

PELATIHAN BIOINFORMATIKA PADA GURU MGMP BIOLOGI SMA KOTA TERNATE DALAM MENGANALISIS DATA *GENBANK*

Suparman¹⁾, Chumidach Roini²⁾, Iqbal Limatahu³⁾,
Indah Juwita Sari⁴⁾, Said Hasan⁵⁾, Mahyono Hasanudin⁶⁾

^{1,2,5,6)}Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Khairun,

³⁾Prodi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Khairun,

⁴⁾Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

suparman@unkhair.ac.id

Abstract

Bioinformatics is essential for scientists. In reality, the understanding of biology teachers in bioinformatics, especially in utilizing GenBank data, still needs improvement. This training aims to teach the skills of exploring GenBank and dendrogram analysis to biology teachers. Bioinformatics training was conducted for high school biology teachers in the Ternate City MGMP. The training was attended by 21 biology teachers from nine public and private high schools. The participants' skills were categorized as very good, with a score of 95 for exploring GenBank skills and 84 for dendrogram analysis skills. The participants also responded very positively in terms of the presenter and content quality, providing an average score of 95.87 for the presenter and 93.68 for the delivered content. Overall, this bioinformatics training was highly successful and could be expanded with a broader target audience, including Tidore City, and more diverse content.

Keywords: dendrogram, genbank, insilico, NCBI, Ternate.

Abstrak

Bioinformatika saat ini telah menjadi ilmu yang penting bagi para saintis. Kenyataannya, pemahaman para guru dalam materi bioinformatika khususnya dalam pemanfaatan data GenBank masih perlu ditingkatkan. Pengabdian ini bertujuan untuk mengajarkan keterampilan pemanfaatan fungsi GenBank dan analisis dendrogram pada guru-guru biologi. Pengabdian berupa pelatihan Bioinformatika bagi guru-guru MGMP Biologi SMA se-Kota Ternate. Pelatihan diikuti oleh 21 guru biologi dari sembilan SMA negeri dan swasta. Keterampilan peserta termasuk kategori sangat baik yakni nilai 95 pada keterampilan memanfaatkan fungsi GenBank dan 84 pada keterampilan analisis dendrogram. Peserta juga merespon positif dengan kategori baik sekali terhadap pemateri dan isi materi dengan memberikan nilai rata-rata yakni 95,87 untuk pemateri dan 93.68 terhadap konten yang disampaikan. Secara umum, pelatihan bioinformatika ini termasuk sangat berhasil dan dapat dilanjutkan dengan sasaran yang lebih luas meliputi Kota Tidore dengan materi yang lebih bervariasi.

Kata kunci: dendogram, genbank, in silico, NCBI, Ternate.

PENDAHULUAN

Bioinformatika merupakan disiplin ilmu yang menggabungkan bidang biologi terutama data biologi dengan teknologi informasi.

Bioinformatika mempermudah pengolahan data terutama genetika yang meliputi DNA dan protein dengan teknologi komputasi (Herman et al., 2023). Pemanfaatan ilmu dan aplikasi Bioinformatika dalam proses

pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) khususnya Biologi masih tergolong baru (Mahrus et al., 2021), tapi kepopulerannya terus naik dan digunakan oleh banyak peneliti saat ini (Sardi, 2022)

Saat ini, perkembangan bioinformatika sangat penting untuk memahami dan menganalisis data biologis yang besar dan kompleks dengan pendekatan *in silico* (Hossain et al., 2023; Agamah et al., 2020). Salah satu fungsi yang dapat dilakukan dalam bioinformatika ialah desain primer secara *in silico* (Suparman et al., 2016) dan penelitian *in silico* yang berguna bagi sebagai suatu pendahuluan dalam penelitian secara *invitro* dan *invivo*. Dalam konteks pendidikan, bioinformatika telah menjadi topik yang menarik untuk diajarkan kepada siswa SMA (Machluf & Yarden, 2013; (Martins et al., 2020).

