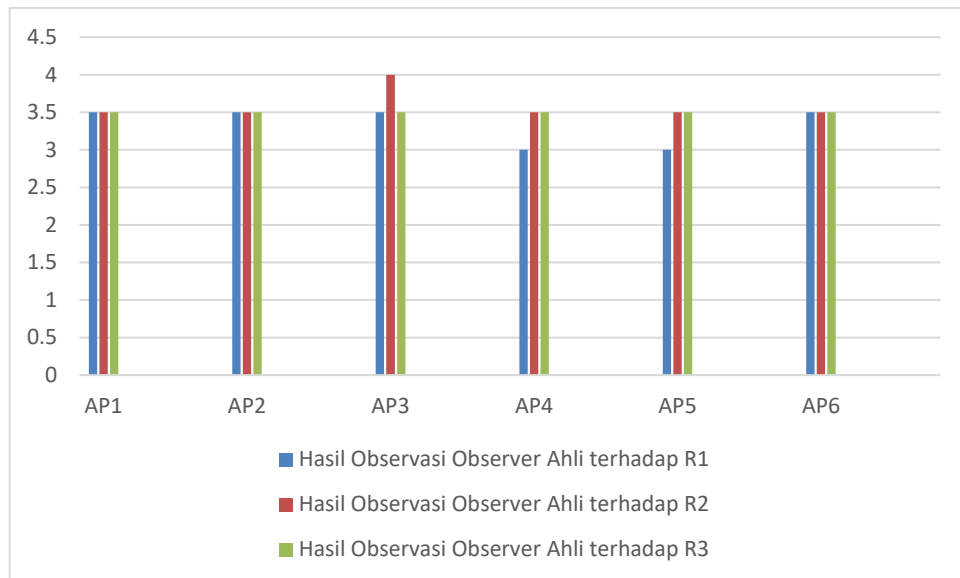
Level 3 Behavior

Tahap perilaku pada penelitian ini bertujuan untuk melihat perilaku laboratorium jangka menengah responden melalui rubrik observasi terhadap program pelatihan laboratorium biologi molekuler yang pernah mereka ikuti. Evaluasi level 3 dilakukan melalui pengamatan langsung oleh tiga ahli biologi molekuler terhadap peserta pelatihan dalam aktivitas laboratorium. Namun, evaluasi perilaku memerlukan observasi jangka menengah hingga panjang sehingga sulit dilakukan terhadap seluruh peserta pelatihan, terutama karena perbedaan domisili dan tempat tugas yang tidak seluruhnya mudah dijangkau. Oleh karena itu, observasi pada penelitian ini hanya dilakukan terhadap tiga mahasiswa peserta pelatihan yang memungkinkan untuk diamati secara langsung dan berkelanjutan. Berikut hasil evaluasi level 3 perilaku yang diamati oleh tiga ahli biologi molekuler terhadap tiga mahasiswa peserta pelatihan:

Tabel 6. Hasil Evaluasi Level 3 Behavior

No.	Aspek Perilaku	Hasil Observasi Observer Ahli terhadap			Keputusan
		R1	R2	R3	
1.	Kepatuhan terhadap SOP Laboratorium	3.5	3.5	3.5	3.50
2.	Keterampilan Pemipetan	3.5	3.5	3.5	3.50
3.	Praktik Keselamatan dan Kebersihan	3.5	4	3.5	3.67
4.	Kemandirian Bekerja di Laboratorium	3	3.5	3.5	3.33
5.	Kemampuan Troubleshooting	3	3.5	3.5	3.33
6.	Penerapan Skill dalam Penelitian Disertasi	3.5	3.5	3.5	3.50
Rata-Rata Perilaku Laboratorium Jangka Menengah		3.33	3.58	3.50	3.47

Tabel 6 menyajikan hasil evaluasi level 3 *behavior* atau perilaku laboratorium jangka menengah responden terhadap program pelatihan laboratorium biologi molekuler yang pernah mereka ikuti. Evaluasi ini dilakukan melalui observasi langsung oleh tiga dosen ahli biologi molekuler terhadap aktivitas laboratorium responden. Dari tiga responden yang diamati, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar aspek perilaku laboratorium berada pada kategori baik. Adapun nilai rata-rata keseluruhan sebesar 3,47 menunjukkan bahwa perilaku laboratorium jangka menengah setelah mengikuti pelatihan laboratorium biologi molekuler tergolong baik, sebagaimana ditunjukkan pada grafik berikut:



