

**IMPROVING THE COMPETENCY OF MOLECULAR GENETICS FOR MGMP  
BIOLOGY TEACHERS IN SENIOR HIGH SCHOOL IN SURABAYA**

**PENINGKATAN KOMPETENSI MATERI GENETIKA MOLEKULER BAGI  
GURU MGMP BIOLOGI SMA KOTA SURABAYA**

**Sugiharto\*<sup>1</sup>, Alfiah Hayati<sup>1</sup>, M. Hilman F. Amin<sup>1</sup>**

<sup>\*1</sup> Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

\*e-mail: [sugiharto@fst.unair.ac.id](mailto:sugiharto@fst.unair.ac.id)

**Abstract**

*Molecular Genetics is a compulsory subject in grade 12 of senior high school, covering discussions on Genetic Substances (DNA and RNA), Heredity, Protein Synthesis, Mutations and Biotechnology. Many seniors high school students have difficulty understanding this course, so their report book scores are below the KKM. One of the problems is no practicum to apply this subject because it is constrained by tools, materials, and the skills of the teaching staff at each school. Teachers are a very strategic intermediate target because they will explain directly to their students. The purpose of this community service activity is to improve the competence of teachers who are members of the MGMP Biology in Surabaya, especially in the molecular field. This activity was carried out on Saturday, June 30, 2024, attended by 24 participants coordinated by the Head of the MGMP Biology Surabaya, located at the Molecular Genetics Laboratory, Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Airlangga University. During the training, participants were given courses and practicums such as the use of micropipettes, the DNA isolation process, the PCR method and the DNA electrophoresis process. The results of the training showed an increase in teachers' understanding as seen from the comparison of achievement scores between the pre-test (highest score = 50, range of score 10 – 20 = 45.83%) and post-test (highest score = 80, range of score 10 – 20 = 29.17%); the enthusiasm of participants during the delivery of the courses, practicums and discussions; and the satisfaction index value (above 95%) given by participants. It can be concluded that the Molecular Genetics technique training activities using the PCR and Electrophoresis methods can improve the competence and skills of MGMP Biology Surabaya teachers as an effort to support the learning process in senior high schools. From these results, it is hoped that teachers can be clearer when explaining Molecular Genetics material to their students so that students can understand the material more easily.*

**Keywords:** *Molecular Genetics; Teacher Competence; MGMP Biology SMA Surabaya.*

**Abstrak**

*Genetika Molekuler merupakan materi wajib di SMA kelas 12, meliputi pembahasan tentang Substansi Genetik (DNA dan RNA), Hereditas, Sintesis Protein, Mutasi dan Bioteknologi. Banyak siswa SMA yang mengalami kesulitan memahami materi ini sehingga mempunyai nilai raport di bawah KKM. Salah satu akar masalahnya ternyata tidak ada praktikum untuk mengaplikasikan materi ini sebab terkendala alat, bahan, dan ketrampilan para guru pengajar pada masing-masing sekolah. Guru merupakan sasaran antara yang sangat strategis karena mereka akan menjelaskan secara langsung kepada siswanya. Tujuan kegiatan pengabdian masyarakat ini untuk meningkatkan kompetensi para guru yang tergabung dalam MGMP*

Received 3 September 2023; Received in revised form 20 February 2025; Accepted 21 February 2025; Available online xx March 2023.

 [10.20473/jlm.v9i1.2025.010-018](https://doi.org/10.20473/jlm.v9i1.2025.010-018)



Copyright: © by the author(s) Open access under CC BY-SA license  
[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

