



Pelatihan Analisis Genomik Melalui Pengenalan dan Penggunaan Peralatan di Laboratorium Biomolekuler, Universitas Lampung

Mahfut^{1*}, Petrus Tri Aji Wandono², Ikhwan Ismail³, Lulu Anbiya¹, Metari Arsitalia¹, V. Dwi Anggita Sari¹, David Asadudin¹

¹Program Studi S2 Biologi, Universitas Lampung, Jalan Prof. Soemantri Brodjonegoro No.1 Gedung Meneg, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

²Program Studi S1 Biologi, Universitas Lampung, Jalan Prof. Soemantri Brodjonegoro No.1 Gedung Meneg, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

³Program Studi S1 Biologi Terapan, Universitas Lampung, Jalan Prof. Soemantri Brodjonegoro No.1 Gedung Meneg, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

*Email koresponden: mahfut.mipa@fmipa.unila.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRAK
Article history Received: 16 Feb 2025 Accepted: 12 Jun 2025 Published: 31 Jul 2025	<p>Pendahuluan: Kemajuan biologi molekuler membuka peluang besar dalam riset genomik, berdampak luas pada bidang kesehatan, pertanian, dan lingkungan. Diperlukan peningkatan keterampilan sivitas akademika dalam pengoperasian alat laboratorium biomolekuler. Metode: Pelatihan dilakukan melalui pendekatan teori dan praktik langsung (<i>hands-on training</i>), dengan evaluasi menggunakan pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta. Hasil: Terdapat peningkatan signifikan pada skor post-test, terutama dalam penerapan alat untuk riset. Peserta menunjukkan peningkatan pemahaman, khususnya dalam aspek teknis penggunaan alat. Kesimpulan: Pelatihan ini efektif dalam meningkatkan kompetensi laboratorium peserta. Direkomendasikan pelatihan lanjutan dan pendampingan rutin untuk memperkuat keterampilan riset biologi molekuler secara berkelanjutan.</p>
Kata kunci: Biologi Molekuler, <i>Hands-on Training</i> , Laboratorium Biomolekuler, Pelatihan Laboratorium.	<p>ABSTRACT</p> <p>Background: Advancements in molecular biology have expanded genomic research across health, agriculture, and environmental fields. Enhancing academic skills in operating biomolecular laboratory equipment is essential. Method: The training combined theoretical sessions and hands-on practice. Participant understanding was assessed through pre-tests and post-tests to measure learning progress. Result: Post-test scores showed a significant improvement, especially in applying laboratory tools for research. Participants demonstrated better comprehension and technical proficiency after the training. Conclusion: This laboratory training effectively improved participants' competencies in operating biomolecular instruments. Continued training and regular mentoring are recommended to further support research capacity in molecular biology.</p>
Keywords: <i>Biomolecular Laboratory</i> , <i>Hands-on Training</i> , <i>Laboratory Training</i> , <i>Molecular Biology</i> .	



© 2025 by authors. Lisensi Jurnal Solma, UHAMKA, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

PENDAHULUAN

Kemajuan dalam bidang biologi molekuler telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek penelitian, terutama dalam analisis genomik yang berperan penting dalam memahami struktur dan fungsi genom organisme (Iman, 2025; Irawan, 2019). Teknologi ini telah diterapkan secara luas dalam berbagai disiplin ilmu, seperti kesehatan, pertanian, dan lingkungan, untuk mendukung inovasi berbasis data genomik (*National Human Genome Research Institute*, 2023). Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) juga menekankan pentingnya penguatan kapasitas laboratorium biomolekuler guna mendukung penelitian berbasis genomik yang lebih akurat dan efisien, terutama di negara berkembang (WHO, 2022). Seiring dengan perkembangan teknologi, ketersediaan alat dan pemahaman yang baik mengenai penggunaannya menjadi faktor kunci dalam meningkatkan kualitas penelitian di bidang ini (Mahfut 2023^a; Mahfut 2023^b).