Pada kurikulum SMA dan MA, materi bioinformatika merupakan bagian dari bahasan genetika dan bioteknologi (Mahrus et al., 2021) dimana pembelajaran yang berbasis bioinformatika di SMA dapat meningkatkan literasi, minat, dan sikap siswa terhadap regulasi genomik, dan evolusi (Martins et al., 2020) Pembelajaran bioinformatika memicu siswa menjadi melek teknologi informasi yang mempermudah guru dan siswa dalam mencari sumber belajar (Pertiwi et al., 2022). Pengenalan bioinformatika di SMA dapat menciptakan pembelajaran yang lebih relevan dengan kebutuhan dunia nyata. Siswa akan diajarkan tentang metode analisis data biologis, pemodelan molekuler, dan pemahaman tentang basis data genetik. Hal ini akan mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan di bidang biologi yang semakin kompleks dan memberikan wawasan pada adanya

profesi baru yakni ahli bioinformatika (Davies et al., 2019).

Saat identifikasi permasalahan mitra yakni dengan guru-guru biologi SMA di Kota Ternate, peneliti menemukan kenyataan bahwa para guru belum mengajarkan materi mengenai bioinformatika secara mendalam. Hal ini karena para guru belum memahami materi bioinformatika termasuk pemanfaatan data GenBank dan analisisnya menggunakan website GenBank NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> 2023).

Pelatihan ini bertujuan untuk memberikan keterampilan guru-guru dalam pemanfaatan data GenBank dan melakukan analisis menggunakan piranti yang tersedia dalam website NCBI. Keterampilan dalam hal ini ialah memanfaatkan fungsi dasar GenBank dan menganalisis pohon filogenetik yang dihasilkan dari piranti pada GenBank NCBI.

Pembelajaran bioinformatika memiliki potensi besar untuk memberikan manfaat bagi guru-guru SMA di Kota Ternate diantaranya ialah manfaatnya dalam meningkatkan minat siswa dan kompetensi guru, serta langkah-langkah yang dapat diambil untuk mendukung implementasi pembelajaran bioinformatika yang efektif di SMA se Kota Ternate.

METODE

Pelaksanaan pengabdian berbentuk pelatihan bagi guru-guru biologi SMA se-Kota Ternate. Tim pelaksana pengabdian adalah dosen pendidikan biologi. Mitra pengabdian adalah guru-guru biologi SMA/MA dalam wadah Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) Biologi SMA se-Kota Ternate yang berjumlah 21 orang.



Gambar 1. Alur Pelatihan

Rincian tahapan pengabdian terdapat pada gambar 1, sebagai berikut: 1. Identifikasi dan justifikasi masalah: identifikasi masalah mitra melalui diskusi antara tim peneliti dengan perwakilan mitra juga dengan observasi langsung oleh peneliti terhadap guru-guru biologi SMA, selanjutnya justifikasi bersama masalah yang dihadapi mitra; 2. Pelaksanaan pengabdian: Pelatihan bioinformatika meliputi teori-teori dan pengenalan website *GenBank* serta peragaan pemanfaatan aplikasi pada website *GenBank*; dilanjutkan dengan pendampingan yakni guru-guru diminta untuk mempraktikkan keterampilan bioinformatika yang telah dilatihkan dengan didampingi oleh tim peneliti sekaligus observasi keterampilan guru-guru; 3. Evaluasi Bersama: evaluasi yakni pengisian angket kepuasan peserta terhadap pelaksanaan pengabdian yang berisi tanggapan tertulis guru-guru terhadap isi materi, narasumber dan fasilitas kegiatan. Evaluasi bertujuan untuk mendapatkan

hasil terbaik bagi pelaksanaan pengabdian dan memberi rekomendasi tindak lanjut.

Keberhasilan pelaksanaan pengabdian dapat dievaluasi dari nilai keterampilan guru-guru saat pendampingan bioinformatika dan nilai kepuasan peserta terhadap materi, narasumber dan fasilitas kegiatan. Indikator keterampilan yang diobservasi pada guru-guru sesuai dengan tabel 1 dan kepuasan pelaksanaan pengabdian dinilai dari angket yang diisi peserta pelatihan mengacu pada tabel 2. Pelaksanaan pelatihan dikategorikan berhasil jika skor peserta rata-rata dari semua kategori bernilai 80 atau kategori baik.