***Biologi kota Surabaya terutama di bidang molekuler. Kegiatan ini dilakukan pada Sabtu, 30 Juni 2024 dihadiri 24 peserta yang dikoordinir oleh Ketua MGMP Biologi Surabaya, bertempat di Laboratorium Genetika Molekuler, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Selama pelatihan, peserta diberi kuliah dan praktikum tentang penggunaan mikropipet, pengetahuan dasar tentang DNA dan teknik isolasi DNA, metode PCR serta proses elektroforesis DNA. Hasil pelatihan ini menunjukkan terjadinya peningkatan pemahaman para guru terlihat dari (1) perbandingan capaian nilai antara pre-test (nilai tertinggi = 50, range nilai 10 – 20 = 45,83%) dan post-test (nilai tertinggi = 80, terjadi penurunan range nilai 10 – 20 = 29,17%); (2) antusiasme peserta selama penyampaian materi, praktikum mandiri dan diskusi; serta (3) nilai indeks kepuasan (di atas 95%) yang diberikan peserta. Dapat disimpulkan bahwa kegiatan pelatihan teknik Genetika Molekuler metode PCR dan elektroforesis ini dapat meningkatkan kompetensi dan ketrampilan para guru MGMP Biologi Surabaya sebagai upaya untuk mendukung proses pembelajaran di SMA. Dari hasil ini diharapkan para guru dapat lebih jelas saat menerangkan materi Genetika Molekuler kepada para siswanya sehingga siswa lebih mudah memahami materi tersebut.***

***Kata kunci: Genetika Molekuler; Kompetensi Guru; MGMP Biologi SMA Surabaya.***

## **PENDAHULUAN**

Penelitian di bidang Genetika Molekuler berkembang sangat pesat semenjak ditemukannya struktur heliks ganda DNA dalam kromosom oleh James Watson dan Francis Crick pada tahun 1953. DNA merupakan bahan genetik yang sangat penting sebab semua informasi genetik organisme terkandung didalamnya sehingga dapat mewariskan sifat organisme induk kepada keturunannya. Pada organisme eukariota (manusia, hewan dan tumbuhan), DNA dapat dijumpai di dalam inti sel, mitokondria dan kloroplas. Sedangkan pada organisme kelompok sel prokariota (bakteri), DNA hanya dapat dijumpai di plasmid. Berdasarkan letaknya, maka DNA dapat dibedakan menjadi: (1) DNA kromosomal yaitu DNA yang terdapat di dalam inti sel; dan (2) DNA ekstrakromosomal yaitu DNA yang terdapat di dalam organel sel mitokondria, kloroplas serta plasmid (Irawan, 2020, 2021; Urry et al., 2016).

Struktur molekul DNA digambarkan sebagai rantai polimer panjang polinukleotida yang terdiri dari molekul gula dengan lima atom C, gugus fosfat, serta pasangan basa nitrogen purin atau pirimidin yang terikat secara komplementer. Molekul-molekul tersebut dihubungkan dengan ikatan fosfodiester, ikatan glikosida dan ikatan hidrogen. Pada saat proses pembelahan sel, DNA dapat melakukan (1) proses replikasi yaitu DNA induk mengganda membentuk DNA anakan dan (2) proses transkripsi yaitu pembentukan RNA untuk melakukan proses sintesis protein. Hal ini memungkinkan sifat sel induk dapat diwariskan dengan tepat kepada keturunannya. Biologi modern mengkaji kelangsungan hidup dari generasi ke generasi dalam aras molekuler, artinya bahwa kemampuan hidup suatu organisme merupakan logika molekuler. Rekayasa Genetika sebagai salah satu cabang Biologi modern, merupakan kajian yang berkembang pesat di era sekarang. Kajiannya sangat tergantung oleh kemampuan seseorang untuk melakukan analisis dan mengisolasi gen, memindahkannya dari satu sel ke sel lainnya, serta mengintegrasikan gen tersebut ke dalam genom pada letak yang tepat (Irawan, 2020; Urry et al., 2016).

Salah satu teknik yang dibutuhkan untuk pengembangan bidang Rekayasa Genetika adalah *polymerase chain reaction* (PCR) dan elektroforesis. Metode PCR merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menggandakan urutan rantai DNA yang spesifik secara *in vitro*. Prinsip kerja PCR adalah (1) denaturasi yaitu pemotongan ikatan hidrogen

pada rantai DNA, (2) *annealing* yaitu penempelan primer pada urutan DNA yang spesifik, dan (3) *elongasi* yaitu pemanjangan rantai DNA. Ketiga proses tersebut dilakukan berulang-ulang (30–40 siklus) sehingga hasilnya didapatkan jutaan urutan DNA yang diinginkan. Pemanfaatan PCR dapat dijadikan alat identifikasi dalam DNA forensik, tes kekerabatan hubungan keluarga, dan diagnostik suatu penyakit atau infeksi tertentu. Sedangkan prinsip kerja elektroforesis adalah memisahkan molekul berdasarkan berat molekulnya menggunakan medan listrik. Secara umum, teknik elektroforesis digunakan untuk menganalisis DNA dan protein untuk mengidentifikasi suatu organisme. Oleh karena itu memahami pengetahuan tentang struktur molekul DNA, prinsip kerja PCR, dan proses elektroforesis sangatlah penting di masa sekarang (Fu'adil Amin et al., 2016, 2019, 2021; Sugiharto et al., 2022; Urry et al., 2016).