Laboratorium Biomolekuler yang berada di bawah Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung telah berperan dalam mendukung penelitian berbasis biologi molekuler, termasuk analisis genomik. Saat ini, Laboratorium Biomolekuler telah melakukan pengadaan 18 unit alat-alat baru melalui program Revitalisasi PRPTN dengan nomor kontrak 7969/UN26/LK.02/2024. Namun, kendala yang masih dihadapi adalah kurangnya pemahaman yang memadai dalam penggunaan peralatan laboratorium secara optimal oleh dosen, asisten laboratorium, dan mahasiswa. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keterbatasan pelatihan terkait peralatan laboratorium biomolekuler dapat menghambat produktivitas penelitian dan inovasi dalam bidang bioteknologi (Rahmawati *et al.* 2021). Selain itu, pemberitaan di media lokal juga menyoroti perlunya peningkatan kapasitas sumber daya manusia dalam penggunaan teknologi laboratorium guna mendukung riset berbasis molekuler yang lebih aplikatif dan berdaya guna (Zamroni dkk., 2021).

Hingga saat ini, pelatihan pengenalan dan penggunaan peralatan terkait analisis genomik yang komprehensif, khususnya yang mengintegrasikan teori dan praktik langsung dengan peralatan laboratorium terkini, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, inisiatif untuk menyelenggarakan pelatihan yang melibatkan ahli dari Laboratorium Biomolekuler serta vendor peralatan laboratorium dari *Cleaver Scientific* merupakan langkah yang inovatif. Kegiatan ini diharapkan dapat mengurangi kesenjangan antara ketersediaan teknologi dan keterampilan pengguna dalam mengoperasikan peralatan laboratorium biomolekuler, sehingga mendorong peningkatan kualitas penelitian dan pembelajaran di Universitas Lampung.

Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi dosen, asisten laboratorium, serta mahasiswa dalam melakukan analisis genomik melalui pemanfaatan peralatan laboratorium secara efektif. Dengan menghadirkan pemateri dari Laboratorium Biomolekuler serta vendor *Cleaver Scientific*, pelatihan ini memberikan pemahaman teoritis dan pengalaman praktis yang mendalam. Kegiatan ini diharapkan dapat memperkuat kapasitas riset biomolekuler di Universitas Lampung serta membuka peluang kolaborasi lebih lanjut antara akademisi dan industri dalam mengembangkan inovasi berbasis genomik.

METODE PELAKSANAAN

Pelatihan penggunaan alat laboratorium dilaksanakan pada Rabu dan Kamis, 5-6 Februari 2025 di Laboratorium Biomolekuler, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Pelatihan ini diikuti oleh 32 dosen, 18 asisten laboratorium serta 14 mahasiswa S1 dan S2 Biologi. Kegiatan ini menerapkan metode *Community-Centered Development*

(CCD), yaitu pendekatan yang menggabungkan nilai serta perilaku komunitas sosial yang paling aktif dalam upaya menemukan solusi pembangunan (Williams *et al.*, 2022; Muslimin *et al.*, 2023). Berbeda dengan metode yang berorientasi pada individu, CCD menempatkan komunitas sebagai elemen utama yang memiliki peran dalam mendorong perubahan di tingkat lokal (Marjunus *et al.*, 2023). Pendekatan ini menitikberatkan pada keterlibatan langsung komunitas dalam proses pengambilan keputusan terkait proyek bersama, termasuk dalam pengelolaan sumber daya yang tersedia (Mahfut & Yulianty, 2019).

Pelaksanaan kegiatan ini terdiri dari empat tahapan utama, yaitu persiapan, sosialisasi kegiatan, penerapan CCD dan pendampingan (Mahfut & Wahyuningsih 2019; Mahfut *et al.*, 2023). Tahap persiapan diawali dengan koordinasi bersama pihak terkait, terutama Jurusan Biologi dan Cleaver Scientific selaku vendor guna memastikan kesiapan fasilitas serta materi pelatihan. Tahap sosialisasi bertujuan untuk memperkenalkan analisis genomik, pentingnya pemanfaatan peralatan laboratorium, serta urgensi peningkatan keterampilan teknis bagi sivitas akademika dalam menunjang penelitian biologi molekuler.

