

Fitriah Khoirunnisa, Trisna Amelia, Nadia Amida, Geterudis Kerans, dan  
Misbah

# **INOVASI PRAKTIKUM IPA BERBASIS PROYEK DAN INQUIRY UNTUK PEMBELAJARAN BERKELANJUTAN**



# **INOVASI PRAKTIKUM IPA BERBASIS PROYEK DAN INQUIRY UNTUK PEMBELAJARAN BERKELANJUTAN**

**Penulis** : Fitriah Khoirunnisa, Trisna Amelia, Nadia  
Amida, Geterudis Kerans, dan Misbah  
**Editor** : Dr. Febrian Andi Hidayat, M.Pd  
**Layout & Desain Cover** : Isnawati, S.Pd, M.Pd.

Diterbitkan oleh :

**CV DHARMA SAMAKTA EDUKHATULISTIWA**

Jl. R.H. Didi Sukardi, Komp. SMAN 1 Kota Sukabumi,  
Sukabumi, Indonesia

Website: <https://edukhatulistiwa.com>

E-mail: [dharmasamaktaedu@gmail.com](mailto:dharmasamaktaedu@gmail.com)

Telp/Wa: 085759155966

ISBN

vii + 136 halaman, 15,5 x 23 cm

Cetakan Pertama: Mei 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk  
dan dengan cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Isi Diluar Tanggung Jawab Percetakan

## PRAKATA

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku *Inovasi Praktikum IPA Berbasis Proyek dan Inquiry untuk Pembelajaran Berkelanjutan* ini dapat diselesaikan dengan baik.

Buku ini lahir dari kegelisahan sekaligus harapan terhadap praktik pendidikan IPA di tengah berbagai tantangan global abad ke-21. Perubahan iklim, pencemaran lingkungan, krisis energi, degradasi ekosistem, serta rendahnya literasi keberlanjutan menunjukkan bahwa pendidikan sains tidak lagi cukup berorientasi pada penguasaan konsep semata. Pendidikan IPA perlu berkembang menjadi ruang pembelajaran yang mampu membangun kemampuan berpikir kritis, scientific inquiry, kesadaran ekologis, serta tanggung jawab terhadap keberlanjutan kehidupan di masa depan.

Dalam konteks tersebut, praktikum IPA memiliki posisi yang sangat penting. Laboratorium tidak hanya berfungsi sebagai tempat membuktikan teori, tetapi juga sebagai ruang belajar ilmiah yang memungkinkan peserta didik mengalami proses investigasi, eksplorasi, refleksi, dan pengambilan keputusan berbasis bukti. Namun demikian, praktik laboratorium di berbagai konteks pendidikan masih sering bersifat prosedural, verifikatif, dan minim keterkaitan dengan persoalan nyata maupun isu keberlanjutan. Kondisi inilah yang mendorong perlunya transformasi pedagogi praktikum IPA menuju pembelajaran yang lebih kontekstual,

partisipatif, berbasis proyek dan inquiry, serta berorientasi pada keberlanjutan.

Buku ini merupakan hasil refleksi dan translasi ilmiah dari berbagai kajian dan penelitian para penulis pada Program Studi S3 Pendidikan IPA Universitas Pendidikan Indonesia. Setiap bab menghadirkan inovasi pedagogi laboratorium dan praktikum IPA yang dikembangkan berdasarkan paradigma *Education for Sustainable Development* (ESD). Pembahasan dalam buku mencakup praktikum kimia hijau skala mikro berbasis proyek, praktikum mikrobiologi berbasis riset pada topik bioremediasi logam berat, pendekatan inquiry dalam laboratorium IPA, pengembangan praktikum berbasis proyek, hingga penguatan laboratorium berorientasi keberlanjutan dan literasi sains.

Buku ini tidak dimaksudkan sebagai laporan penelitian semata, melainkan sebagai upaya menghadirkan gagasan, model, dan perspektif pedagogi laboratorium yang dapat menjadi referensi bagi dosen, mahasiswa, guru, peneliti, maupun praktisi pendidikan IPA. Melalui berbagai inovasi yang disajikan, buku ini diharapkan dapat memberikan inspirasi dalam mengembangkan pembelajaran laboratorium yang lebih reflektif, bermakna, aman, ramah lingkungan, dan relevan dengan tantangan masa kini.

Kami menyadari bahwa transformasi pendidikan IPA tidak dapat dilakukan secara parsial. Diperlukan sinergi antara kurikulum, kebijakan pendidikan, pengembangan pedagogi, kesiapan dosen dan guru, serta dukungan lingkungan belajar yang memungkinkan peserta didik mengalami praktik sains secara autentik dan

bertanggung jawab. Oleh karena itu, buku ini merupakan bagian kecil dari ikhtiar kolektif untuk memperkuat posisi pendidikan IPA sebagai sarana membangun budaya ilmiah dan keberlanjutan di masyarakat.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada penerbit Dharma Samakta Edukhatulistiwa atas kepercayaan dan kerja samanya dalam proses penerbitan buku ini. Apresiasi juga kami sampaikan kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan akademik, moral, dan intelektual selama proses penyusunan buku ini.