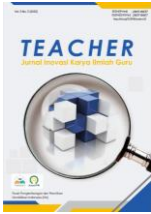
Gambar 3. Grafik Perilaku Laboratorium Jangka Menengah Responden Setelah Pelatihan

Pembahasan

Hasil evaluasi level 1 (*reaction*) dengan kuesioner retrospektif mengindikasikan tingkat kepuasan peserta yang sangat tinggi terhadap program pelatihan laboratorium biologi molekuler, baik dari aspek pengalaman umum, kualitas narasumber dan pendamping, fasilitas dan penyelenggaraan, maupun manfaat bagi studi dan penelitian. Temuan kuantitatif ini menunjukkan bahwa pelatihan diterima secara positif serta dipersepsikan selaras dengan kebutuhan akademik mahasiswa program doktor. Persepsi tersebut diperkuat oleh data wawancara, di mana salah seorang responden menyebutkan bahwa “*pelatihan ini sangat cocok dengan penelitian disertasi saya karena teknik yang diajarkan, seperti PCR dan manajemen kontaminasi, bisa langsung digunakan dalam penelitian disertasi saya.*” (R1, Wawancara, 2025). Tingginya kepuasan ini juga dipengaruhi oleh pendekatan narasumber yang konseptual, dan tidak bersifat prosedural semata. Sebagaimana hasil wawancara peneliti bersama salah seorang responden bahwa “*narasumber tidak hanya menjelaskan prosedur, tetapi beliau juga menjelaskan alasan dari semua prosedur untuk setiap tahapan, sehingga mudah sekali dimengerti.*” (R1, Wawancara, 2025). Hal ini menggambarkan bahwa kepuasan peserta berakar pada kualitas pedagogis pelatihan, bukan sekadar aspek teknis penyelenggaraan.

Hasil ini linear dengan temuan studi empiris Chernbumroong et al. (2022) yang menggunakan model Kirkpatrick untuk mengevaluasi pelatihan teknis dan pedagogis, dimana reaksi positif peserta merupakan indikasi bahwa pelatihan diterima dan memberikan dasar motivasi belajar yang kuat. Adapun studi oleh Paais dan Sabirin (2025) terhadap pelatihan *Project-Based Learning* menunjukkan bahwa peserta memberikan respons sangat positif terhadap relevansi materi, fasilitator, dan metode pelatihan, dengan skor rata-rata di atas kategori sangat baik, yang menunjukkan bahwa reaksi positif ini dapat mencerminkan persepsi awal peserta terhadap efektivitas pelatihan yang selanjutnya berpengaruh pada proses pembelajaran berikutnya.

Pada level 2 (*learning*), hasil evaluasi pengetahuan peserta yang masih bertahan beberapa bulan setelah mengikuti pelatihan biomolekuler dengan tes retensi menunjukkan nilai rata-rata yang sangat tinggi (90,83), yang mengindikasikan bahwa pengetahuan biomolekuler



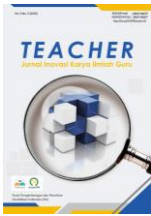
yang diperoleh peserta masih bertahan dengan kuat meskipun pelatihan telah berlangsung beberapa bulan sebelumnya. Tingginya retensi ini dapat diinterpretasi sebagai hasil dari proses pembelajaran yang bermakna, tidak sekadar hafalan prosedural. Kemampuan ini terefleksi dalam keterampilan *troubleshooting*, di mana salah seorang responden menyebutkan bahwa ketika eksperimen gagal, peserta “*mampu memahami penyebab masalah, jadi tidak hanya mengulang persis langkah-langkah yang diajarkan. Tapi saya cari tau masalahnya kemudian berikan pendekatan baru*” (R1, Wawancara, 2025). Dengan demikian, hasil Level 2 tidak hanya menunjukkan capaian kognitif yang tinggi, tetapi juga kedalaman pemahaman konseptual.