Skor penilaian ialah sebagai berikut:

Skor	Kategori
81-100	Baik sekali
61-80	Baik
41-60	Cukup
21-40	Kurang baik
0-20	Tidak baik

Tabel 1. Indikator dan skor penilaian saat workshop pendampingan bioinformatika

Keterampilan guru yang diukur	Skor				
	1	2	3	4	5
Pemanfaatan fungsi dasar <i>GenBank</i>					
1 Mencari DNA dan spesies target					
2 Membaca informasi fitur suatu nucleotide					

3	Mengunduh dan menyimpan file fasta					
4	Merapihkan file fasta					
5	Mensejajarkan sekuens DNA dengan Blastn					
6	Konstruksi dendogram					
Menganalisis dendogram		1	2	3	4	5
1	Mencari pasangan spesies yang berkerabat dekat					
2	Mencari pasangan spesies yang berkerabat jauh					
3	Menentukan tipe kekerabatan dua OUT (Monofiletik/parafiletik/polifiletik)					
Total Skor						

* cek list (√) pada skor yang sesuai.
 Skor indikator keterampilan.
 1: dilakukan tapi kurang tepat, 2: benar lebih dari 50%; 3: benar tapi belum sempurna;
 4: benar; 5: benar dan cepat.

Tabel 2. Indikator tanggapan peserta terhadap pelaksanaan pengabdian.

Indikator yang dinilai		Skor				
Konten pelatihan		1	2	3	4	5
1	Konten pelatihan sejalan dengan kebutuhan guru-guru biologi					
2	Isi pelatihan bisa dengan mudah diterima dan implementasikan					
3	Konten pelatihan sejalan dengan keperluan para peserta					
Pemateri		1	2	3	4	5
1	Pembicara memiliki penguasaan yang mendalam terhadap materi yang disampaikan					
2	Pembicara memberikan kesempatan bagi partisan untuk mengajukan pertanyaan dan mendapat jawaban					
3	Pembicara menyajikan materinya dengan tatabahasa yang jelas dan terstruktur					
Skor Total						

* cek list (√) pada skor yang sesuai.

Skor indikator: 1 : Tidak Baik; 2 : Kurang Baik; 3 : Cukup 4 : Baik; 5 : Baik Sekali

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelatihan bioinformatika bagi guru-guru biologi SMA yang tergabung dalam MGMP Biologi SMA Kota Ternate adalah salah satu upaya yang perlu dilakukan dalam rangka menambah kemampuan guru-guru biologi khususnya dalam bidang bioinformatika. Pelatihan bertujuan memberikan keterampilan spesifik yakni memanfaatkan data GenBank yang tersedia di website NCBI. Secara umum kegiatan berjalan secara lancar yang diikuti oleh 21 orang guru biologi dari

sembilan sekolah, terlihat pada gambar 1 dan 2 saat pelaksanaan pelatihan.

Pelaksanaan pelatihan pada tanggal 11-12 Agustus 2023. Lokasi kegiatan di ruang multimedia SMAN 1 Kota Ternate. Pelatihan dibuka oleh Koordinator MGMP Biologi SMA/MA Kota Ternate, Mustamin Lila, S.Pd., M.Pd.

Materi pelatihan meliputi pemanfaatan fungsi dasar pada website GenBank. Tahap awal ialah pencarian DNA dan spesies target diikuti dengan pembacaan informasi pada file DNA di GenBank. Peserta selanjutnya diajarkan pengunduhan data DNA, dan

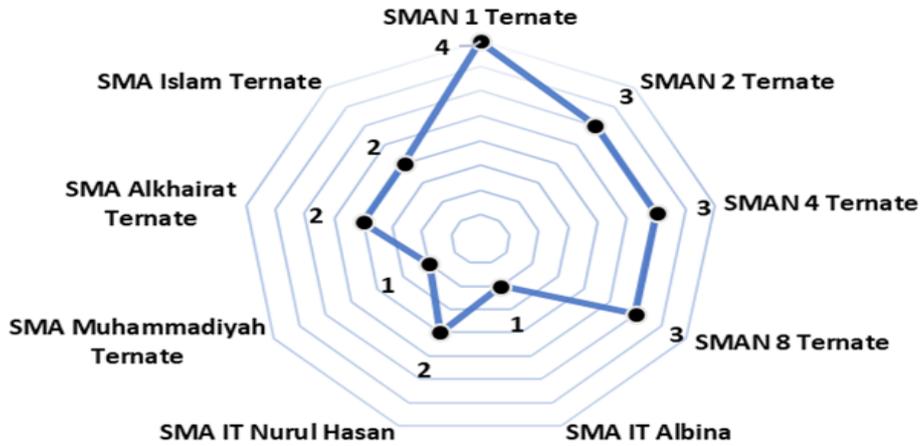
penyimpanan file DNA dalam bentuk fasta.