Akhirnya, kami berharap buku ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan pendidikan IPA di Indonesia, khususnya dalam transformasi praktikum dan laboratorium menuju pembelajaran yang lebih inovatif dan berkelanjutan. Semoga gagasan yang tertuang dalam buku ini dapat terus dikembangkan, didiskusikan, dan disempurnakan demi kemajuan pendidikan sains dan keberlanjutan di masa depan.

Bandung, Mei 2026

Tim Penulis

# DAFTAR ISI

<i>PRAKATA</i> .....	<i>iii</i>
<i>DAFTAR ISI</i> .....	<i>vi</i>
<i>BAB I PENDAHULUAN</i> .....	<i>1</i>
1.    Praktikum IPA dalam Konteks Keberlanjutan.....	1
2.    Tantangan Praktikum IPA Konvensional.....	3
3.    Inovasi Pedagogi Praktikum IPA.....	6
4.    Praktikum IPA Berorientasi Keberlanjutan.....	7
5.    Tujuan dan Kontribusi Buku.....	9
<i>BAB II PRAKTIKUM KIMIA HIJAU SKALA MIKRO BERBASIS PROYEK UNTUK PENGUATAN LITERASI KEBERLANJUTAN</i> .....	<i>11</i>
1.    Pendidikan Kimia Hijau sebagai Landasan Kesadaran Keberlanjutan.....	11
2.    Penguatan Keterampilan Proses Sains .....	21
3.    Pengembangan Kesadaran Keberlanjutan.....	23
4.    Desain Praktikum Khimpro sebagai Inovasi Pedagogi Laboratorium .....	25
<i>BAB III PRAKTIKUM MIKROBIOLOGI BERBASIS RISET PADA TOPIK BIOREMEDIASI LOGAM BERAT</i> .....	<i>35</i>
1.    Bioremediasi Logam Berat dalam Perspektif Mikrobiologi Lingkungan.....	35
2.    Praktikum Mikrobiologi Berbasis Riset .....	38
2.    Kontribusi terhadap Penguatan Keterampilan Proses Sains dan Berpikir Reflektif Mahasiswa .....	46
<i>BAB IV PRAKTIKUM ISOLASI DNA JERUK LOKAL UNTUK PENGUATAN BERPIKIR SISTEM</i> .....	<i>53</i>
1.    Konsep Isolasi DNA dalam Pembelajaran Biokimia.....	53
2.    Pemanfaatan Sumber Daya Lokal dalam Praktikum Biokimia ....	55
3.    Desain Praktikum Isolasi DNA Jeruk Lokal.....	59
4.    Penguatan Kemampuan Berpikir Sistem Mahasiswa.....	75

<b><i>BAB V PRAKTIKUM AUTHENTIC INQUIRY PADA TOPIK NYALÉ DALAM PEMBELAJARAN IPA</i></b> .....	85
1. Fenomena <i>Nyalé</i> dalam Perspektif Sains dan Budaya .....	85
2. Pendekatan Authentic Inquiry dalam Pembelajaran Sains .....	90
3. Desain Praktikum Authentic Inquiry Project tentang <i>Nyalé</i> .....	93
4. Penguatan Berpikir Kritis dan Kreatif Mahasiswa.....	96
<b><i>BAB VI Praktikum Fisika Fluida Berbasis Argumentation-Driven Inquiry</i></b> .....	103
1. Landasan Teoretis.....	103
2. Prinsip Desain ADI Lab pada Perkuliahan Fisika Fluida .....	107
3. Rancangan Implementasi dalam Satu Semester .....	110
4. Contoh Skenario ADI Lab .....	114
5. Asesmen: Menilai Argumen, Proses, dan Produk .....	118
6. Integrasi Teknologi dan Konteks Lokal.....	121
7. Tantangan Implementasi dan Strategi Pemecahan .....	123
8. Implikasi bagi Dosen, Laboratorium, dan Kurikulum .....	125
<b><i>BIOGRAFI PENULIS</i></b> .....	131

