

Original Research Paper

## Penggunaan Pohon Filogenetik Ikan Lemuru Dari Selat Lombok Dalam Mengatasi Kesulitan Belajar Materi Genetika di MAN2 Mataram

Mahrus<sup>1</sup>, Agil Al Idrus<sup>1</sup>, Abdul Syukur<sup>1</sup>, Ahmad Raksun<sup>1</sup>, Lalu Zulkifli<sup>1</sup>, Lalu Syauki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, University of Mataram, Indonesia.

<sup>2</sup>Madrasah Aliyah Negeri 2 Mataram.

DOI: <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v8i4.13034>

Citation: Mahrus., Idrus, A. A., Syukur, A., Raksun, A., Zulkifli, L. & Syauki, L. (2025). Penggunaan Pohon Filogenetik Ikan Lemuru Dari Selat Lombok Dalam Mengatasi Kesulitan Belajar Materi Genetika di MAN2 Mataram. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 8(4)

### Article history

Received: 7 Mei 2025

Revised: 28 Oktober 2025

Accepted: 08 November 2025

\*Corresponding Author:

Mahrus, Universitas Mataram,  
Mataram, Indonesia.

Email: [mahrus@unram.ac.id](mailto:mahrus@unram.ac.id)

**Abstract:** Materi Genetika pada mata pelajaran Biologi di Madrasah Aliyah (MA) Kelas 12 merupakan materi yang cukup sulit di dipahami oleh siswa karena sejumlah faktor di antaranya kurangnya sumber pembelajaran yang efektif, materinya abstrak, rumit dan sulit untuk dipraktekkan. Secara umum, materi Biologi di MA Kelas 12 terdiri dari: Evolusi, Bioteknologi, Materi Genetik (DNA dan RNA), Pembelahan Sel, serta Pewarisan Sifat. Tujuan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah untuk memberikan pemahaman konsep keanekaragaman gen yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret kepada para siswa MAN2 Mataram. Metode yang digunakan pada kegiatan pengabdian ini adalah ceramah, dan tanya jawab. Pohon Filogenetik merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengetahui hubungan kekerabatan makhluk hidup antar spesies, berdasarkan data genetik atau morfologi. Keberadaan Pohon Filogenetik ini mampu menyajikan informasi tentang garis keturunan evolusi, seperti nenek moyang bersama dan hubungan percabangan antara kelompok organisme. Ikan lemuru (*Sardinella* spp.) merupakan jenis ikan laut pelagis kecil yang hidup secara berkelompok dan keberadaannya cukup melimpah di perairan Selat Lombok. Keanekaragaman ikan lemuru secara genetik merupakan salah satu sumber belajar bagi siswa MA Kelas 12 IPA pada topik materi Genetik. Materi yang digunakan pada kegiatan ini adalah pohon filogenetik ikan lemuru berbasis hasil penelitian. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pelaksanaan program pengabdian masyarakat di MAN2 Mataram telah berjalan dengan baik. Hal ini terlihat dari berbagai pertanyaan yang dilontarkan para siswa dan guru mereka pada saat diskusi. Dari kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan siswa dalam bidang genetika molekuler melalui sosialisasi hasil penelitian genetika ikan pelagis kecil di perairan Selat Lombok.

**Keywords:** Filogenetik, genetika molekuler, DNA, RNA, ikan lemuru.

### Pendahuluan

Rekonstruksi pohon filogenetik dimaksudkan untuk mengonstruksi hubungan antara organisme dan mengestimasi perbedaan yang terjadi dari satu nenek moyang kepada turunannya dengan tepat (Yang et al., 2016). Analisis filogenetik memberikan pemahaman mendalam

tentang bagaimana spesies berevolusi melalui perubahan genetik. Para ilmuwan banyak menggunakan filogenetik untuk mengevaluasi jalur yang menghubungkan organisme masa kini dengan asal usul leluhurnya, serta dapat memprediksi divergensi genetik yang mungkin terjadi di masa mendatang. (Mirabella, 2011) mengatakan pembuatan pohon filogenetik dengan pendekatan

DNA sudah dipermudah dengan program yang telah dibuat oleh para ilmuwan seperti Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA), Deoxyribonucleic Acid Species Polymorphism (DNA SP), dan lain-lain.