pengenalan GenBank



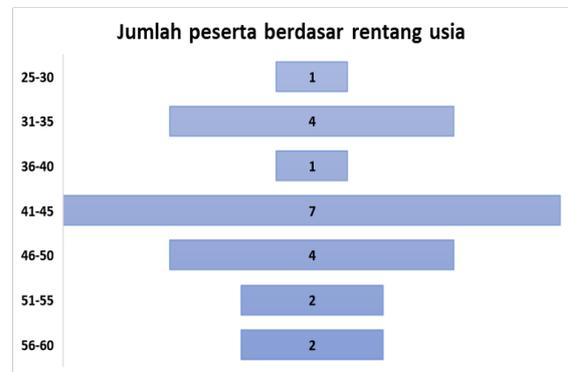
Gambar 1. Suasana pelatihan pada sesi

Informasi Jumlah Peserta



Gambar 3. Informasi peserta berdasarkan sebaran asal sekolah, angka yang tertera menunjukkan jumlah peserta

Jumlah peserta keseluruhan ialah 21 orang dengan rincian asal sekolah seperti pada gambar 3. Peserta paling banyak berasal dari SMAN 1 Kota Ternate berjumlah 4 orang, selanjutnya SMAN 2, SMAN 4, SMAN 8, masing-masing tiga peserta. Sekolah lain mengirimkan dua dan satu peserta.

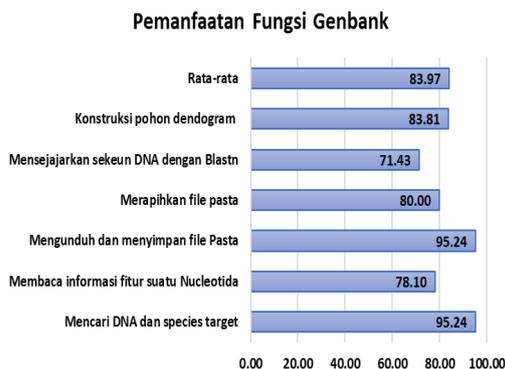


Gambar 4. Informasi jumlah peserta berdasarkan rentang usia guru

Peserta berdasarkan rentang usia tersebar dari usia 25-30 tahun hingga 56-60 tahun (gambar 4). Dominansi peserta berasal dari usia 41-45 tahun yakni tujuh orang. Rentang usia 25-30 tahun dan 36-40 tahun masing-masing satu peserta.

Keterampilan peserta pada saat pendampingan terdiri dari dua kelompok keterampilan. Kelompok tersebut ialah pemanfaatan fungsi dasar *GenBank* dan analisis dendogram. Masing-masing kelompok keterampilan terbagi dalam indikator masing-masing seperti pada tabel 1.

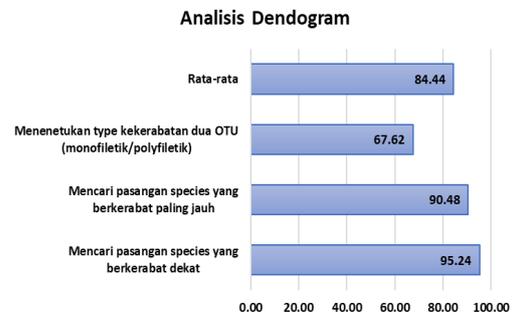
Nilai keterampilan yang didapatkan dari observasi terhadap peserta pelatihan ditunjukkan pada gambar 5 dan 6. Pada gambar 5, secara umum rata-rata keterampilan peserta pada pemanfaatan data *GenBank* ialah 83,97 yang tergolong dalam kategori baik sekali. Skor tertinggi adalah keterampilan mencari DNA dan spesies target, yakni 95,24. Keterampilan yang berada pada posisi terendah ialah mensejajarkan sekuen DNA dengan *Blastn* yakni 71,43 tergolong pada kategori cukup.