## Daftar Pustaka

- Aikowe, L. D., & Mazancova, J. (2022). Pro-environmental awareness of university students – assessment through sustainability literacy test. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 24(3), 719–741. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-06-2021-0219>
- Anastas, P., & Eghbali, N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice. *Chemical Society Reviews*, 39, 301–312. <https://doi.org/10.1039/b918763b>
- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). Principles of Green Chemistry. In *Green chemistry: Theory and practice*. [masurichemistry.lecture.ub.ac.id](http://www.masurichemistry.lecture.ub.ac.id). <http://www.masurichemistry.lecture.ub.ac.id/files/2013/09/3-Prinsip-Green-Chemistry.pdf>
- Andraos, J., & Matlack, A. S. (2022). *Introduction to green chemistry* (Third). CRC Press Taylor & Francis Group. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781003033615>
- Araripe, E., & Zuin Zeidler, V. G. (2024). Advancing sustainable chemistry education: Insights from real-world case studies. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 9, 100436. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2024.100436>
- Brotherton, P. N., & Preece, P. F. W. (1995). Science process skills: Their nature and interrelationships. *Research in Science & Technological Education*, 13(1), 5–11. <https://doi.org/10.1080/0263514950130101>
- Condliffe, B., Quint, J., Visher, M. G., Bangser, M. R., Drohojowska, S., Saco, L., & Nelson, E. (2017). *Project-Based Learning: A Literature Review*. MDRC Building Knowledge to Improve Social Policy. <https://eric.ed.gov/?id=ED578933>
- Elvan, İ., Güven, E., & Aydoğdu, M. (2010). Effect of problem solving method on science process skills and academic achievement. *Journal of Turkish Science Education*. <http://tused.org/index.php/tused/article/view/533>

- Filho, W. L., Frankenberger, F., Salvia, A. L., Azeiteiro, U. M., Álvés, F., Castro, P. M., Will, M., Platje, J., Lovren, V. O., Brandli, L. L., Price, E., Doni, F., Mifsud, M. C., & Ávila, L. V. (2021). A Framework for the Implementation of the Sustainable Development Goals in University Programmes. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126915>
- Hoffman, K., & Dicks, A. (2023). Incorporating the United Nations Sustainable Development Goals and green chemistry principles into high school curricula. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 16(1). <https://doi.org/10.1080/17518253.2023.2185108>
- Hugerat, M. (2020). Incorporating Sustainability into Chemistry Education by Teaching through Project-Based Learning [Chapter]. *ACS Symposium Series: Chemistry Education for a Sustainable Society, 1*, 79–96. <https://doi.org/10.1021/bk-2020-1344.ch007>
- Hurst, G. A. (2020). Systems thinking approaches for international green chemistry education. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 21, 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.02.004>
- Hutchison, J. E. (2019). Systems Thinking and Green Chemistry: Powerful Levers for Curricular Change and Adoption. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2777–2783. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00334>
- Karpudewan, M. (2011). Green Chemistry: Educating Prospective Science Teachers in Education for Sustainable Development at School of Educational Studies, USM. *Journal of Social Sciences*, 7(1), 42–50. <https://doi.org/10.3844/jssp.2011.42.50>
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267–277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>
- Krajcik, J S, & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning. In *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317–333). knilt.arcc.albany.edu.

[https://knilt.arcc.albany.edu/images/4/4d/PBL\\_Article.pdf](https://knilt.arcc.albany.edu/images/4/4d/PBL_Article.pdf)

- Krajcik, Joseph S., & Blumenfeld, P. C. (2005). Project-Based Learning. In *The Cambridge Handbook of The Learning Sciences* (pp. 317–333). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.020>
- Lestari, N. A., Sulistyowati, D., Dellatiani, Y., Irawan, N. Z. P., Fadhilah, A., & Muyassaroh, A. (2024). Implementation of green chemistry approaches in chemistry labs instruction: A systematic literature review. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 16(3), 263–277. <https://doi.org/10.24114/jpkim.v16i3.63398>
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Engel, R. G. (2002). *Microscale and Macroscale: Techniques in the Organic Laboratory*. Emily Barrosse.
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Engel, R. G. (2018). *A Microscale Approach to Organic Laboratory Techniques* (Sixth). Cengage Learning.
- Rustaman, N. (2022). *Kompetensi Dasar Bekerja Ilmiah dan Penerapannya dalam Pendidikan IPA* (S. Redjeki (ed.); I). UPI Press.
- Sánchez Morales, R., Sáenz-López, P., & de las Heras Perez, M. A. (2024). Green Chemistry and Its Impact on the Transition towards Sustainable Chemistry: A Systematic Review. *Sustainability* (Switzerland), 16(15). <https://doi.org/10.3390/su16156526>
- UNESCO. (2020). *Guide for the effective dissemination of the asia pacific ESD teacher competency framework*.
- Veselov, G. E., Pljonkin, A. P., & Fedotova, A. Y. (2019). Project-based learning as an effective method in education. *Proceedings of the 2019 ...* <https://doi.org/10.1145/3341042.3341046>
- Zimmerman, J. B., Anastas, P. T., Erythropel, H. C., & Leitner, W. (2020). Designing for a green chemistry future. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.aay3060>