Pembuatan pohon filogenetik inilah yang mendasarkan manusia membuat konsep pohon kehidupan, yang menyangkut semua organisme yang hidup di bumi ini. Melalui pohon kehidupan yang dibuat, penggolongan makhluk hidup yang disebut dengan taksonomi juga dapat digunakan dengan lebih mudah. Pada dasarnya beberapa spesies yang berbagi nenek-moyang yang sama dan mempunyai kekerabatan lebih dekat dan berbagi nama yang sama dalam famili ataupun genus. Bidang ilmu yang sangat terkait dengan filogenetik ini adalah Bioinformatika yang mencakup penerapan metode-metode matematika, statistika, dan informatika untuk memecahkan masalah-masalah biologi, terutama yang terkait dengan penggunaan sekuens DNA dan asam amino (Mu'inah, 2018). Selanjutnya Bioinformatika memicu peningkatan pemahaman manusia dalam bidang genomik yang terkait dengan penggunaan sekuens DNA, database genom (ekspresi dan sekuens gen) yang berkembang sangat pesat dan berskala besar. Perkembangan yang sangat pesat tersebut meningkatkan kebutuhan pada teknologi komputasi untuk membantu analisis data genomic, sehingga lahirlah cabang ilmu baru, bernama Bioinformatika, merupakan kombinasi cabang ilmu biologi, ilmu komputer, sistem informasi, matematika, kedokteran, farmakologi, fisika, kimia, dan statistika (Can, 2014; Li et al., 2017).

Genetika sebagai suatu disiplin ilmu yang mempelajari tentang keturunan, kaya akan sejarah penemuan dan investigasi mulai dari berbagai molekul (protein, DNA dan RNA), sel, organisme, dan populasi. Jika materi genetika itu diajarkan guru dalam bentuk yang konkret, tentu siswa akan lebih mudah memahaminya. (Cholvistaria & Widowati, 2020) mengatakan untuk mewujudkan pembelajaran saintifik yang efektif dan menyenangkan dibutuhkan pengalaman belajar yang berbasis kontekstual termasuk hasil-hasil penelitian terbaru. Hasil penelitian terbaru yang digunakan pada kegiatan pengabdian ini adalah keragaman genetik ikan lemuru (*Sardinella spp.*) di perairan Selat Lombok Ikan lemuru merupakan salah satu jenis ikan laut pelagis kecil bernilai ekonomis penting dari famili Clupeidae yang

banyak tertangkap di perairan Indonesia terutama di perairan Selat Bali (Kartika et al., 2019).

Secara genetik ikan lemuru di perairan Indonesia memiliki keragaman yang tinggi sehingga dimungkinkan komoditas ikan tersebut memiliki adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan (Hendiari et al., 2020). Kajian keragaman genetik bertujuan untuk mengetahui tingkat variasi genetik yang menjadi indikasi adanya pertukaran gen (gene flow) antar populasi (Hellberg et al., 2002). Selain itu, informasi genetik pada ikan sangat penting diketahui dalam manajemen konservasi terutama pada ikan-ikan yang melakukan migrasi jarak jauh (Bingpeng et al., 2018). Sebaran ikan lemuru yang sangat dan sampai saat ini status taksonominya masih kontroversial sebab secara morfologi memiliki banyak kemiripan dengan berbagai spesies ikan lemuru dan ikan pelagis kecil lainnya (Queiroz et al., 2020). Contoh ikan lemuru di Selat Lombok mirip dengan ikan lemuru (*Sardinella aurita*) di perairan timur laut Mediterania berdasarkan sekuens DNA mitokondria gen 12S dan CO1 (Mahrus et al., 2012; Mahrus et al., 2024). Kehadiran Pohon Filogenetik ikan lemuru berbasis hasil penelitian di pulau Lombok saat ini diharapkan mampu memecahkan kesulitan belajar siswa pada materi genetika, sebab kesulitan belajar terbesar siswa dalam belajar Biologi adalah pada materi genetika (Haambokoma, 2007; Hasibuan, 2014; Saenab et al., 2016). Inovasi pembelajaran yang dipilih mengikuti kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya teknologi informasi sehingga strategi pembelajaran dapat disusun untuk mencapai tujuan pembelajaran, membuat proses pembelajaran lebih menarik dan diharapkan lebih mudah di pahami siswa khususnya pada materi genetika yang abstrak menjadi lebih konkret. Tahap operasi konkret dapat ditandai dengan adanya sistem operasi berdasarkan fakta-fakta yang kelihatan nyata (Wang et al., 2015).