Genetika Molekuler merupakan materi pembelajaran wajib di SMA terutama di kelas 12. Pembahasannya meliputi bab Substansi Genetik (DNA dan RNA), Hereditas, Sintesis Protein, Mutasi, dan Bioteknologi. Pengajaran materi ini masih banyak dijumpai kendala di lapangan terutama terkait minimnya ketrampilan Bapak/Ibu guru dalam menjelaskan bagaimana dan mengapa proses molekuler ini dapat terjadi. Hal ini dapat menyebabkan kesalahan persepsi saat menjelaskan peristiwa molekuler di dalam kelas (Madukubah et al., 2018; Nugroho, 2018; Rusnelly et al., 2022). Sebagai akibatnya, siswa SMA menjadi minim pengetahuan tentang materi molekuler ini, bahkan tidak jarang nilai ujian mereka kurang dari kriteria ketuntasan minimal (KKM), padahal materi ini sangatlah penting di jenjang pendidikan tinggi (Oktaviani et al., 2024; Saputra et al., 2021). Hal yang sama juga terjadi di SMA-SMA Surabaya. Ketika kami diundang untuk mengisi acara di pertemuan musyawarah guru mata pelajaran (MGMP) Biologi SMA Surabaya bulan November 2023 dengan topik Hereditas dan Biologi Molekuler, banyak para Bapak/Ibu guru yang kesulitan menerangkan kepada siswanya tentang materi molekuler tersebut terutama yang terkait dengan minimnya pelaksanaan praktikum. Untuk mengatasi masalah ini, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah meningkatkan kompetensi para guru pengajar serta membekali ketrampilan dengan memberi materi praktikum yang terkait topik molekuler (Agustina et al., 2017; Juraedah et al., 2023; Suryaningsih, 2017).

Untuk mencapai tujuan tersebut, maka sangat diperlukan peningkatkan kompetensi dan ketrampilan Bapak/Ibu guru Biologi di SMA khususnya yang tergabung dalam MGMP Surabaya. Peningkatan kompetensi para guru merupakan sasaran antara yang sangat strategis karena mereka akan membekali para siswa SMA sebagai calon mahasiswa tentang pengetahuan Genetika Molekuler yang nantinya sangat dibutuhkan di perguruan tinggi (Sholihatin et al., 2021; Sukanti, 2008). Sejak tahun 2009, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga telah mengembangkan fasilitas Laboratorium Genetika Molekuler serta telah memiliki sumber daya manusia (dosen) yang berkompeten di bidang tersebut. Sudah banyak hasil penelitian dan publikasi para dosen Biologi di bidang molekuler sejak berdirinya laboratorium ini (Fu'adil Amin et al., 2016, 2019, 2021; Sugiharto et al., 2022). Berdasarkan kondisi dan latar belakang yang ada, maka kami berinisiatif mengadakan Pelatihan Teknik Genetika Molekuler Metode PCR dan elektroforesis sehingga nantinya diharapkan dapat memfasilitasi kekurangan, meningkatkan kompetensi dan ketrampilan khususnya bagi para guru MGMP Biologi Surabaya sebagai upaya untuk mendukung proses pembelajaran di SMA.

## **METODE PENGABDIAN MASYARAKAT**

Kegiatan program Pengabdian Masyarakat ini dilaksanakan pada hari Sabtu, 29 Juni 2024 di Laboratorium Genetika Molekuler, Prodi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Peserta yang hadir sebanyak 24 orang dari perwakilan Bapak/Ibu yang tergabung sebagai anggota MGMP Biologi SMA Surabaya, dengan rincian guru SMA negeri sebanyak 54% dan guru SMA swasta 46%. Sedangkan jika dilihat dari latar belakang jenjang pendidikannya, maka sebanyak 71% guru merupakan lulusan S1 dan 29% guru lulusan S2. Peserta dikoordinir oleh ketua dan sekretaris MGMP Biologi SMA Surabaya, Ibu Diyah Utari, S.Pd. Gr., M.Si. dan Bapak Hery Triwahyudi, S.Pd., M.Si. Selanjutnya seluruh peserta dibagi menjadi empat kelompok untuk memudahkan koordinasi kegiatan.