Hal ini diafirmasi oleh penelitian Nguyen et al. (2024) yang juga menggunakan model Kirkpatrick. Penelitian mereka menunjukkan bahwa pembelajaran yang efektif secara signifikan meningkatkan pemahaman dan keterampilan teknis peserta dalam konteks pelatihan profesional, yang secara otomatis relevan dengan hasil penelitian ini. Adapun dalam studi evaluasi pelatihan di PT. Swabina Gatra oleh Tisiya Wardani & Cahyadi (2024), hasil *pre-test* dan *post-test* menunjukkan peningkatan signifikan dalam hasil belajar peserta, yang memperkuat bahwa pelatihan tidak hanya memberikan pengalaman reaktif tetapi benar-benar meningkatkan pengetahuan dan keterampilan peserta. Temuan ini selaras dengan hasil penelitian pada level 2 peneliti yang menegaskan bahwa tingginya skor belajar, dalam konteks penelitian ini adalah nilai tes retensi, mencerminkan efektivitas instruksional dan kemampuan peserta dalam memahami konsep yang diajarkan.

Korelasi yang kuat dan signifikan antara level 1 (*reaction*) terhadap level 2 (*learning*) melalui uji statistik inferensial, menunjukkan bahwa kepuasan peserta berdampak positif terhadap kontinuitas pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa ketika pelatihan didesain relevan, kontekstual, dan pedagogis, maka kepuasan peserta tidak berhenti pada respons afektif saja, tetapi juga bertransformasi menjadi pembelajaran yang bertahan. Temuan ini sejalan dengan asumsi model Kirkpatrick bahwa reaksi positif peserta menjadi prasyarat penting bagi tercapainya pembelajaran yang efektif (El Nsouli et al., 2023). Adapun sebuah riset oleh Torre et al., (2025) mengenai program pelatihan profesional menunjukkan bahwa ketika peserta merasakan pengalaman pelatihan yang relevan, bermakna, dan responsif terhadap kebutuhan mereka, kepuasan peserta terkait pelatihan bukan sekadar reaksi afektif tetapi berkorelasi positif dengan motivasi peserta untuk menerapkan pembelajaran secara efektif dalam tugas profesinya. Penelitian ini secara otomatis menguatkan hasil uji korelasi level 1 dengan level 2 pada penelitian ini, di mana dipahami bahwa kepuasan pelatihan berkontribusi pada kesiapan peserta untuk mentransfer pembelajaran yang diperoleh ke dalam praktik nyata.

Selanjutnya, pada Level 3 (*behavior*), hasil rubrik observasi dari ketiga observer ahli mengindikasikan bahwa perilaku laboratorium jangka menengah peserta berada pada kategori baik, terutama pada aspek kepatuhan terhadap SOP, praktik *biosafety*, dan kemandirian bekerja di laboratorium. Skor tertinggi pada aspek *biosafety* menunjukkan bahwa pelatihan berhasil membentuk kesadaran keselamatan kerja yang kontinu. Temuan ini diafirmasi oleh pernyataan dosen ahli melalui wawancara bersama peneliti bahwa “*paling menonjol kalau saya lihat itu peningkatan kesadaran biosafety terlihat jelas, terutama dalam penggunaan APD dan pengelolaan limbah biologis.*” (R2, Wawancara, 2025). Selain itu, dosen ahli juga mengobservasi bahwa “*mahasiswa bekerja lebih mandiri dan konsisten dalam menerapkan SOP laboratorium*” (R2, Observasi dan Wawancara, 2025), yang menunjukkan adanya transfer psikomotorik dari konteks pelatihan ke praktik riset riil.

Teori terbaru juga menekankan bahwa evaluasi perilaku harus melihat apakah peserta mengaplikasikan pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang dipelajari ke dalam konteks



pekerjaan nyata setelah pelatihan usai. Sebagaimana studi kontemporer oleh Faisal-E-Alam et al., (2025) yang menggarisbawahi bahwa evaluasi level ini fokus pada *transfer of training*, yakni sejauh mana perubahan perilaku terjadi akibat pelatihan itu sendiri, yang merupakan kunci untuk menilai relevansi pelatihan terhadap praktik profesional peserta. Hal ini sesuai dengan studi empiris As'syam et al. (2025) yang menunjukkan bahwa pelatihan yang dievaluasi melalui model Kirkpatrick mampu mengidentifikasi perubahan perilaku peserta setelah pelatihan. Dengan kata lain, level 3 bukan sekadar perubahan sikap atau pengetahuan, tetapi bagaimana peserta memanfaatkan pembelajaran dalam situasi kerja mereka sehari-hari, yang menjadi dasar bagi evaluasi hasil yang lebih mendalam pada level berikutnya.