Kajian keragaman genetik bertujuan untuk mengetahui tingkat variasi genetik yang menjadi indikasi adanya pertukaran gen (gene flow) antar populasi (Hellberg et al., 2002). Selain itu, informasi genetik pada ikan sangat penting diketahui dalam manajemen konservasi terutama pada ikan-ikan yang melakukan migrasi jarak jauh seperti ikan teri (Bingpeng et al., 2018). Berdasarkan informasi taxonomi yang kontroversial dari satu spesies ikan saja sangat rumit

menjelaskan, oleh karena itu dibuthkan media pembelajaran yang inovatif berbasis hasil penelitian. Pemilihan sumber belajar dan media pembelajaran yang inovatif dan berkualitas akan sangat bermakna dan bermanfaat dalam pencapaian tujuan pembelajaran materi genetika. Pembelajaran yang diamanatkan pada implementasi Kurikulum 2022 adalah pembelajaran berorientasi pada pendekatan saintifik dengan memanfaatkan hasil penelitian. Solusi yang dapat ditawarkan untuk menjelaskan kontroversial taksonomi ikan lemuru dan hubungan kekerabatannya adalah filogenetik. Pembuatan pohon filogenetik ini bertujuan untuk mengonstruksi dengan tepat hubungan antara organisme dan mengestimasi perbedaan yang terjadi dari satu nenek moyang kepada keturunannya (Yang et al., 2016; Zhou & Lampouras, 2020).

## Metode

Metode yang digunakan pada kegiatan pengabdian pada masyarakat ini secara keseluruhan adalah: (1) sosialisasi; (2) pendampingan. Di dalam penerapan model pembelajaran menggunakan Pohon Filogenetik berbasis hasil penelitian diberikan kepada siswa MAN2 Mataram. Melalui kegiatan ini diharapkan para siswa dapat mengatasi kesulitan belajar Genetika. Selain itu dilakukan pendampingan kepada guru Biologi mereka yang ikut juga secara langsung pada kegiatan pengabdian ini, agar upaya melaksanakan pembelajaran yang aktif, kreatif, dan menyenangkan dapat terwujud dan berjalan dengan baik.

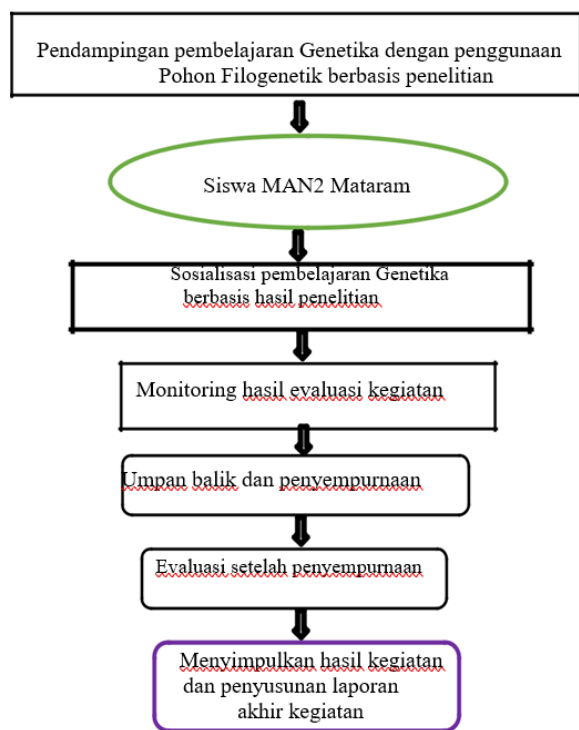
Luaran yang diharapkan dapat terwujud dari pelaksanaan kegiatan pengabdian ini adalah:

- 1) merancang pembelajaran Genetika menggunakan hasil-hasil penelitian,
- 2) penggunaan Pohon Filogenetik dalam mempelajari hubungan kekerabatan antar spesies
- 3) peningkatan kompetensi siswa dalam mengatasi belajar materi Genetika menggunakan Pohon Filogenetik.

Untuk terciptanya pembelajaran yang aktif, kreatif, dan menyenangkan dapat terwujud dan berjalan dengan baik, maka metode pelaksanaan kegiatan yang digunakan sebagai berikut:

- (1) Sosialisasi penggunaan Pohon Filogenetik berbasis hasil penelitian dalam pembelajaran IPA. Pohon Filogenetik ini meliputi pengetahuan dasar tentang pohon filogenetik, dan cabang-cabangnya, serta skala, dan nilai-nilai yang ada pada setiap cabang pada pohon filogenetik.
- (2) Pendampingan kepada guru Biologi peserta sosialisasi. Pendampingan ini dilaksanakan dalam rangka : a) pemahaman dan aplikasi pengetahuan dan keterampilan pembelajaran Genetika menggunakan pohon Filogenetika, b) merancang pembelajaran yang aktif, kreatif, dan menyenangkan dengan memanfaatkan pohon Filogenetika (mulai dari perencanaan, proses pemilihan materi, dan penggunaan hasil-hasil penelitian dalam pembelajaran materi Genetika di kelas.
- (3) Monitoring melalui motivasi para guru yang sudah dapat menggunakan berbagai aplikasi untuk pembelajaran materi Genetik di kelas sehingga tercipta konsistensi dan tetap bersemangat untuk mengembangkan pembelajaran aktif, kreatif, dan menyenangkan terutama pada topik yang sulit bagi siswa seperti materi Genetika.

Skema penyelesaian masalah dengan kegiatan sosialisasi aplikasi pohon Filogenetik pada mitra (MAN2 Mataram) di Kota Mataram disajikan secara detail pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema penyelesaian masalah kelompok sasaran

### Hasil dan Pembahasan

Kegiatan pengabdian masyarakat ini difokuskan pada aspek kajian Genetika. Dalam memahami proses biologi, sumber daya (basis data) dan aplikasi-aplikasi yang digunakan secara luas di bidang Genetika Molekuler, khususnya yang terkait dengan sekuens DNA dan protein untuk pembuatan Pohon Filogenetik, dan pengenalan penerapan machine learning pada berbagai software aplikasi. Pada saat kegiatan berlangsung, antusiasme para peserta sebagai kelompok sasaran sangat tinggi, hal ini dibuktikan dengan banyaknya pertanyaan yang muncul terkait materi yang disajikan ketika sesi diskusi berlangsung (Gambar 2). Pada sesi tanya jawab muncul beberapa pertanyaan dan telah dijelaskan dengan baik oleh tim, misalnya bagaimana kita mengetahui garis keturunan seseorang dan bagaimana bisa mengetahuinya lewat pohon Filogenetik dan analisis DNA.