Pada tahap CCD dilakukan praktik langsung (*hands on*) mengenai pengoperasian alat serta penerapannya dalam penelitian oleh Cleaver Scientific. Selain itu, peserta juga didorong untuk berperan aktif dalam menyusun strategi optimalisasi pemanfaatan peralatan laboratorium. Kegiatan ini mencakup identifikasi kebutuhan pelatihan berbasis komunitas akademik, serta analisis kendala teknis dalam penggunaan alat laboratorium. Tahap pendampingan dilakukan melalui konsultasi dan evaluasi berkala, peserta mendapat bimbingan dalam mengaplikasikan keterampilan yang telah diperoleh dalam riset mereka. Dengan pendekatan ini, pelatihan diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pemanfaatan laboratorium serta memperkuat kapasitas penelitian biologi molekuler di Universitas Lampung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Persiapan

Tahap persiapan diawali dengan koordinasi bersama pihak terkait, terutama Jurusan Biologi dan Cleaver Scientific selaku vendor, guna memastikan kesiapan fasilitas serta materi pelatihan. Dalam koordinasi ini, diselaraskan kebutuhan pelatihan dengan standar laboratorium, serta dikonfirmasi kesiapan teknisi atau trainer dari vendor untuk memberikan bimbingan selama kegiatan berlangsung. Selain itu, persiapan juga mencakup instalasi dan kalibrasi awal keseluruhan 18 unit alat-alat baru yaitu *Accuris Microplate Reader*, *Cleaver Scientific Electrophoresis Gel Box*, *Cleaver Scientific Gelpro*, *Cleaver Scientific PCR Thermal Cycler*, *Compact Centrifuge*, *Microscope Binocular 382 PLI*, *Mikroskop Teaching 2 Observation With Digital Camera*, *Neya Mini Centrifuge*, *Optika Analytical Balance 220gr*, *Spektrofotometer Uv Vis Double Beam*, dan *XS Intrument PH Meter Digital -50101422* guna memastikan keakuratan pengukuran sebelum digunakan dalam pelatihan. Kesiapan ruangan juga menjadi perhatian, termasuk ketersediaan daya listrik yang mencukupi, sistem ventilasi yang baik, serta ruang kerja yang nyaman untuk praktik langsung.

Selain fasilitas, kebutuhan sampel dan bahan habis pakai juga dipersiapkan dengan baik. Jenis sampel yang akan digunakan disesuaikan dengan materi pelatihan, baik berupa sampel biologis, bahan kimia, maupun reagen tertentu. Ketersediaan bahan habis pakai seperti pipet, tips, tabung mikro, larutan buffer, pewarna gel elektroforesis, kuvet spektrofotometer, serta bahan kimia lain juga dipastikan agar mencukupi selama pelatihan berlangsung. Kontrol positif dan negatif juga disiapkan

untuk memastikan validitas hasil pengujian yang dilakukan oleh peserta.

Materi pelatihan yang disusun mencakup teori dasar mengenai prinsip kerja masing-masing alat, panduan operasional dalam bentuk SOP tertulis, serta strategi *troubleshooting* dasar agar peserta dapat mengatasi kendala teknis yang mungkin terjadi. Selain itu, sesi praktikum dirancang agar peserta tidak hanya memahami teori, tetapi juga mendapatkan pengalaman langsung dalam mengoperasikan alat secara mandiri. Untuk memastikan efektivitas pelatihan, jadwal dibuat secara sistematis dengan pembagian sesi berdasarkan jenis alat dan kompleksitas penggunaannya. Mekanisme evaluasi juga disiapkan untuk mengukur pemahaman peserta melalui tes tertulis, praktik langsung, serta umpan balik dari instruktur. Dengan persiapan yang matang, pelatihan ini diharapkan dapat berjalan dengan lancar dan memberikan manfaat maksimal dalam peningkatan keterampilan pengguna laboratorium.

Tahap Sosialisasi

Tahap sosialisasi bertujuan untuk memperkenalkan analisis genomik, pentingnya pemanfaatan peralatan laboratorium, serta urgensi peningkatan keterampilan teknis bagi sivitas akademika dalam menunjang penelitian biologi molekuler (Mahfut *et al.* 2020). Dalam tahap ini, peserta akan mendapatkan pemaparan mengenai konsep dasar analisis genomik, termasuk manfaat dalam memahami struktur, fungsi, dan variasi genetik. Selain itu, diperkenalkan berbagai peralatan laboratorium baru. Peserta akan memperoleh penjelasan mengenai spesifikasi, prinsip kerja, serta peran masing-masing alat dalam mendukung penelitian biologi molekuler.