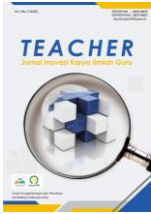
Dampak perilaku pada penelitian ini tidak hanya terbatas pada kepatuhan prosedural, tetapi juga berkontribusi langsung terhadap efisiensi penelitian disertai para peserta. Salah seorang peserta melalui wawancara bersama peneliti menyatakan bahwa "*pelatihan ini memudahkan proses penelitian disertai saya karena mengurangi trial and error dalam eksperimen*" (R1, Wawancara, 2025). Temuan ini secara implisit menegaskan bahwa meskipun penelitian ini tidak menyentuh level 4 (*results*), perubahan perilaku yang teridentifikasi pada level 3 telah mengindikasikan implikasi praktis terhadap kinerja riset peserta, yakni mahasiswa doctoral. Dengan demikian, pelatihan laboratorium biologi molekuler ini dapat dinilai efektif secara keseluruhan pada Level 1 hingga Level 3 Kirkpatrick, karena mampu menghasilkan persepsi dan kepuasan yang positif, pengetahuan yang bertahan, serta perubahan perilaku laboratorium yang aplikatif dan kontinu.

Berdasarkan hasil evaluasi program pelatihan laboratorium biologi molekuler dengan Model Kirkpatrick pada level 1 hingga level 3 pada penelitian ini, peneliti melihat bahwa pelatihan ini secara umum tergolong efektif. Namun, evaluasi juga mengidentifikasi sejumlah kelemahan yang perlu mendapat atensi serius agar pelatihan tidak hanya efektif dalam jangka pendek, tetapi juga berkelanjutan dan berdampak optimal bagi pengembangan kompetensi riset mahasiswa program doktor. Oleh karena itu peneliti menghadirkan beberapa rekomendasi sebagai respons terhadap beberapa kelemahan yang terungkap dalam penelitian ini.

Pertama, meskipun tingkat kepuasan peserta berada pada kategori sangat tinggi, data kuesioner terbuka dan wawancara dengan peserta menggambarkan bahwa durasi pelatihan relatif terbatas, terutama untuk pendalaman praktik dan sesi *troubleshooting* yang memerlukan waktu yang relatif tidak sedikit. Oleh karena itu, disarankan agar penyelenggara menambah durasi atau membagi pelatihan ke dalam beberapa tahap, misalnya pelatihan dasar dan pelatihan lanjutan berbasis kasus riset disertai, dengan jadwal yang telah ditetapkan ke dalam kalender akademik. Dengan demikian pendekatan bertahap ini dinilai lebih sesuai dengan kebutuhan mahasiswa doktor yang memiliki latar belakang dan kompleksitas riset yang beragam.

Kedua, pada level 2 (*learning*), meskipun rata-rata pengetahuan yang bertahan sangat tinggi, masih terdapat variasi capaian antar peserta, termasuk satu responden dengan nilai rendah (53.33). Hal ini menunjukkan bahwa pelatihan belum sepenuhnya mengakomodir perbedaan kesiapan awal peserta terhadap pelatihan laboratorium biomolekuler. Oleh karena itu, direkomendasikan agar sebelum pelatihan, diadakan asesmen diagnostik awal, sehingga materi dan pendekatan pembelajaran dapat disesuaikan dengan tingkat kompetensi awal peserta terkait pelatihan biomolekuler. Selain itu, peneliti melihat bahwa dengan pengadaan modul pembelajaran mandiri atau materi pengayaan pascapelatihan mampu membantu memperkuat retensi pengetahuan secara lebih merata.