## Daftar Pustaka

- Alabssawy, A.N., Hashem, A.H. (2024). Bioremediation of hazardous heavy metals by marine microorganisms: a recent review. *Arch Microbiol* **206**, 103. <https://doi.org/10.1007/s00203-023-03793-5>
- Amelia, T., Liliyasi, Kusnadi, & Aditiawati, P. (2023a). Isolation and characterization of potential indigenous bacteria from the former bauxite mining area for heavy metal reduction. *Biodiversitas*, **24**(9), 5096–5104. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240954>
- Amelia, T., Liliyasi, Kusnadi, & Aditiawati, P. (2023b). Need Analysis for Developing Microbiology Practical Program in the Topic of Heavy Metals Bioremediation Microorganisms. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, **9**(6), 4508–4516. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.3579>
- Amelia, T., Liliyasi, Kusnadi, Aditiawati, P. (2025). *Pengembangan Program Praktikum Mikrobiologi Eksplorasi Bakteri potensial Bioremediasi Logam Berat untuk Meningkatkan Keterampilan Riset dan Berpikir Reflektif Mahasiswa* (Disertasi doctoral, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Auchincloss, L. C., Laursen, S. L., Branchaw, J. L., Eagan, K., Graham, M., Hanauer, D. I., Lawrie, G., McLinn, C. M., Pelaez, N., Rowland, S., Towns, M., Trautmann, N. M., Varma-Nelson, P., Weston, T. J., & Dolan, E. L. (2014). Assessment of course-based undergraduate research experiences: A meeting report. *CBE Life Sciences Education*, **13**(1), 29–40. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-01-0004>
- Fulke, A. B., Ratanpal, S., & Sonker, S. (2024). Understanding heavy metal toxicity: Implications on human health, marine ecosystems and bioremediation strategies. *Marine Pollution Bulletin*, **206**, 116707. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116707>
- Galasso, F., Frank, A. B., & Foster, W. J. (2025). Heavy metal toxicity and its role as a major driver of past biodiversity

- crises. *Communications Earth & Environment*, 6, 780. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02781-5>
- Jomova, K., Alomar, S. Y., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2024). Heavy metals: Toxicity and human health effects. *Archives of Toxicology*. <https://doi.org/10.1007/s00204-024-03903-2>
- Karnwal A, Martolia S, Dohroo A, Al-Tawaha ARMS and Malik T. (2024). Exploring bioremediation strategies for heavy metals and POPs pollution: the role of microbes, plants, and nanotechnology. *Front. Environ. Sci.* 12:1397850. doi: 10.3389/fenvs.2024.1397850
- Kondakindi, V.R., Ranjit, P., Erukulla, P. (2024). Bioremediation of heavy metals-contaminated sites by microbial extracellular polymeric substances – A critical view.
- Ratnapradipa, D. (2024). Environment and health: Heavy metal toxicity. *FP Essentials*, 545, 13–18.
- Tang, H., et al. (2024). Microbial mediated remediation of heavy metals: mechanisms and applications. *Frontiers in Microbiology / Plant Science*.
- Zhu, D. (2025). Heavy metal contamination and its effects on ecosystems and human health: Challenges and solutions. *Toxics*, 13(10), 837. <https://doi.org/10.3390/toxics13100837>

## Daftar Pustaka

- Alshamrani, S. M., Safhi, F. A., Alshaya, D. S., Ibrahim, A. A., Mansour, H., & El Moneim, D. A. (2022). Genetic diversity using biochemical, physiological, karyological and molecular markers of *Sesamum indicum* L. *Frontiers in Genetics*, *13*. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.1035977>
- Amida, N. (2025). *Praktikum biokimia isolasi DNA jeruk lokal Bengkulu untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem mahasiswa* (Disertasi doktoral, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Amida, N., Nahadi, N., Supriyanti, F. M. T., & Liliyasi, L. (2024a). Analisis Bibliometrik Menggunakan Vosviewer: Trend Riset Keterampilan Berpikir Sistem Dalam Pendidikan Kimia. *Alotrop*, *8*(1), 12–21. <https://doi.org/10.33369/alo.v8i1.32623>
- Amida, N., Nahadi, N., Supriyanti, F. M. T., Liliyasi, L., Maulana, D., Ekaputri, R. Z., & Utami, I. S. (2024b). Phylogenetic Analysis of Bengkulu Citrus Based on DNA Sequencing Enhanced Chemistry Students' System Thinking Skills: Literature Review with Bibliometrics and Experiments. *Indonesian Journal of Science and Technology*, *9*(2), 337–354. <https://doi.org/10.17509/ijost.v9i2.67813>
- Burrows, N. L., Ouellet, J., Joji, J., & Man, J. (2021). Alternative Assessment to Lab Reports: A Phenomenology Study of Undergraduate Biochemistry Students' Perceptions of Interview Assessment. *Journal of Chemical Education*, *98*(5), 1518–1528. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00150>
- Chen, H., Rangasamy, M., Tan, S. Y., Wang, H., & Siegfried, B. D. (2010). Evaluation of five methods for total DNA extraction from western corn rootworm beetles. *PLoS ONE*, *5*(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011963>
- Colpaert, N., Cavers, S., Bandou, E., Caron, H., Gheysen, G., & Lowe, A. J. (2005). Sampling tissue for DNA analysis of trees: Trunk cambium as an alternative to canopy leaves. *Silvae Genetica*, *54*(6), 265–269. <https://doi.org/10.1515/sg-2005-0038>