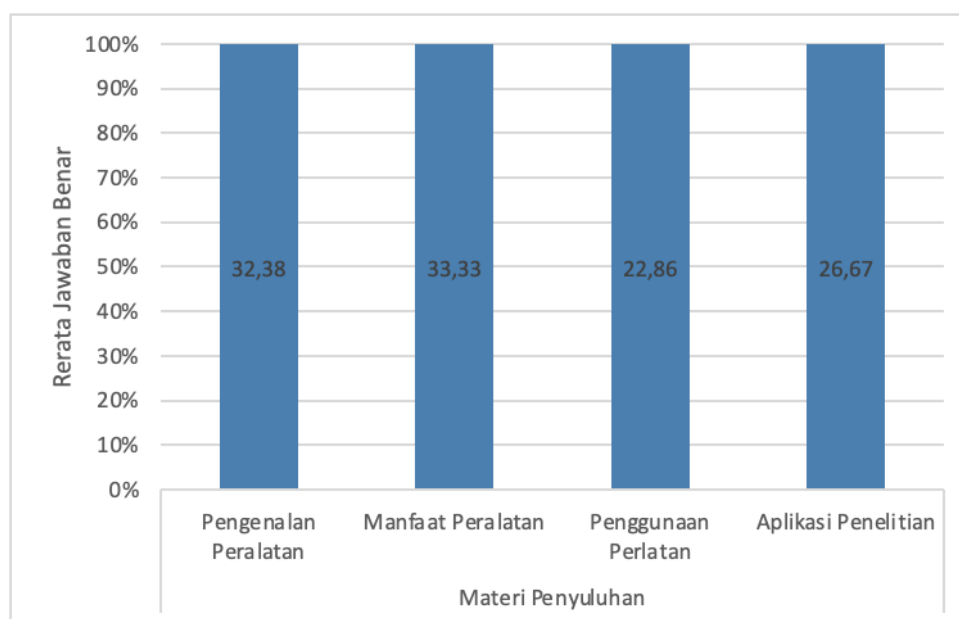


Gambar 1. Tahap Sosialisasi Penggunaan Alat-Alat oleh Tim Kegiatan Pelatihan (a) *Clever Scientific PCR Thermal Cycler* dan (b) *Cleaver Scientific Gelpro*

Pada tahap sosialisasi ini, ditekankan pentingnya peningkatan keterampilan teknis dalam penggunaan alat laboratorium guna memastikan riset yang dilakukan memiliki tingkat akurasi dan efisiensi yang tinggi. Pemahaman yang baik mengenai prosedur operasional standar dan *troubleshooting* dasar akan membantu sivitas akademika dalam memaksimalkan fungsi peralatan laboratorium (Mahfut *et al.*, 2021). Selain itu, sesi diskusi dan tanya jawab akan diadakan untuk menggali kendala yang dihadapi dalam penelitian berbasis laboratorium serta mengidentifikasi

kebutuhan pelatihan lebih lanjut. Sebagai bagian dari sosialisasi, peserta mendapatkan materi berupa modul pelatihan, SOP penggunaan alat, serta referensi terkait genomik dan teknologi laboratorium. Setelah sosialisasi, diharapkan peserta dapat lebih siap dalam mengaplikasikan analisis genomik dan penggunaan peralatan laboratorium dalam penelitian.