Gambar 5. Nilai Keterampilan pada pemanfaatan fungsi *GenBank*.

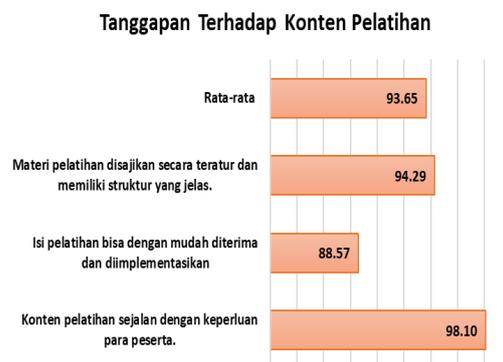
Keterampilan dalam menganalisis dendogram oleh guru-guru memiliki nilai rata-rata 84,44 yang tergolong sangat baik. Skor tertinggi pada keterampilan mencari pasangan

spesies yang berkerabat dekat, yakni 95,24. Skor terendah pada keterampilan menentukan tipe kekerabatan dua sampel. Skornya ialah 67,62 dengan kategori cukup.



Gambar 6. Nilai Keterampilan pada analisis dendogram

Evaluasi berupa tanggapan peserta terhadap isi materi pelatihan ditunjukkan pada gambar 7. Rata-rata tanggapan guru terhadap materi ialah tergolong sangat baik sekali, dengan skor 93,65. Peserta menilai bahwa konten pelatihan sangat sesuai dengan yang peserta butuhkan, hal ini tergambar pada skor yang sangat tinggi yakni 98,10. Para guru menganggap bahwa materi pelatihan akan dapat diimplementasikan oleh guru memiliki skor 88,57.



Gambar 7. Skor Nilai Evaluasi berupa tanggapan terhadap Konten Pelatihan

Evaluasi berikutnya ialah tanggapan terhadap pemateri yang meliputi cara penyampaian materi,

memberikan kesempatan bertanya, dan penguasaan materi. Diagram skor tanggapan ditunjukkan pada gambar 8. Tanggapan tertinggi ialah pada respon guru-guru terhadap pemateri, yakni 98,10. Selanjutnya penggunaan tatabasa dan terakhir ialah memberikan kesempatan bertanya bagi peserta.



Gambar 8. Skor Tanggapan Terhadap Pemateri

Antusiasme guru biologi SMA terhadap pelatihan bioinformatika tergambar pada banyaknya jumlah peserta pada gambar 3. Kegiatan sejenis, yakni pelatihan bioinformatika yang dilakukan di Jakarta oleh Pratiwi et al (2017) juga mendapat tanggapan positif dari peserta.

Beberapa perwakilan sekolah yang tidak bergabung dalam pelatihan ini memiliki alasan yang berbeda diantaranya ialah terlambatnya undangan dan tidak tersampainya sosialisasi, Bagi Madrasah Aliyah memiliki MGMP tersendiri yang berbeda dengan SMA walaupun tetap dalam satu koordinasi.

Kelompok keterampilan awal yang penting dilatihkan pada kegiatan ini ialah pengenalan data *GenBank* pada website www.ncbi.nlm.nih.gov/GenBank/. Situs ini sangat penting karena *GenBank* adalah sumber informasi luas yang memuat lebih dari 6,25 triliun pasang basa dari lebih dari 1,6 miliar urutan nukleotida, yang mewakili 450.000

spesies yang telah secara resmi diidentifikasi (Sayers et al., 2020).

Kelompok keterampilan ini mendapatkan skor nilai yang sangat baik, terutama pada indikator mencari DNA dan spesies target pada *GenBank* di website NCBI. Keterampilan tersebut berperan penting dalam konstruksi pohon filogenetik. Rata-rata keterampilan guru pada kategori ini sangat tinggi yakni 95.24.