- de Lencastre, A., Thomas Torello, A., & Keller, L. C. (2017). An investigative graduate laboratory course for teaching modern DNA techniques. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 45(4), 351–359. <https://doi.org/10.1002/bmb.21048>
- Doyle, J. J., & Doyle, J. L. (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12(1), 13–15.
- Gokarn, R. (2016). Strategies for purification of proteins and nucleic acids. *Methods in Molecular Biology*, 1385, 1–15.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54.
- Kang, B.-C., Bae, S.-J., Lee, S., Lee, J. S., Kim, A., ... & Kim, J.-S. (2021). Chloroplast and mitochondrial DNA editing in plants. *Nature Plants*, 7(7), 899–905. <https://doi.org/10.1038/s41477-021-00943-9>
- Mahaffy, P. G., Matlin, S. A., Holme, T. A., & MacKellar, J. (2019). Systems thinking for education about the molecular basis of sustainability. *Nature Sustainability*, 2(5), 362–370. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0285-3>
- Mahaffy, P. G., Matlin, S. A., Whalen, J. M., & Holme, T. A. (2019). Integrating the Molecular Basis of Sustainability into General Chemistry through Systems Thinking. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2730–2741. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00390>
- Muthi'ah, S. N., & Jannah, M. (2023). Analisis Filogenetik Pada Spesies Jeruk (*Citrus* sp.) Berdasarkan Sekuens ITS Secara in Silico. *BIO-SAINS: Jurnal Ilmiah Biologi*, 2(2), 62–66. <https://doi.org/10.34005/bio-sains.v2i2.2106>
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2004). *Lehninger Principles of Biochemistry Fourth Edition*. USA: W.H Freeman.
- Plate, R., & Monroe, M. (2014). A structure for assessing systems thinking. *The Creative Learning Exchange*, 23(1), 1–4.
- Rahayu, D. A., & Jannah, M. (2019). *Dna Barcode Hewan Dan Tumbuhan Indonesia*. 9–25.
- Robles, P., & Quesada, V. (2021). Organelle genetics in plants.

- International Journal of Molecular Sciences*, 22(4), 2104.  
<https://doi.org/10.3390/ijms22042104>
- Sambrook, J., & Russell, D. W. (2001). *Molecular cloning: A laboratory manual* (3rd ed.). Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Sharpe, Nadine. (2005). *Recipes for Buffers and Other Laboratory Solutions Used in Electrophoresis, PCR and DNA Extraction*. Canada: Department of Biology, Queen's University
- Surzycki, S. (2003). *Basic techniques in molecular biology*. Springer.
- Triani, N. (2020). Isolasi Dna Tanaman Jeruk Dengan Menggunakan Metode Ctab (Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide). *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech*, 3(2), 221–226.  
<https://doi.org/10.33379/gtech.v3i2.419>
- Uyulgan, M. A., & Akkuzu, N. (2018). Educational short videos to utilize in the biochemistry laboratory: Opinions of university students. *Journal of Baltic Science Education*, 17(3), 496–510.  
<https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.496>
- Vierstraete, Andy. 1999. *Principle of the PCR*. University of Ghent.  
<http://users.ugent.be/~avierstr/principles/pcr.html> diakses tanggal 18 Maret 2023
- Waugh, J. (2007). DNA barcoding in animal species: progress, potential and pitfalls. *Bioessays*, 29(2), 188–197.  
<https://doi.org/10.1002/bies.20529>
- Zumbo, P. (2013). *Ethanol Precipitation*. USA: Weill Cornell Medical College