Pada tahap pre-test yang dilakukan untuk mengukur pemahaman dasar dan pengetahuan peserta terhadap materi penyuluhan, hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat pemahaman peserta bervariasi di setiap kategori materi. Pada kategori Pengenalan Peralatan, rerata jawaban benar peserta adalah 32,38% yang menunjukkan pemahaman dasar yang cukup baik. Kategori Manfaat Peralatan memperoleh rerata jawaban benar sebesar 33,33% mencerminkan tingkat pemahaman mengenai pentingnya pemanfaatan alat laboratorium. Di kategori Penggunaan Peralatan, rerata jawaban benar tercatat 22,86%, menunjukkan pemahaman yang lebih rendah di kalangan peserta terkait pengoperasian peralatan. Terakhir, pada kategori Aplikasi Penelitian, rerata jawaban benar peserta adalah 26,67%, yang menunjukkan bahwa meskipun ada perbedaan dalam tingkat pemahaman, peserta masih memiliki pemahaman yang baik terkait penggunaan alat dalam penelitian. Secara keseluruhan, hasil pre-test ini mengindikasikan bahwa meskipun ada variasi dalam tingkat pemahaman, peserta memiliki pemahaman yang cukup baik terhadap materi yang disampaikan, dengan beberapa kategori yang membutuhkan perhatian lebih lanjut. Hasil pretest ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Pretest Peserta Kegiatan Pelatihan

Temuan ini sejalan dengan penelitian (Smith *et al.*, 2021) yang menyebutkan bahwa pemahaman peserta terhadap materi laboratorium dapat bervariasi tergantung pada kategori yang diberikan, dengan perbedaan signifikan pada kategori tertentu seperti pengoperasian peralatan dan penerapannya dalam penelitian. Selain itu, penelitian (Brown & Johnson, 2020) mengungkapkan bahwa keterampilan teknis, terutama dalam hal pengoperasian alat laboratorium, sering kali memerlukan peningkatan melalui pelatihan lebih lanjut, yang tercermin dalam hasil pre-test ini. Hasil menunjukkan peserta menunjukkan pemahaman dasar yang baik, peningkatan pelatihan teknis sangat diperlukan untuk memperkecil kesenjangan keterampilan, khususnya dalam kategori yang

lebih teknis, seperti pengoperasian peralatan dan aplikasi penelitian.

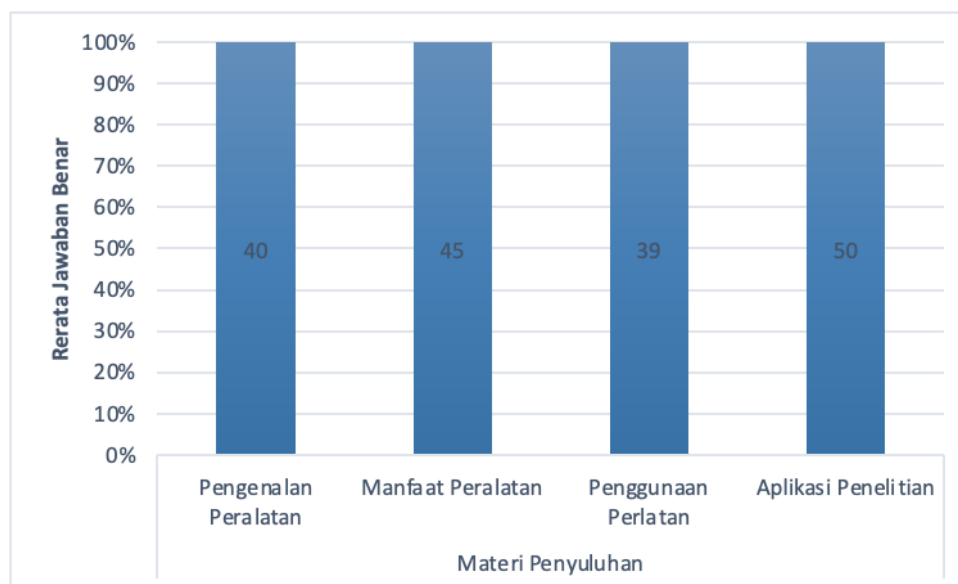
Tahap *Critical Competency Development* (CCD)

Pada tahap *Critical Competency Development* (CCD) peserta mengikuti praktik langsung (*hands-on training*) yang difasilitasi oleh Cleaver Scientific untuk memastikan peserta memahami teori, dan memiliki keterampilan dalam pengoperasian alat serta penerapannya dalam penelitian biomolekuler. Dalam sesi ini, peserta diberikan kesempatan untuk mengoperasikan berbagai alat seperti Cleaver Scientific Gelpro, PCR Thermal Cycler, dan Electrophoresis Gel Box sesuai dengan *standar operasional prosedur* (SOP). Selain itu, peserta juga dilatih untuk mengidentifikasi kesalahan dalam pengoperasian serta menemukan solusi yang tepat dalam mengatasinya. Kegiatan ini tidak hanya berfokus pada penguasaan teknis alat, tetapi juga mendorong peserta untuk menyusun strategi optimalisasi pemanfaatan peralatan laboratorium agar lebih efektif dalam mendukung penelitian. Dokumentasi tahap CCD ditampilkan pada [Gambar 3](#).