Ketiga, hasil evaluasi Level 3 (*behavior*) menunjukkan bahwa perubahan perilaku laboratorium sudah tergolong baik, namun kuantitas subjek observasi yang terbatas dan waktu



observasi yang relatif singkat berpotensi belum sepenuhnya mengungkap variasi perilaku jangka menengah hingga panjang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa hasil evaluasi perilaku masih memerlukan pengamatan yang lebih luas agar data yang diperoleh semakin representatif. Oleh karena itu, agar perubahan perilaku laboratorium ini bisa meningkat ke dalam kategori sangat baik, disarankan agar ke depannya dilakukan monitoring perilaku laboratorium secara berkala, misalnya melalui evaluasi berbasis logbook disertai atau supervisi terstruktur, sehingga transfer keterampilan dapat dipantau secara periodik dan kontinu. Dengan adanya monitoring yang berkelanjutan, institusi dapat lebih mudah mengidentifikasi perkembangan kompetensi peserta serta menentukan tindak lanjut yang diperlukan dalam proses pelatihan.

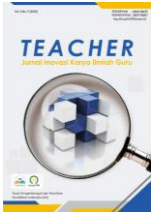
Secara keseluruhan, dengan memperhatikan kelemahan-kelemahan yang teridentifikasi di atas, program pelatihan laboratorium biologi molekuler diharapkan dapat berkembang menjadi model pelatihan yang lebih efektif, berkelanjutan, dan berdampak strategis bagi pengetahuan, afeksi, dan keterampilan mahasiswa doctoral serta penguatan budaya riset di perguruan tinggi, khususnya di Makassar. Pengembangan program pelatihan juga perlu didukung oleh perencanaan yang sistematis serta evaluasi yang dilakukan secara konsisten pada setiap tahap pelaksanaan. Selain itu, keterlibatan fasilitator, institusi, dan peserta pelatihan menjadi faktor penting dalam menciptakan lingkungan belajar laboratorium yang optimal. Dengan perbaikan yang berkesinambungan, program pelatihan diharapkan mampu meningkatkan kualitas sumber daya manusia dan produktivitas penelitian di lingkungan akademik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan model Kirkpatrick pada level 1 hingga level 3, program pelatihan laboratorium biologi molekuler bagi mahasiswa program doktor di Makassar dapat disimpulkan berjalan efektif. Pada level 1 *reaction*, peserta menunjukkan persepsi dan tingkat kepuasan yang sangat tinggi terhadap seluruh aspek pelatihan. Pada level 2 *learning*, hasil tes retensi memperlihatkan bahwa pengetahuan biomolekuler yang diperoleh peserta masih bertahan dengan sangat baik. Selanjutnya, pada level 3 *behavior*, observasi perilaku laboratorium jangka menengah menunjukkan adanya perubahan perilaku yang positif. Sehingga secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan adanya relevansi antara kepuasan, pembelajaran, dan transfer keterampilan ke praktik riil.

Meskipun pelatihan tergolong efektif, penelitian ini merekomendasikan beberapa pengembangan strategis untuk meningkatkan kualitas dan kontinuitas program. Pertama, durasi dan struktur pelatihan perlu dirancang lebih berjenjang, misalnya melalui pembagian pelatihan dasar dan lanjutan yang berbasis kebutuhan riset disertai mahasiswa doktor. Kedua, perlu dilakukan asesmen diagnostik awal untuk mengakomodir perbedaan kesiapan dan latar belakang sehingga materi dan pendekatan pembelajaran dapat disesuaikan secara lebih adaptif. Ketiga, penyediaan modul pengayaan dan pendampingan pascapelatihan direkomendasikan untuk memperkuat retensi pengetahuan dan pemerataan capaian belajar. Keempat, *monitoring* secara kontinu terhadap perilaku laboratorium melalui logbook atau supervisi terstruktur dan berkala dinilai penting agar transfer keterampilan dapat dipastikan berlangsung secara konsisten dalam jangka menengah hingga panjang.