Gambar 2. Para peserta sedang berdiskusi dengan Tim Pengabdian

Selama ini mereka sama sekali belum pernah mendapatkan materi aplikasi Pohon Filogenetik dalam pembelajaran Genetika. Pengakuan mereka terkait dengan materi pengabdian ini sangat menarik disebabkan oleh fakta seperti melalui penggunaan hasil-hasil penelitian, para siswa dan guru-guru bisa belajar lebih detail tentang permasalahan genetika. Kendala yang mereka hadapi yang sangat krusial adalah media pembelajaran berbasis hasil-hasil penelitian. Mengingat kelemahan yang dihadapi oleh para guru Tim membuat Handout Pohon Filogenetika, namun tetap saja tidak menyelesaikan permasalahan yang dihadapi guru secara menyeluruh. Beberapa hasil kegiatan dalam pengabdian pada masyarakat di MAN2 Mataram sebagai berikut: (1) pemahaman peserta tentang Pohon Filogenetika dan berbagai manfaatnya untuk pembelajaran materi Genetika semakin jelas; (2) pengetahuan tentang permasalahan genetika yang kompleks seperti: materinya banyak dan abstrak, rumit, kurang bermanfaat dan membosankan semakin jelas dan menjadi simpel dan menyenangkan; (3) motivasi peserta kegiatan pengabdian untuk membiasakan diri menggunakan berbagai aplikasi meningkat, dan (4) peserta kegiatan cukup aktif dan serius dalam mengikuti semua rangkaian acara. Hal ini dibuktikan dengan semangat dan antusiasme para siswa dan bahkan guru IPA dalam mengajukan pertanyaan dalam sesi tanya jawab. Hasil pengabdian ini mirip dengan hasil pengabdian sebelumnya dengan hasil bahwa ada peningkatan pengetahuan siswa terkait bioinformatika, database dan aplikasi bioinformatika (Nurfadillah et al., 2023).

Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi terutama dalam bidang biologi molekuler saat ini menjadi semakin pesat sehingga

pembelajaran Genetika menjadi lebih efektif dan efisien di dalam memecahkan permasalahan biologis yang mendasar dan kompleks. Perkembangan ini tak pernah terbayangkan sebelumnya bahwa manusia bisa menjeleajahi dunia maya dengan menggunakan teknologi komputer. Pada tahap ini, dunia memperoleh internet dengan interkoneksi yang begitu cepat (Tjandrawinata, 2016)

Mengingat Pohon Filogenetika diketahui secara umum sebagai sebuah aplikasi atau algoritma yang digunakan untuk menginterpretasikan data-data biologis yang kompleks menjadi informasi biologis yang mudah dipahami, menjadikan faktor pendorong dilakukan pelatihan aplikasi Pohon Filogenetika bagi guru-guru Biologi MAN2 Mataram. Faktor pendorong lainnya adalah munculnya berbagai software di bidang Genetika seperti Bioinformatika sendiri termasuk ke dalam ilmu yang baru saja berkembang akibat adanya ledakan data biologis yang sangat besar karena perkembangan metode *Next-Generation Sequencing* (NGS) yang pesat. Program Bioinformatika merangkul berbagai disiplin ilmu lain, seperti ilmu komputer dan teknik informatika, matematika dan statistika, biologi molekuler, fisika, dan ilmu kedokteran yang saling menunjang dan bermanfaat satu sama lain (Zulkifli et al., 2021). NGS merupakan salah satu teknik sekuensing yang sedang berkembang dan banyak digunakan sekarang untuk mengurutkan DNA makhluk hidup.

Program Bioinformatika dengan dukungan berbagai software memang merangkul berbagai disiplin ilmu seperti ilmu biologi, komputasi, dan teknologi informasi dengan tujuan untuk mengelola, menganalisis, dan menginterpretasikan data biologis yang sangat besar, yang dihasilkan dari kemajuan di bidang genetika, biologi molekuler, dan bioteknologi. Akses internet untuk memanfaatkan Software Bioinformatika pada pembelajaran Genetika sangat besar karena dengan membuka data base melalui situs NCBI (National Centre for Biotechnology Information) pada: [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov). NCBI merupakan suatu institusi yang menyediakan sumber informasi terkait perkembangan biologi molekuler, dan membuat database yang dapat diakses oleh publik dan mengembangkan software penganalisis data genom. Tim Pengabdian siap mendampingi guru-guru dalam menerapkan pembelajaran genetika dengan menggunakan berbagai aplikasi Bioinformatika. Apabila ada

masalah yang dihadapi guru-guru maka tim siap mendampingi dan bersedia untuk memberikan solusi dari permasalahan yang tengah dihadapi baik secara virtual maupun online, dan juga WA jika ada pertanyaan yang membutuhkan jawaban segera.