## Daftar Pustaka

- Abrami, P. C., Bernard, R.M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Anne W. C., Persson, T. (2014). Strategies for Teaching Students to Think Critically: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*. 85, 275-314.
- Fauchald, K. (1970). Polychaetous annelids of the families Eunicidae, Lumbrineridae, Iphitimidae, Arabellidae, Lysaretidae and Dorvilleidae from western Mexico. *Allan Hancock Monographs in Marine Biology*.
- Fauchald, K. (1977). The Polychaete Worms Definitions and Keys to the Orders, Families and Genera. Natural History Museum Of Los Angeles Country -The Allan Hancock Foundation University Of Southern California. Los Angeles: 198 hlm.
- Hattie J. (2008). Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. Routledge
- Kerans, G., Sanjaya, Y., Liliyasi. (2024a). Nyale: Sumba's Typical Polychaeta in Cultural and Science Studies as Authentic Science Learning Materials. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10 (7).
- Kerans, G., Sanjaya, Y., Liliyasi. (2024b). Authentic Inquiry in Science Education Between 2003 and 2023 : A Bibliometric Analysis Use RStudio. 2024, 91–101.
- Kerans, G., Yayan S., Liliyasi, Joko, P., Yustinus, G.A. (2024c). Authentic-Inquiry-Project about Nyale on Science Teachers Critical and Creative Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 13 (4), 551-561.
- Kerans, G., Yayan S., Liliyasi, Joko, P., Yustinus, G.A. (2024d). Effect of Substrate and Water on Cultivation of Sumba Seaworm (*Nyale*) and Experimental Practicum Design for Improving Critical and Creative Thinking Skills of Prospective Science Teacher in Biology and Supporting Sustainable Development Goals (SDGs). *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 4(3), 383-404.
- Ku, K. Y. L., Ho, I. T., Hau, K. T., & Lai, E. C. M. (2014). Integrating direct and inquirybased instruction in the teaching of critical thinking: an intervention study. *Instructional Science*, 42 (2), 251–269.
- Koray, Ö & Köksal, S. M. (2009). The Effect of Creative and Critical Thinking Based Laboratory Applications on Creative and Logical

- Thinking Abilities of Prospective Teachers. *Journal of Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10 (1).
- Kutlu, N., & Gökdere, M. (2015). The effect of purdue modelbased science teaching on creative thinking. *International Journal of Education and Research*, 3(3), 589–599.
- Olive, P. J. W. (1999). Polychaete aquaculture and polychaete science: A mutual synergism. *Hydrobiologia*, 402, 175–183. <https://doi.org/10.1023/a:1003744610012>.
- Pamungkas, J. (2009). Pengamatan Jenis Cacing Laor (Annelida, Polychaeta) di Perairan Desa Latuhalat Pulau Ambon dan Aspek Reproduksi. *Triton* 5(2): 1-10.
- Pitchford, A., Owen, D., & Stevens, E. (2020). *A handbook for authentic learning in higher education: Transformational learning through real world experiences*. Routledge.
- Teplà, M. & Petr D. (2025). The impact of long-term inquiry-based science education on students' motivation and knowledge acquisition: the role of gender, subject, and level of inquiry. *Humanities and social sciences communications*, 12: 239.
- Verdonschot, P. F. (2015). Introduction to Annelida and the class Polychaeta. In Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates* (pp. 509-528). Academic Press.
- Vieira, R. M & Tenreiro V. C. (2014) Fostering Scientific Literacy and Critical Thinking in Elementary Science Education. *Int J of Sci and Math Educ*. DOI 10.1007/s10763-014-9605-2.
- Wang, J., Guo, D., & Jou, M. (2015). A study on the effects of model-based inquiry pedagogy on students' inquiry skills in a virtual physics lab. *Computers in Human Behavior*, 49, 658-669.
- Wang, Y. A. (2011). Contexts of Creative Thinking: A Comparison on Creative Performance of Student Teachers in Taiwan and the United States. *Jurnal of International and cross-Cultural Studies*, 2 (1).

## Daftar Pustaka

- American Association of Physics Teachers*. (2014). AAPT Committee on Laboratories.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26–55. <https://doi.org/10.1002/sce.20286>
- Çetin, P. S., & Eymur, G. (2017). Developing students' scientific writing and presentation skills through argument driven inquiry: an exploratory study. *Journal of Chemical Education*, 94(7), 837–843.
- Clevenger, L., Teshera-Levy, J., Walker, J. P., & Vance-Chalcraft, H. D. (2023). Using an observation protocol to evaluate student argumentation skills in introductory biology laboratories. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 24(2), 00209–22. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00209-22>
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915–933. <https://doi.org/10.1002/sce.20012>
- Fakhriyah, F., Rusilowati, A., & Susilaningsih, E. (2021). Argument-driven inquiry learning model: a systematic review. *International Journal of Research in Education and Science*, 7(3), 767–784. <https://doi.org/10.46328/ijres.2001>
- Freeman, S., Eddy, S., McDonough, M., Smith, M., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Hosbein, K. N., Lower, M. A., & Walker, J. P. (2021). Tracking student argumentation skills across general chemistry through argument-driven inquiry using the assessment of scientific argumentation in the classroom observation protocol. *Journal of Chemical Education*, 98(6), 1875–1887.
- Katchevich, D., Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2013).