Gambar 3. Tahap CCD oleh Tim Kegiatan Pelatihan

Sebagai bagian dari optimalisasi ini, peserta didorong untuk mengidentifikasi kebutuhan pelatihan berbasis komunitas akademik, termasuk menentukan aspek-aspek yang masih perlu dikembangkan agar pemanfaatan alat dapat lebih maksimal. Selain itu, peserta juga melakukan analisis terhadap kendala teknis yang mungkin terjadi dalam penggunaan alat serta merancang solusi untuk mengatasinya. Melalui diskusi strategis dan pendekatan *problem-solving*, peserta berperan aktif dalam merancang strategi pemeliharaan dan pemanfaatan alat secara optimal guna meningkatkan efisiensi laboratorium. Evaluasi pemahaman dilakukan melalui tes keterampilan praktik, simulasi eksperimen dengan alat yang telah dipelajari, serta studi kasus yang menguji kemampuan peserta dalam menyusun strategi optimalisasi alat dalam skenario berbasis kendala nyata. Dengan pendekatan ini, tahap CCD memastikan penguasaan teknis peserta, dan membangun pola pikir analitis dan strategis dalam pemanfaatan alat laboratorium untuk mendukung penelitian biomolekuler secara lebih efektif. Tahap akhir kegiatan ini adalah evaluasi yang dilakukan untuk mengetahui dampak dari pelaksanaan pelatihan, yang ditunjukkan melalui hasil post-test dan penerapan materi di lapangan. Hasil posttest secara umum mengalami peningkatan dibandingkan dengan pretest di semua kategori materi penyuluhan seperti yang ditampilkan pada [Gambar 4](#).



Gambar 4. Hasil Postest Peserta Kegiatan Pelatihan

Pada kategori Pengenalan Peralatan, rerata jawaban benar meningkat dari 32,38% pada pretest menjadi 40% pada posttest, mengalami kenaikan sebesar 7,62 poin. Kategori Manfaat Peralatan menunjukkan skor yang lebih baik dengan peningkatan dari 33,33% menjadi 45%, mengalami kenaikan sebesar 11,67 poin. Pada kategori Penggunaan Peralatan, rerata jawaban benar peserta meningkat dari 22,86% pada pretest menjadi 39% pada posttest, dengan kenaikan 16,14 poin. Kategori Aplikasi Penelitian menunjukkan peningkatan tertinggi, dari 26,67% menjadi 50%, mengalami kenaikan sebesar 23,33 poin. Hal ini menunjukkan bahwa peserta memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang penggunaan alat dalam penelitian setelah mengikuti pelatihan. Secara keseluruhan, peningkatan skor ini menunjukkan bahwa pelatihan berhasil meningkatkan pemahaman peserta dalam berbagai kategori materi penyuluhan, dengan perubahan yang lebih signifikan terlihat pada kategori yang lebih teknis seperti Penggunaan Peralatan dan Aplikasi Penelitian.

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa pelatihan berbasis praktik atau *hands-on training* dapat meningkatkan pemahaman teknis secara signifikan, terutama bagi peserta yang memiliki pengalaman awal lebih rendah (Williams et al., 2022). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa pelatihan semacam ini juga dapat mengurangi kesenjangan pemahaman antara kelompok peserta yang memiliki latar belakang berbeda, baik dalam hal pengetahuan dasar maupun keterampilan teknis (Anderson & Clark, 2021). Menurut (Brown & Johnson, 2020), pentingnya pendekatan yang menggabungkan teori dengan praktik untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan peserta dalam konteks laboratorium dan penelitian. Secara keseluruhan, hasil menunjukkan bahwa pelatihan berhasil meningkatkan pemahaman peserta, terutama dalam hal aplikasi alat dalam penelitian. Selain itu, meskipun peserta telah memiliki pemahaman yang lebih baik dalam beberapa aspek, pelatihan telah membantu meningkatkan keterampilan teknis peserta secara lebih drastis, sehingga mengurangi kesenjangan pemahaman yang sebelumnya pada pre-test.