Faktor penghambat dalam melaksanakan kegiatan pengabdian ini sedikit meskipun sesungguhnya tidak ada faktor yang memberatkan. Faktor penghambat yang dimaksud adalah kurang familiar dengan data hasil penelitian untuk dijadikan sebagai bahan wajar. Faktor penghambat yang perlu mendapat perhatian adalah pengetahuan para guru Biologi tentang Biologi Molekuler khususnya yang berkaitan dengan data sekuens DNA, filogenetik dan ekspresi gen. Faktor penghambat lainnya adalah kemampuan bahasa Inggris mereka yang masih relatif kurang dan tidak terbiasa membaca referensi berbahasa Inggris, namun kendala dapat diatasi dengan cara membiasakan diri membaca artikel-artikel ilmiah terkait makhluk hidup khususnya materi genetika, secara perlahan mereka akan terbiasa.

Di akhir acara, para siswa dan guru Biologi mereka meminta untuk mengabadikan momen menarik setelah berdiskusi selama dua jam pelajaran. Filogenetika dalam pembelajaran materi Genetika sangat menarik perhatian para siswa dan guru yang ikut kegiatan ini. Semangat dan kegembiraan mereka tampak pada Gambar 3 berikut ini. Hal penting dari momen ini adalah diskusi yang menarik dan penuh semangat itu bisa dikenang. Selanjutnya apakah ada ide khusus dari siswa dan guru Biologi? Kami menunggu dan siap memberikan yang terbaik jika dibutuhkan.



Gambar 3. Foto bersama Siswa dan Guru MAN2 Mataram setelah kegiatan

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kegiatan dan diskusi dengan peserta kegiatan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan Pohon Filogenetika dalam pembelajaran materi Genetika mampu menyelesaikan kesulitan belajar siswa. Pemahaman terhadap permasalahan Genetika yang kompleks terutama pada pembelajaran genetika molekuler yang didapatkan dari penjelasan Tim secara langsung dapat meningkatkan wawasan mereka dan sangat membantu di dalam mewujudkan pembelajaran Genetika yang menyenangkan.

### Ucapan Terima Kasih

Tim pengabdian kepada masyarakat menyampaikan ucapan terimakasih Rektu Universitas Mataram yang telah memberikan dukungan finansial untuk melaksanakan kegiatan ini. Demikian juga kepada Kepala MAN2 Mataram, kami sampaikan terima kasih atas dukungan tempat dan fasilitas dalam pelaksanaan kegiatan ini.