- Argumentation in the chemistry laboratory: Inquiry and confirmatory experiments. *Research in Science Education*, 43, 317–345. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9267-9>
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994–1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Sampson, V., Enderle, P. J., & Walker, J. P. (2012). The development and validation of the Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom (ASAC) observation protocol. In M. S. Khine (Ed.), *Perspectives on scientific argumentation: Theory, practice and research* (pp. 235–264). Springer.
- Sampson, V., Hutner, T. L., FitzPatrick, D., LaMee, A., & Grooms, J. (2017). *Argument-Driven Inquiry in physics: Volume 1, Mechanics lab investigations for grades 9–12*. NSTA Press.
- Schäfle, C., & Kautz, C. H. (2021). Student reasoning in hydrodynamics: Bernoulli's principle versus the continuity equation. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 10147. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.010147>
- Suarez, A., Dutra, M., Monteiro, M., & Marti, A. C. (2020). *Bernoulli's muddle: A research on students*.
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument* (Updated). Cambridge University Press.
- Walker, J. P., & Sampson, V. (2013a). Argument-driven inquiry: Using the laboratory to improve undergraduates' science writing skills through meaningful science writing, peer-review, and revision. *Journal of Chemical Education*, 90(10), 1269–1274.
- Walker, J. P., & Sampson, V. (2013b). Learning to argue and arguing to learn: argument-driven inquiry as a way to help undergraduate chemistry students learn how to construct arguments and engage in argumentation during a laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 561–596.

- Walker, J. P., Sampson, V., & Zimmerman, C. O. (2011). Argument-driven inquiry: An introduction to a new instructional model for use in undergraduate chemistry labs. *Journal of Chemical Education*, 88(8), 1048–1056.
- Weaver, G. C., Russell, C. B., & Wink, D. J. (2008). Inquiry-based and research-based laboratory pedagogies in undergraduate science. *Nature Chemical Biology*, 4, 577–580. <https://doi.org/10.1038/nchembio1008-577>

## BIOGRAFI PENULIS

**Dr. Fitriah Khoirunnisa, S.Pd., M.Ed.**



Fitriah Khoirunnisa lahir di Samarinda pada 30 Juli 1989. Ia menempuh pendidikan Strata Satu (S-1) pada Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Mulawarman (UNMUL), Samarinda, dan lulus pada tahun 2011. Pada tahun yang sama, ia melanjutkan studi Strata Dua (S-2) pada bidang *Chemistry Education* di Universiti Teknologi Malaysia (UTM) melalui program Beasiswa Kaltim-Cemerlang, yang diselesaikan pada tahun 2013. Komitmennya terhadap pengembangan pendidikan sains kemudian dilanjutkan melalui studi Strata Tiga (S-3) pada Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam pada periode 2021–2025 dengan dukungan Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI). Sejak tahun 2013, ia mengabdikan sebagai dosen pada Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH), serta saat ini terlibat dalam pengelolaan Pendidikan Profesi Guru (PPG). Dalam menjalankan perannya sebagai akademisi, ia aktif melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi pada bidang pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat, khususnya yang berkaitan dengan pendidikan kimia dan pengembangan profesionalisme guru serta calon guru. Bidang kajian akademiknya meliputi inovasi pembelajaran kimia berkelanjutan, integrasi *green chemistry* dalam pendidikan kimia, strategi dan evaluasi pembelajaran sains, serta pengembangan bahan ajar dan media pembelajaran berorientasi budaya lokal. Kepakaran tersebut secara khusus diarahkan pada penguatan kompetensi calon guru IPA/kimia di wilayah kepulauan yang sering menghadapi keterbatasan fasilitas laboratorium dan sumber belajar. Melalui berbagai kajian dan inovasi yang dikembangkan, ia berupaya menghadirkan praktik pendidikan kimia yang adaptif, berorientasi pada *Education for Sustainable Development* (ESD), serta relevan

dengan tantangan pendidikan sains di wilayah kepulauan.  
([fitriahk@umrah.ac.id](mailto:fitriahk@umrah.ac.id))

## Dr. Trisna Amelia, S.Pd., M.Pd.



**Trisna Amelia** lahir di Solok pada 19 September 1988. Ia menempuh pendidikan Strata Satu pada Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Riau, Pekanbaru, dan lulus pada tahun 2010. Pada 2011, penulis melanjutkan pendidikan Strata 2 (Magister Pendidikan Biologi) di Universitas Negeri Padang yang diselesaikan pada tahun 2013. Pada tahun 2021, penulis melanjutkan pendidikan Doktorat di bidang Pendidikan

IPA hingga selesai pada tahun 2025 dengan dukungan Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) di Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. Sejak akhir 2013, penulis menjalani karir profesional sebagai dosen di Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH). Pada tahun 2025, penulis aktif menjadi pengelola dan menjalankan tugas tambahan sebagai koordinator Program Studi Pendidikan Profesi Guru (PPG) di kampus yang sama. Sebagai seorang akademisi, penulis berperan aktif dalam kegiatan Tridarma Perguruan Tinggi yaitu di bidang pengajaran, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat khususnya pada bidang pendidikan Biologi. Penulis mengampu mata kuliah Mikrobiologi, Biologi Sel, Strategi Pembelajaran Biologi, dan Metode Penelitian Pendidikan. Penulis menunjukkan komitmen dan konsistensi dalam pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui pembelajaran Biologi. Penulis telah menghasilkan karya berupa publikasi ilmiah dan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) di bidang pembelajaran biologi seperti media *virtual-lab* dan buku ajar. ([trisna.amelia@umrah.ac.id](mailto:trisna.amelia@umrah.ac.id))