Tahap Pendampingan

Tahap pendampingan dalam pelatihan ini dilakukan melalui konsultasi dan evaluasi berkala

untuk memastikan peserta dapat mengaplikasikan keterampilan yang telah diperoleh dalam riset peserta. Pada tahap awal, peserta mendapatkan sesi konsultasi untuk mengidentifikasi kebutuhan serta kendala dalam penggunaan alat laboratorium baru, diikuti dengan penyusunan rencana kerja yang memungkinkan mereka mengintegrasikan peralatan tersebut ke dalam penelitian masing-masing. Selanjutnya, pendampingan praktis dilakukan dengan memberikan bimbingan langsung dalam penggunaan alat berbasis proyek penelitian, termasuk *troubleshooting* terhadap permasalahan teknis yang muncul. Evaluasi berkala juga diterapkan melalui monitoring progres peserta, tes keterampilan, serta umpan balik dari instruktur dan peserta untuk menilai efektivitas pelatihan (Mahfut *et al.* 2021). Selain itu, peningkatan kapasitas dilakukan melalui workshop lanjutan dan kolaborasi antar peneliti guna memperkuat pemanfaatan alat dalam penelitian biologi molekuler. Dengan pendekatan ini, pelatihan tidak hanya meningkatkan efektivitas pemanfaatan laboratorium, tetapi juga memperkuat kapasitas penelitian di Universitas Lampung. Dokumentasi foto bersama setelah tahap pendampingan ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Dokumentasi Foto Bersama Setelah Tahap Pendampingan oleh Tim Kegiatan Pelatihan