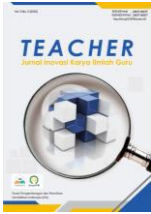
Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasilnya. Pertama, pengumpulan data pada level 1 dan 2 dilakukan secara *online* melalui google form sehingga *recall* dari responden kurang optimal. Kedua, jumlah subjek pada observasi level 3 relatif terbatas dan waktu observasi jangka menengah belum



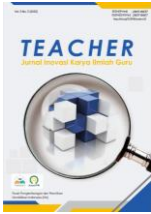
sepenuhnya merepresentasikan variasi perilaku laboratorium dalam jangka panjang. Ketiga, penggunaan kuesioner retrospektif pada level 1 berpotensi mengandung bias ingatan peserta sebab pelatihan dilaksanakan beberapa bulan silam.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-nakhle, H. (2022). The effectiveness of scenario-based virtual laboratory simulations to improve learning outcomes and scientific report writing skills. *PLOS ONE*, 17(11), e0277359. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277359>
- Alberts, B., Heald, R., Johnson, A., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2022). *Molecular biology of the cell: seventh international student edition with registration card*. WW Norton & Company.
- As'syam. N. A, Hasyim. M. S, & Hartanto Hartanto. (2025). Evaluasi Kirkpatrick Level 3 terhadap Pelatihan on Job Development: (Studi Literatur). *Jurnal Pengembangan Ketenagakerjaan*, 3(2 SE-Articles), 41–49. <https://doi.org/10.59574/jpk.v3i2.173>
- Carroll, J. S., Najafi, H., & Steiner, M. (2025). Evaluating the effectiveness of virtual laboratory simulations for graduate-level training in genetic methodologies. *Biochemistry and Molecular Biology Education : A Bimonthly Publication of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology*, 53(4), 422–432. <https://doi.org/10.1002/bmb.21898>
- Chernbumroong, S., Sureephong, P., Suebsombut, P., & Sekhari, A. (2022). Training evaluation in a smart farm using Kirkpatrick model: A case study of Chiang Mai. *2022 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON)*, 463–466. <https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNCN53731.2022.9720376>
- Craig, S., McConnell, H., Stark, P., Devlin, N., McKeaveney, C., & Mitchell, G. (2025). A Convergent Mixed-Methods Evaluation of a Co-Designed Evidence-Based Practice Module Underpinned by Universal Design for Learning Pedagogy. *Nursing Reports*, 15(7), 236. <https://doi.org/10.3390/nursrep15070236>
- El Nsouli, D., Nelson, D., Nsouli, L., Curtis, F., Ahmed, S. I., McGonagle, I., Kane, R., & Ahmadi, K. (2023). The Application of Kirkpatrick's Evaluation Model in the Assessment of Interprofessional Simulation Activities Involving Pharmacy Students: A Systematic Review. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 87(8), 100003. <https://doi.org/10.1016/j.ajpe.2023.02.003>
- Faisal-E-Alam, M., Begum, Z. A., & Islam, A. R. M. T. (2025). Unveiling training effectiveness through behavior and performance evaluations: A case from developing country. *Evaluation and Program Planning*, 110, 102553. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2025.102553>
- Field, A. (2024). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage publications limited.
- García-Ros, G., & Alhama, I. (2023). Online laboratory practices and assessment using training and learning activities as teaching methodologies adapted to remote learning. Student satisfaction and improved academic performance. *Heliyon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19742>
- Haryati, H., Rasyid, M. N. A., Mania, S., & Widodo, S. (2023). Evaluasi Pembelajaran Statistik Pendidikan di STAI Al Khairaat Labuha dengan Model Evaluasi Discrepancy dan Kirkpatrick. *PALAPA*, 11(1), 426–445. <https://doi.org/10.36088/palapa.v11i1.3251>