## **Dr. Nadia Amida, S.Pd., M.Pd**



Nadia Amida lahir di Ujung Gading pada 28 Oktober 1990. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 04 Nusantara Barat (1997–2002), kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Lembah Melintang (2002–2004), dan SMAN 1 Lembah Melintang (2004–2006). Ketertarikan penulis pada bidang sains, khususnya kimia, mulai berkembang sejak masa sekolah menengah dan menjadi landasan dalam perjalanan akademik penulis. Pada tahun 2009, penulis melanjutkan studi ke Program Studi Pendidikan Kimia di Universitas Negeri Padang dan berhasil meraih gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.) pada tahun 2013. Komitmen penulis dalam bidang pendidikan kimia kemudian dilanjutkan dengan menempuh pendidikan Magister (S2) di Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia pada tahun 2014, dan lulus pada tahun 2016 dengan gelar Magister Pendidikan (M.Pd.). Dedikasi penulis terhadap pengembangan ilmu dan pendidikan mendorong penulis untuk melanjutkan studi doctoral pada Program Studi Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia pada tahun 2021. Penulis berhasil meraih gelar Doktor (Dr.) pada tahun 2025 dengan fokus penelitian pada inovasi pembelajaran sains dan pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Sejak tahun 2018, penulis berkarier sebagai dosen pada Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Bengkulu. Dalam perannya sebagai akademisi, penulis aktif dalam kegiatan pengajaran, penelitian, serta pengabdian kepada masyarakat, khususnya dalam pengembangan pembelajaran biokimia dan integrasi konteks lokal dalam pendidikan sains. Untuk keperluan akademik dan korespondensi, penulis dapat dihubungi melalui email: [nadia.amida@gmail.com](mailto:nadia.amida@gmail.com).

## Dr. Geterudis Kerans, S.Pd., M.Sc.



Geterudis Kerans, lahir di Hombakaripit, Sumba Barat Daya, Provisnsi Nusa Tenggara Timur pada tanggal 26 Juni 1990. Riwayat Pendidikan dimulai di SDK Waibalun II lulus tahun 2002, dilanjutkan ke SMPK Ratu Damai Waibalun lulus tahun 2005, SMAK St. Yohanes Paulus II Waibalun lulus tahun 2008. Penulis beristirahat selama 1 tahun sebelum melanjutkan studi ke Pendidikan tinggi. Penulis menempuh Pendidikan tinggi jenjang S1 di Program Studi Pendidikan

Biologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta dan lulus tahun 2013. Pada tahun 2013, penulis diterima menjadi pengajar di Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan (STKIP) Weetebula dan bertugas di Program Studi Matematika. Setelah 2 tahun mengajar penulis kemudian melanjutkan study S2 pada tahun 2015. Penulis melanjutkan Study S2 di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan lulus pada tahun 2017. Setelah lulus, penulis melanjutkan tugas sebagai Dosen di STKIP Weetebula dengan *homebased* di Program Studi Pendidikan Matematika. Penulis mengampuh mata kuliah Biologi Dasar dan mata kuliah strategi pembelajaran di beberapa Program studi. Pada tahun 2019, Penulis kemudian dipindahkan ke Program Studi Pendidikan IPA yang merupakan program studi baru dan diangkat sebagai Ketua Program Studi hingga saat ini. Pada tahun 2021, penulis Kembali melanjutkan Pendidikan doktoral (S3) di Program Studi Pendidikan IPA Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis memiliki keahlian pada bidang Pendidikan IPA, dengan keminatan pada pengembangan pembelajaran IPA khususnya pada konten Biologi. Penulis menekuni pembelajaran berbasis *authentic inquiry project* karena penulis meyakini bahwa melalui pembelajaran IPA yang autentik dengan langkah ilmiah akan memberikan ruang bagi pembelajaran yang aktif dan berdampak bagi keberlanjutan. ([geterudiskerans@gmail.com](mailto:geterudiskerans@gmail.com))

**Dr. Misbah, S.Pd., M. Pd.**



Misbah lahir pada tanggal 16 Agustus 1988. Menempuh S1 Program Studi (Prodi) Pendidikan Fisika Universitas Lambung Mangkurat (ULM) (lulus tahun 2009), S2 Prodi Pendidikan Sains Universitas Negeri Yogyakarta (lulus tahun 2012), dan S3 Prodi Pendidikan IPA Universitas Pendidikan Indonesia (lulus tahun 2025). Misbah merupakan dosen di Jurusan Pendidikan Fisika ULM sejak tahun 2015 hingga sekarang. Bidang keahlian pada inovasi pembelajaran fisika berbasis pemecahan masalah dan kearifan lokal dalam pembelajaran fisika. (misbah\_pfis@ulm.ac.id)