Metode yang digunakan untuk meningkatkan kompetensi dan ketrampilan bagi para Bapak/Ibu guru yang MGMP Biologi Surabaya, adalah: (1) memberi kuliah tentang teknik penggunaan mikropipet, pengetahuan dasar tentang DNA dan proses isolasi DNA, prinsip kerja PCR dan proses elektroforesis DNA; (2) melakukan kegiatan praktikum mandiri yang dibimbing oleh dosen Prodi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga; (3) diskusi terkait pelaksanaan kegiatan teknik isolasi DNA, proses PCR dan elektroforesis. Selama kegiatan pelatihan ini, para peserta juga diberi *hand book* tentang teknik isolasi DNA, prinsip kerja PCR dan proses elektroforesis sehingga lebih memudahkan memahami pelaksanaan kegiatan.

Pada saat kegiatan praktikum mandiri, peserta pelatihan diminta untuk menyiapkan alat dan bahan PCR dan elektroforesis yang sudah disiapkan oleh panitia. Beberapa aktivitas yang dilakukan para peserta antara lain: (1) setiap kelompok mempersiapkan DNA yang diisolasi dari sel hewan dan tumbuhan, (2) mencampur dan menyiapkan semua bahan untuk proses PCR, (3) men-*setting* mesin PCR supaya bekerja optimal, (4) mencampur dan menyiapkan semua bahan gel untuk elektroforesis, (5) mengatur alat elektroforesis, (6) mendokumentasikan hasil PCR dan elektroforesis untuk setiap kelompok (Fu'adil Amin et al., 2021; Sugiharto et al., 2022). Ketrampilan para peserta dikatakan meningkat jika nanti pada saat elektroforesis tampak adanya pita-pita di gel hasil elektroforesis. Hal ini menunjukkan bahwa para peserta telah berhasil mengisolasi DNA dan menggandakan DNA tersebut melalui mesin PCR dengan baik dan benar. Pada kegiatan ini juga dilakukan pre-test dan post-test untuk mengetahui kemampuan setiap individu peserta pelatihan. Peserta juga diminta untuk mengisi kuisioner tentang kesesuaian materi kuliah dan praktikum dengan kebutuhan mereka untuk melakukan proses pembelajaran di sekolah masing-masing.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Salah satu materi wajib dalam proses pembelajaran SMA di kelas 12 adalah Genetika Molekuler. Sebagai guru yang baik, maka dituntut untuk mampu menjelaskan dan memahami tentang prinsip dasar, mekanisme, serta ketrampilan dalam bidang molekuler. Selama ini telah diupayakan dengan cara membuat beberapa metode pembelajaran agar dapat menarik minat siswa, tetapi semuanya hanya berupa pemahaman teori saja tanpa disertai praktikum (Oktaviani et al., 2024; Rusnelly et al., 2022; Saputra et al., 2021; Sukirmiyadi et al., 2021). Pada umumnya SMA di Surabaya telah dilengkapi dengan laboratorium untuk mata pelajaran Biologi, sehingga para siswa dapat melakukan praktikum sesuai dengan materi yang diajarkan. Tetapi khusus untuk materi Genetika

Molekuler, terdapat kendala untuk pelaksanaan praktikum terkait minimnya ketrampilan, peralatan, dan bahan yang relatif mahal. Hal ini menyebabkan banyak para Bapak/Ibu guru kesulitan menerangkan secara detail kepada siswanya tentang materi Genetika Molekuler, terutama terkait dengan minimnya pelaksanaan praktikum topik ini (Agustina et al., 2017; Fitriyani, 2023; Juraedah et al., 2023; Suryaningsih, 2017).