KESIMPULAN

Pelatihan laboratorium yang menggabungkan teori, demonstrasi, dan hands-on training berhasil meningkatkan pemahaman peserta dalam pemanfaatan alat laboratorium, terbukti dari peningkatan skor post-test dibandingkan pre-test. Kegiatan ini efektif dalam meningkatkan kompetensi sivitas akademika dalam mengoperasikan peralatan laboratorium, yang pada akhirnya akan menunjang kualitas penelitian di bidang biologi molekuler. Saran ke depan, diperlukan pelatihan lanjutan yang lebih spesifik sesuai dengan kebutuhan penelitian, serta pendampingan lebih intensif dalam *troubleshooting* dan optimasi penggunaan alat agar efektivitas penelitian semakin meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pengadaan alat-alat penelitian baru di laboratorium Biomolekuler, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Lampung yang didanai oleh Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia melalui program Revitalisasi PRPTN dengan nomor kontrak 7969/UN26/LK.02/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, M., & Clark, J. (2021). Gender Differences in Learning Outcomes from Laboratory Training: A Comparative Study. *Journal of Science and Education*, 48(1), 75-92.
- Brown, R., & Johnson, T. (2020). *Gender Differences in Laboratory Training and Skill Acquisition in Scientific Research*. *Journal of Science Education*, 45(3), 112-128.
- Iman. (2025). *Cleaver Scientific Adakan Pelatihan Penggunaan Alat Laboratorium Terbaru kepada Dosen dan Mahasiswa Jurusan Biologi FMIPA Unila*. <https://be1lampung.com/propinsi/cleaver-scientific-adakan-pelatihan-penggunaan-alat-laboratorium-terbaru-kepada-dosen-dan-mahasiswa-jurusan-biologi-fmipa-unila>. Tanggal akses: 16 februari 2025.
- Irawan, I. (2019). *Tiga Dosen Unila Teliti Kawasan Konservasi Anggrek Alam Kebun Raya Liwa*. <https://kupastuntas.co/2019/12/17/tiga-dosen-unila-teliti-kawasan-konservasi-anggrek-alam-kebun-raya-liwa>. Tanggal akses: 9 Februari 2025.
- Mahfut. (2023^a). *Identification of Native Dendrobium Based on Morphological and Anatomical Characters in Liwa Botanical Garden*. In: *Tropical Plant Species and Technological Interventions for Improvement*. Editor(s) Muhammad Sarwar Khan. Intech Open Publisher, 1-13.
- Mahfut. (2023^b). *Konsep Konservasi Anggrek Alam Di Kebun Raya Liwa Berbasis Tiga Bidang Ilmu (Biologi, Proteksi Tanaman, dan Kecerdasan Buatan)*. In: *Pengembangan SDM Untuk Meningkatkan Daya Saing Lampung*. Editor(s) Admi Syarif. Pusaka Media, 113-133.
- Mahfut, Handayani, TT., Wahyuningsih, S., & Ernawati, E. (2020). Pemanfaatan Onggok Sebagai Pakan Alternatif Usaha Peternakan Dan Perikanan Di Desa Tambah Dadi, Kecamatan Purbolinggo, Lampung Timur. *Jurnas Pengamas*, 3(2), 139-145.
- Mahfut, Handayani, TT., Wahyuningsih, S., & Sukimin. (2021). *Identifikasi Penyakit Anggrek di Kebun Raya Liwa*. *Graha Ilmu*, 83.
- Mahfut, Heningtyas, Y., & Sukimin. (2021). Penerapan Teknologi Kesehatan Tepat Guna di Era Industri 4.0 dalam Perlindungan Anggrek Alam Terhadap Infeksi Penyakit di Kebun Raya Liwa. *Jurnal SOLMA*, 10(01), 133-140.
- Mahfut, Syarif, A., Tripeni Handayani, T., Wahyuningsih, S., Muludi, K., & Irfan Ardiansyah, M. (2023). Implementasi Aplikasi Sistem “Pakar Anggrek” Berbasis Android Di Kebun Raya Liwa. *AMMA : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(7), 799–804.
- Mahfut & Wahyuningsih, S. (2019). Pengenalan Teknik Budidaya Kelengkeng Super Sleman Berbasis Lingkungan. *Jurnal SOLMA*, 8(2), 201-209.
- Mahfut & Yulianty. (2019). Chili Cultivation Technique Using Fermentation of Liquid Organic Fertilizer as Catfish Waste Utilization in Tasik Madu Village, Merbau Mataram. *Pelita Eksakta*, 2(2), 164-171.
- Marjunus, R., Pandiangan, K.D., Amanto, Mahfut, Heningtyas, Y., dan Satria, H. (2023). Peningkatan Kualitas Pemahaman Konten dan Teknik Pengajaran Mata Pelajaran Fisika, Kimia, Matematika, Biologi, dan Teknologi Informasi Komputer (TIK). *Jurnal SOLMA*, 12(1), 204–211.
- Muslimin, Mahfut, Andriani, L., & Humaizah, F. (2023). Pendampingan Desa Devisa Melalui Budidaya Pisang Cavendish Di Desa Batanghari Ogan, Kecamatan Tegineneng, Kabupaten Pesawaran. *Jurnal SOLMA*, 12(2), 360-366.
- National Human Genome Research Institute. (2023). *Advancements in Genomic Research and Its Applications*. *NHGRI Publications*. <https://www.genome.gov>.
- Rahmawati, D., Santoso, A., & Hidayat, T. (2021). Challenges in Molecular Biology Laboratory Training: Impact on Research and Innovation in Biotechnology. *Journal of Biotechnology and Molecular Research*, 15(2), 112-125.
- Smith, A., Doe, J., & Lee, K. (2021). *Impact of Hands-on Training on Laboratory Skill Development: A Gender-Based Analysis*. *International Journal of STEM Education*, 8(2), 57-72.

- Williams, P., Smith, L., & Taylor, R. (2022). The Impact of Hands-on Training on Laboratory Skills Development in Higher Education. *International Journal of STEM Education*, 9(2), 134-150.
- World Health Organization. (2022). *Strengthening Molecular Biology Laboratories for Genomic Research in Developing Countries*. WHO Technical Report Series. <https://www.who.int>.
- Zamroni, Putri, TE, & Prihandoko, SW. (2021). *Laporan Tahunan Balai Besar POM di Bandar Lampung*. Badan POM, 1-74.