- Ibrahim, M. M., & Rasyid, M. N. A. (2025). Evaluasi Program Budaya 5S (Salam, Sapa, Senyum, Sopan dan Santun Sebagai Pembentukan Akhlakul Karimah Siswa MIS Nurul Muttaqin Topoyo Menggunakan Model CIPP. *PEDAGOGOS: Jurnal Pendidikan*, 7(1), 82–96. <https://jurnal.stkipbima.ac.id/index.php/gg/article/view/3135/1561>
- Jiang, X., & Ning, Q. (2022). Evaluation and perception of online teaching of molecular biology using DingTalk for international medical students during the COVID-19 pandemic. *Biochemistry and Molecular Biology Education: A Bimonthly Publication of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology*, 50(5), 494–501. <https://doi.org/10.1002/bmb.21653>
- Kirkpatrick, D. L. (1998). The four levels of evaluation. In *Evaluating corporate training: Models and issues* (pp. 95–112). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4850-4_5
- Maharani, R. I., Mustikaningtyas, D., & Solichin, S. (2022). Instrumen Penilaian Keterampilan Praktik di Laboratorium Biologi Molekuler. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 5(2), 31–36. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/best/article/view/5434>
- Mahfut, M., Wandono, P. T. A., Ismail, I., Anbiya, L., Arsitalia, M., Sari, V. D. A., & Asadudin, D. (2025). Pelatihan Analisis Genomik Melalui Pengenalan dan Penggunaan Peralatan di Laboratorium Biomolekuler, Universitas Lampung. *Jurnal SOLMA*, 14(2 SE-Articles), 2121–2130. <https://doi.org/10.22236/solma.v14i2.18363>
- McLeod, S. (2023). Understanding p-values and statistical significance. *Simply Psychology*.
- Nguyen, B. T., Nguyen, V. A., Blizzard, C. L., Palmer, A., Nguyen, H. T., Quyet, T. C., Tran, V., Skinner, M., Perndt, H., & Nelson, M. R. (2024). Using the Kirkpatrick Model to Evaluate the Effect of a Primary Trauma Care Course on Health Care Workers' Knowledge, Attitude, and Practice in Two Vietnamese Local Hospitals: Prospective Intervention Study. *JMIR Med Educ*, 10, e47127. <https://doi.org/10.2196/47127>
- Ortiz Martín, I., Del Espino Pérez, Á., García Luque, E., & Viguera Mínguez, E. (2025). Using active learning methodologies to teach sequence analysis and molecular phylogeny. *Biochemistry and Molecular Biology Education: A Bimonthly Publication of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology*, 53(1), 21–32. <https://doi.org/10.1002/bmb.21861>
- Paais, R. L., & Sabirin. (2025). Evaluasi Program Pelatihan Project-Based Learning bagi Guru dengan Model Kirkpatrick. *Kelola: Jurnal Manajemen Pendidikan*, 12(2 SE-Articles), 184–195. <https://doi.org/10.24246/j.jk.2025.v12.i2.p184-195>
- Pearse, C., & Scott, S. (2023). A Review of Clinical Laboratory Education, Training and Progression: Historical Challenges, the Impact of COVID-19 and Future Considerations. *British Journal of Biomedical Science*, 80, 11266. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2023.11266>
- Risalba, I. (2024). *Fakultas Biologi UGM Gelar Pelatihan Teknis PCR: Pengoperasian, Optimalisasi, dan Analisis*. Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. <https://biologi.ugm.ac.id/2024/08/14/fakultas-biologi-ugm-gelar-pelatihan-teknis-pcr-pengoperasian-optimalisasi-dan-analisis/>
- Statistics, L. (2018). Spearman's rank-order correlation. *Laerd Statistics*, 33.
- Tisiya Wardani, D., & Cahyadi, N. (2024). Evaluasi Efektivitas Pelatihan dengan Menggunakan Metode Kirkpatrick pada PT. Swabina Gatra. *MANAJEMEN DEWANTARA*, 8(3 SE-Artikel), 373–380. <https://doi.org/10.30738/md.v8i3.18661>
- Torre, S., Ulloa Severino, A., & Ligorio, M. B. (2025). Learning Outcomes and Training



TEACHER : Jurnal Inovasi Karya Ilmiah Guru

Vol. 6, No. 2, April-Juni 2026

e-ISSN : 2807-8667 | p-ISSN : 2807-8837

Online Journal System : <https://jurnalp4i.com/index.php/teacher>



Jurnal P4I

Satisfaction: A Case Study of Blended Customization in Professional Training. *Technology, Knowledge and Learning*, 30(3), 1663–1702.

<https://doi.org/10.1007/s10758-024-09778-7>

Yuliana, A. (2025). Analisis Persepsi Mahasiswa terhadap Efektivitas Virtual Lab dalam Pembelajaran PCR di Biologi Molekuler. *Indexia*, 7(1 SE-Articles), 1–10.

<https://doi.org/10.30587/indexia.v7i1.9620>

Zhu, H., Zeng, W., & Chen, L. (2025). Transforming molecular diagnostics learning: the power of gamification in higher medical education. *Frontiers in Education*, 10, 1502203.

<http://dx.doi.org/10.3389/feduc.2025.1502203>