Kegiatan program Pengabdian Masyarakat ini dilakukan untuk meningkatkan kompetensi dan ketrampilan para guru Biologi di SMA yang tergabung dalam MGMP Surabaya. Kegiatan dimulai dengan melakukan pre-test untuk mengetahui kemampuan awal peserta. Hal-hal yang ditanyakan berupa pengetahuan dasar tentang DNA, teknik isolasi DNA, teknik dan prinsip kerja PCR, proses elektroforesis serta interpretasi hasil praktikum. Berdasarkan hasil pre-test ternyata nilai tertinggi peserta adalah 50, dengan rentang nilai 10–50. Sebaran nilai terbanyak pada kisaran 10–20 dan 30–40 masing-masing sebanyak 45,83%, dengan nilai tertinggi adalah 50 sebanyak 8,33%. Hasil ini menunjukkan minimnya kompetensi dan ketrampilan para peserta sebab hanya 8,33% peserta yang mampu menjawab 50% dengan benar terkait materi pelatihan. Tetapi hasil yang berbeda didapatkan pada saat post-test, sebab terjadi peningkatan pada nilai tertinggi yang mencapai nilai 80, dengan range nilai 10–80. Apabila dirinci, maka terjadi penurunan pada sebaran nilai 10–20 yaitu hanya 29,17%, dan nilai 30–40 hanya 37,50%. Selain itu terdapat sebaran nilai 50–60 sebanyak 29,17%, dan nilai 70–80 sebanyak 4,17% (**Tabel 1**). Hasil ini menunjukkan keberhasilan kegiatan program Pengabdian Masyarakat ini sebab telah terjadi peningkatan kemampuan pengetahuan dan ketrampilan para peserta pelatihan. Hal ini didukung Sukanti, (2008) dan Juraedah et al., (2023) yang menyatakan bahwa keterampilan praktikum secara tidak langsung dapat meningkatkan kompetensi dan potensi para peserta untuk lebih memahami materi.

**Tabel 1.** Perbandingan nilai pre-test dan post-test.

Range nilai	Pre-test	Post-test
10 – 20	45,83%	29,17%
30 – 40	45,83%	37,50%
50 – 60	8,33%	29,17%
70 – 80	----	4,17%
Nilai tertinggi	50	80

Peningkatan nilai post-test diduga bahwa peserta telah lebih memahami materi pelatihan sebab sebelumnya mereka telah diberi kuliah serta melakukan praktikum mandiri. Selain itu, pada saat sesi diskusi, peserta juga aktif bertanya terkait materi selama pelatihan termasuk materi pembelajaran yang ada di buku siswa SMA. Saat sesi diskusi, secara tidak langsung menunjukkan bahwa para peserta selama ini sebenarnya masih banyak yang kurang pengetahuan dan ketrampilannya terkait pembelajaran di sekolah masing-masing. Ketertarikan peserta selama pelatihan baik sesi kuliah dan praktikum, tampak pada hasil dokumentasi di **Gambar 1 & 2**.



Gambar 1. Pemberian materi pelatihan. (a) Penggunaan mikropipet dan isolasi DNA oleh Dr. Sugiharto, (b) PCR dan elektroforesis oleh M. Hilman, FA, Ph.D.

Pada sesi diskusi, pertanyaan dari beberapa peserta antara lain adalah: (1) bagaimana cara memahami tahap-tahap yang terbaca pada mesin PCR, (2) fungsi dari bahan-bahan yang dipergunakan untuk proses PCR dan elektroforesis, (3) pemanfaatan teknik PCR di kehidupan masyarakat sehari-hari dan siswa sekolah, (4) interpretasi pembacaan hasil elektroforesis. Semua pertanyaan dari peserta dijawab dengan baik oleh pemateri dan banyak peserta yang mengakui bahwa peserta lebih bisa memahami DNA, teknik isolasi DNA, PCR dan elektroforesis dengan jelas, karena telah melakukan praktikum mandiri. Dengan demikian diharapkan, saat kembali ke sekolah masing-masing para bapak dan ibu guru dapat lebih jelas ketika harus menerangkan materi kepada siswa sehingga siswanya menjadi tidak bingung. Selain itu, para peserta pelatihan juga telah diberi *hand book* yang dapat dibaca kembali apabila suatu saat terlupa. Untuk para peserta jika ingin berbagi ilmu kepada rekan-rekannya yang kebetulan tidak bisa ikut dalam acara ini, maka kegiatan ini juga disebarluaskan melalui [Unair News](#) dan kanal [Youtube](#).