### Referensi

- Yang, B., Wang, Y., & Qian, P. Y. (2016). Sensitivity and correlation of hypervariable regions in 16S rRNA genes in phylogenetic analysis. *BMC bioinformatics*, 17(1), 135.
- Mirabella, F. M. (2011). Pendekatan Pohon dalam Filogenetik. *Makalah IF2091 Struktur Diskrit-Sem. I. Institut Teknologi Bandung, Bandung*.
- Mu'inah, U. M. (2018). APLIKASI METODE SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) PADA DATA BIOINFORMATIKA (Studi Kasus: Klasifikasi Genes Expression Data Maize Nested Association Mapping).
- Can, T. (2013). Introduction to bioinformatics. In *miRNomics: MicroRNA biology and computational analysis* (pp. 51-71). Totowa, NJ: Humana Press.
- Li, C. Y., Chen, R. M., Chien, B. C., Hu, R. M., & Tsai, J. J. (2017). Unsupervised clustering of time series gene expression data based on spectrum processing and autoregressive modeling. *Computational Methods With Applications In Bioinformatics Analysis. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd*, 1-21.
- Cholvistaria, M., & Hening, W. (2020). Analisis Perkebunan Organik sebagai Sumber Belajar Ekosistem. *Jurnal BioloVA*, 1(2), 118-129.
- Kartika, N. L., Liviawaty, E., Afrianto, E., & Rostini, I. (2019). Effectiveness of Aloe vera in Reducing Formaldehyde Levels on Indian Mackerel Fish (*Rastrelliger kanagurta*) During Cold Temperature Storage. *Asian Food Science Journal*, 12(1), 1-13.
- Hendiari, I. G. A. D., Sartimbul, A., Arthana, I. W., & Kartika, G. R. A. (2020). Keragaman genetik ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di wilayah perairan Indonesia. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 28-36.
- Hellberg, M. E., Burton, R. S., Neigel, J. E., & Palumbi, S. R. (2002). Genetic assessment of connectivity among marine populations. *Bulletin of marine science*, 70(1), 273-290.
- Bingpeng, X., Heshan, L., Zhilan, Z., Chunguang, W., Yanguo, W., & Jianjun, W. (2018). DNA barcoding for identification of fish species in the Taiwan Strait. *PloS one*, 13(6), e0198109.
- Queiroz, F. R., Portilho, L. G., Jeremias, W. D. J., Babá, É. H., do Amaral, L. R., Silva, L. M., ... & Gomes, M. D. S. (2020). Deep sequencing of small RNAs reveals the repertoire of miRNAs and piRNAs in *Biomphalaria glabrata*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 115, e190498.
- Mahrus, S. S., Widodo, N., & Sartimbul, A. (2012). The association between genetic variations and omega-3 production on *Sardinella lemuru* in Lombok Strait. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 1(6), 16-12.
- MAHRUS, H., AL IDRUS, A. G. I. L., & SYUKUR, A. (2024). Mitochondrial DNA of CO1 and 16S rRNA genes for diversity and phylogenetic analysis of sardine (*Sardinella* spp.) from the Lombok Straits, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 25(10).
- Haambokoma, C. (2007). Nature and causes of learning difficulties in genetics at high

- school level in Zambia. *Journal of International Development and Cooperation*, 13(1), 1-9.
- Hasibuan, M. (2014). *Analisis kesulitan belajar siswa pada materi genetika di SMA Negeri se-kota Sibolga* (Doctoral dissertation, UNIMED).
- Saenab, S., & Fitri, S. R. (2016). Pembelajaran Genetika (Susah) dengan Strategi Humor (Mudah), Apakah Mempengaruhi Minat Siswa?. *Jurnal nalar pendidikan*, 4(2), 131-136.
- Wang, Z., Lukowski, S. L., Hart, S. A., Lyons, I. M., Thompson, L. A., Kovas, Y., ... & Petrill, S. A. (2015). Is math anxiety always bad for math learning? The role of math motivation. *Psychological science*, 26(12), 1863-1876.
- Zhou, G., & Lampouras, G. (2020). Informed sampling for diversity in concept-to-text NLG. *arXiv preprint arXiv:2004.14364*.
- Nurfadillah, A., Amir, N. I., Asrun, B., Firani, L. S., & Bunga, J. (2023). Pengenalan Bioinformatika, Aplikasi dan Database pada Siswa-Siswi SMK Laniang Makassar. *ABDIKAN: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains dan Teknologi*, 2(1), 108-114.
- Tjandrawinata, R. R. (2016). Industri 4.0: Revolusi industri abad ini dan pengaruhnya pada bidang kesehatan dan bioteknologi. *Jurnal Medicinus*, 29(1), 31-39.
- Zulkifli, L., Hadisaputra, S., & Armyani, I. A. P. (2021). Penggunaan Bioinformatika dalam Pembelajaran Sains Untuk Menyelesaikan Kesulitan Belajar Siswa pada Materi Genetika di SMPN 20 Mataram. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(4), 290-295.