DNA sasaran yang umum dijadikan target dalam filogenetik dan kekerabatan ialah gen moderat yang juga dijadikan sebagai DNA *barcode* pada kelompok makhluk hidup. Prinsipnya, DNA barcode mengandung variasi yang dapat diartikan sebagai karakter untuk membedakan spesies (Amandita et al., 2019). Dua gen penanda populer yang terdapat pada kloroplas ialah gen *matK* dan *rbcL*. Peserta dalam pelatihan ini diminta mencari dan mengoleksi sekuen gen *rbcL* beberapa spesies *Mangifera* dari *GenBank* menggunakan *tool* pencarian pada kategori nukleotida.

Setelah mendapatkan gen dan spesies target, peserta diminta memahami dengan membaca informasi yang terdapat pada *GenBank*. Informasi tersebut meliputi nama spesies, lokus, urutan gen, anotasi dan referensi ilmiah. Keterampilan penting berikutnya ialah pengunduhan dan penyimpanan gen target dalam bentuk file fasta. Pensejajaran sekuen DNA dilakukan oleh peserta dengan menggunakan fitur *Blast* yang disediakan NCBI (Latifah et al., 2020). Langkah berikutnya ialah konstruksi dendrogram dan pembacaan pohon filogenetik.

Peserta menganalisis dendrogram terutama pada mencari pasangan spesies yang berkerabat dekat dan jauh serta menentukan tipe kekerabatan antar OTU. Rata-rata keterampilan ini tergolong sangat baik (84,44). Kesulitan

yang dialami para guru ialah menentukan tipe kekerabatan dua OTU yakni apakah monofiletik atau polifiletik.

Evaluasi pelatihan dan pendampingan dilakukan Bersama tim pengabdian dan peserta. Kegiatan secara keseluruhan berhasil dan mendapat tanggapan sangat baik dari peserta. Tanggapan terhadap isi materi dalam kategori sangat baik dengan skor 93,65. Konten pelatihan juga sesuai dengan kebutuhan peserta. Materi-materi tersebut terutama berhubungan dengan bahasan olimpiade biologi nasional.

Tanggapan para guru terhadap pemateri juga sangat baik. Menurut peserta, pemateri memiliki kompetensi yang memadai pada materi yang disampaikan. Cara pemateri menyampaikan dan memberikan kesempatan pada peserta juga mendapat tanggapan positif dengan skor nilai diatas 90.

Pelatihan dari awal hingga selesai berjalan lancar dan memberikan keterampilan bagi guru dalam memanfaatkan fungsi *GenBank* dan analisis dendogram. Peserta juga merespon sangat positif terhadap kegiatan yang dilakukan. Program sejenis dapat dilanjutkan pada sasaran kabupaten yang lain dan atau pengembangan pada materi lainnya dalam bioinformatika.

Keterampilan khusus yang berhubungan dengan bidang studi seperti ini sangat penting selain keterampilan pedagogic dan keetrampilan publikasi seperti penulisan PTK yang dapat meningkatkan kemampuan dan kompetensi guru (Meke et al., 2023).

SIMPULAN

Pelatihan bioinformatika secara umum berjalan lancar dan mendapat respon positif. Hal ini tergambar dari banyaknya jumlah peserta dan tanggapan para peserta terhadap materi dan isi pelatihan. Keterampilan. Keterampilan para guru dalam pelaksanaan pelatihan termasuk dalam kategori sangat baik.

Rekomendasi kegiatan pelatihan berikutnya ialah dapat berupa perluasan sasaran atau pendalaman materi bioinformatika. Perluasan dapat dilakukan pada MGMP kabupaten lain misalnya MGMP Kota Tidore. Pendalaman materi dapat berupa praktik langsung dengan gen dan spesies yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada guru-guru MGMP Biologi SMA Se-Kota Ternate. Pendanaan diberikan oleh Hibah PKUPT Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Khairun tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Agamah, F. E., Mazandu, G. K., Hassan, R., Bope, C. D., Thomford, N. E., Ghansah, A., & Chimusa, E. R. (2020). Computational/in silico methods in drug target and lead prediction. *Briefings in Bioinformatics*, 21(5), 1663–1675.
<https://doi.org/10.1093/bib/bbz103>
- Amandita, F. Y., Rembold, K., Vornam, B., Rahayu, S., Siregar, I. Z., Kreft, H., & Finkeldey, R. (2019). DNA barcoding of