Gambar 2. Pelaksanaan praktikum mandiri para peserta pelatihan (a) pembuatan bahan mix PCR, (b) persiapan elektroforesis DNA setelah dilakukan PCR.

Mengacu pada indeks kepuasan peserta tentang pelaksanaan kegiatan, sebanyak 95,83% peserta menjawab sangat puas untuk parameter: (1) kesesuaian materi dengan kebutuhan peserta, (2) penyampaian materi yang komunikatif sehingga memudahkan pemahaman peserta, (3) peserta mengharapkan terjadi pelatihan yang berkelanjutan. Sedangkan peserta menjawab sangat puas 100% pada parameter: (1) memberi manfaat dan solusi bagi peserta, (2) peserta dapat mengaplikasikan ilmunya kepada siswa didiknya. Indeks kepuasan ini juga merupakan indikator yang efektif untuk merencanakan apabila kami ingin melaksanakan kegiatan serupa bagi guru MGMP Biologi SMA di luar Surabaya.

Berdasarkan parameter (1) perbandingan capaian range nilai pre-test dan post-test serta nilai tertinggi peserta; (2) antusiasme peserta selama penyampaian materi, praktikum mandiri dan diskusi; serta (3) nilai indeks kepuasan yang di atas 95%, maka dapat disimpulkan bahwa kegiatan Pelatihan Teknik Genetika Molekuler Metode PCR dan elektroforesis dapat meningkatkan kompetensi dan ketrampilan para guru MGMP Biologi Surabaya sebagai upaya untuk mendukung proses pembelajaran di SMA. Diharapkan kegiatan semacam ini juga dapat kami lakukan untuk para guru MGMP Biologi di luar Surabaya di masa-masa yang akan datang.

## PENUTUP

**Simpulan.** Program Pengabdian Masyarakat dengan topik Pelatihan Teknik Genetika Molekuler Metode PCR dan elektroforesis, dapat meningkatkan kompetensi dan ketrampilan para guru khususnya yang tergabung dalam MGMP Biologi SMA Surabaya sehingga dapat mendukung proses pembelajaran di SMA masing-masing. Peningkatan kompetensi dan ketrampilan para guru, diharapkan dapat membekali para siswa SMA tentang pengetahuan Genetika Molekuler yang sangat dibutuhkan di perguruan tinggi.

**Saran.** Program semacam ini diharapkan dapat dilaksanakan berkesinambungan sebagai upaya dalam menjembatani kesenjangan kompetensi dan ketrampilan antara guru-guru MGMP di Surabaya dan luar Surabaya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga yang telah mendanai kegiatan program Pengabdian Masyarakat ini (Kontrak no. 3325/B/UN3.FST/PM.01.01/2024) serta Ketua dan Sekretaris MGMP Biologi SMA kota Surabaya yang telah mengkoordinir kehadiran para guru untuk ikut mendukung terlaksananya kegiatan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, P., Saputra, A., Qonitat, L. M., Utami, R. D., & Yohana. (2017). Kesesuaian Laboratorium Biologi sebagai penunjang pembelajaran Biologi di SMA Muhammadiyah se-Surakarta dengan standar Laboratorium Biologi. *Proceeding Biology Education Conference*, 14(1), 559–564.
- Fitriyani. (2023). Analisis pelaksanaan praktikum Biologi dan permasalahannya di SMAS Muhammadiyah 9 Kualuh Hulu. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 1(4), 329–336. <https://doi.org/https://doi.org/10.54066/jupendis.v1i4.944>
- Fu'adil Amin, M. H., Pidada, I. B. R., **Sugiharto**, Widyatmoko, J. N., & Irawan, B. (2016). Sea cucumber species identification of family Caudinidae from Surabaya based on morphological and mitochondrial DNA evidence. *AIP Conference Proceedings*, 1718. <https://doi.org/10.1063/1.4943311>
- Fu'adil Amin, M. H., Rahmawati, Y., **Sugiharto**, & Irawan, B. (2019). RAPD fingerprinting of snakehead fish (*Channa striata*) in Brantas watershed, East Java,

Indonesia. *Ecology, Environment and Conservation*, 25, S18–S23.