- flowering plants in Sumatra, Indonesia. *Ecology and Evolution*, 9, 1858–1868. <https://doi.org/10.1002/ece3.4875>
- Davies, A. C., Harris, D., Banks-Gatenby, A., & Brass, A. (2019). Problem-based learning in clinical bioinformatics education: Does it help to create communities of practice? *PLoS Computational Biology*, 15(6), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006746>
- Herman, H., Sunardi, S., & Famuji, T. S. (2023). Proses Implementasi Bioinformatika Pada Digitalisasi Data Genetika Manusia. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.24176/simet.v14i1.9064>
- Hossain, M. A., Sohel, M., Rahman, M. H., Hasan, M. I., Sharif Khan, M., Al Amin, M., Zahidul Islam, M., & Peng, S. (2023). Bioinformatics and In silico approaches to identify novel biomarkers and key pathways for cancers that are linked to the progression of female infertility: A comprehensive approach for drug discovery. *PLoS ONE*, 18(1 January), 1–28. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265746>
- Latifah, L., Muarifahb, H., Sopiana, Y., & Guntur, A. (2020). Analisis Genetik Gen KiSS1 pada Kambing Berdasarkan Sekuen DNA GenBank. *Journal of Tropical Animal Research*, 1(1), 20–28.
- Machluf, Y., & Yarden, A. (2013). Integrating bioinformatics into senior high school: Design principles and implications. *Briefings in Bioinformatics*, 14(5), 648–660. <https://doi.org/10.1093/bib/bbt030>
- Mahrus, Lalu Zulkifli, Saprizal Hadisaputra, & Ida Ayu Putu Armyani. (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. <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v4i4.1128>
- Martins, A., Fonseca, M. J., Lemos, M., Lencastre, L., & Tavares, F. (2020). Bioinformatics-Based Activities in High School: Fostering Students' Literacy, Interest, and Attitudes on Gene Regulation, Genomics, and Evolution. *Frontiers in Microbiology*, 11(October). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.578099>
- Meke, K., Sao, S., Suryani, L., Bala, A., Welu, F., Nande, M., Daud, M. H., Kaleka, M. B. U., Amrin, S., GustiMa, S., Ota, M. K., Banda, Y. M., Kusi, J., & Se, B. (2023). Pendampingan Pelaksanaan Penelitian Tindakan Kelas dan Penulisan Publikasi Ilmiah Bagi Guru Di SMA. *MARTABE : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(6), 1876–1886.
- Pertiwi, Y., Indah, R. A., & Fitri, R. (2022). Pemanfaatan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Dalam Pembelajaran Daring Di Sekolah Dasar. *Prosiding SEMNAS BIO 2022 UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*, 1076–1084. <https://doi.org/10.36989/didaktik>

- .v7i02.216
- Pratiwi, R. D., Pratiwi, R. H., & Noer, S. (2017). Peningkatan Kompetensi Guru Biologi Melalui Pelatihan Penggunaan Aplikasi Bioinformatika. *Qardhul Hasan: Media Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 153–161. <https://doi.org/10.30997/qh.v3i2.826>
- Sardi, A. (2022). Bioinformatics: Challenges in Integrating Biological Information. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(4), 1297–1301. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i4.4346>
- Sayers, E. W., Cavanaugh, M., Clark, K., Ostell, J., Pruitt, K. D., & Karsch-Mizrachi, I. (2020). GenBank. *Nucleic Acids Research*, 48(D1), D84–D86. <https://doi.org/10.1093/nar/gkz956>
- Suparman, S., Ahmad, H., & Ahmad, Z. (2016). DESAIN PRIMER PCR SECARA IN SILICO UNTUK AMPLIFIKASI GEN COI PADA KUPU-KUPU *Papilio ulysses* Linnaeus DARI PULAU BACAN. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 7(1), 14–24. <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v7i1.17341>