- Fu'adil Amin, M. H., Lee, J.-H., Kim, A. R., Kim, J.-K., Lee, C.-I., & Kim, H.-W. (2021). Development of a quantitative PCR assay for four Salmon species inhabiting the Yangyangnamdae river using environmental DNA. *Biology*, 10(9), 899. <https://doi.org/10.3390/biology10090899>
- Irawan, B. (2020). *Genetika molekuler, Edisi ke-2*. Airlangga University Press.
- Irawan, B. (2021). *Genetika: penjelasan mekanisme pewarisan sifat, Edisi ke-2*. Airlangga University Press.
- Juraedah, Nasir, M., & Fahrudin. (2023). Implementasi praktikum Biologi untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMA Negeri 3 Kota Bima tahun pelajaran 2022/2023. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 2(3), 127–135.
- Madukubah, F., Taiyeb, M., & Hartati. (2018). Identifikasi miskonsepsi siswa pada konsep Substansi Genetik dengan menggunakan *three tier test* di kelas XII Sekolah Menengah Atas. *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), 236–242.
- Nugroho, A. A. (2018). Keefektifan penggunaan modul Biologi Molekuler berbasis *learning cycle 7E* untuk memberdayakan kemampuan berpikir mahasiswa. *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), 620–626.
- Oktaviani, R., Mardiyyaningsih, A. N., & Candramila, W. (2024). Pengembangan media e-Booklet Gen, DNA, Kromosom untuk kelas XII SMA. *Diklabio: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*, 8(1), 76–88. <https://doi.org/10.33369/diklabio.8.1.76-88>
- Rusnelly, I., Siburian, J., & Hamidah, A. (2022). Uji kelayakan panduan praktikum Genetika materi DNA berbasis inkuiri terbimbing. *Diklabio: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*, 6(1), 24–32. <https://doi.org/10.33369/diklabio.6.1.24-32>
- Saputra, I. K., Kinasih, S. V. P., Alfi'ah, N., Kusmayadi, C. T., Kamaliya, E. F., & Maryadi, M. R. D. (2021). Reka bentuk *Genetic pop-up book* sebagai media pembelajaran yang meningkatkan daya ingat siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(2), 114–119. <https://doi.org/10.17977/um052v12i2p114-117>
- Sholihatin, E., Gendut, S., Pratama, A., Yuhertiana, I., Sukirmiyadi, & Haryono, N. (2021). Penguatan kompetensi mengajar guru dalam membuat inovasi pembelajaran *blended learning* di SMP Muhammadiyah 14 Lamongan. *Jurnal Layanan Masyarakat (Journal of Public Services)*, 5(2), 316–324. <https://doi.org/10.20473/jlm.v5i2.2021.316-324>
- Sugiharto, Winarni, D., Wibowo, A. T., Islamatasya, U., Bhakti, I. N., Nisa, N., Tan, B. C., & Manuhara, Y. S. W. (2022). *Gynura procumbens* adventitious root extract altered expression of antioxidant genes and exert hepatoprotective effects against cadmium-induced oxidative stress in mice. *HAYATI Journal of Biosciences*, 29(4), 479–486. <https://doi.org/10.4308/hjb.29.4.479-486>

Sugiharto, Alfiah Hayati, & M. Hilmat F. Amin: *Improving the Competency of Molecular Genetics for MGMP Biology Teachers in Senior High School in Surabaya.*

Sukanti. (2008). Meningkatkan kompetensi guru melalui pelaksanaan penelitian tindakan kelas. *Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia*, 6(1), 1–11.

Sukirmiyadi, Febrianita, R., Sholihatin, E., & Pratama, A. (2021). Pelatihan pembuatan media pembelajaran interaktif dengan *artikulate stroryline* di SMK Pesantren terpadu Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Layanan Masyarakat (Journal of Public Services)*, 5(2), 325. <https://doi.org/10.20473/jlm.v5i2.2021.325-332>

Suryaningsih, Y. (2017). Pembelajaran berbasis praktikum sebagai sarana siswa untuk berlatih menerapkan keterampilan proses sains dalam materi Biologi. *Jurnal Bio Educatio*, 2(2), 49–57.

Urry, L. J. R., Cain, M., Wasserman, S., Minorsky, P., & Reece, J. (2016). *Campbell Biology, ed. 11<sup>th</sup>*. Pearson Education, Inc.