



Biogenerasi Vol 11 No 2, 2026  
**Biogenerasi: Jurnal Pendidikan Biologi**  
Universitas Cokroaminoto Palopo  
<https://e-journal.my.id/biogenerasi>  
e-ISSN 2579-7085



---

**INTEGRASI ALAT BIOINFORMATIKA DALAM KURIKULUM GENETIKA MOLEKULER: MENINGKATKAN KOMPETENSI ABAD 21 MAHASISWA**

Revalina Mawarni<sup>1</sup>, Tomi Hidayat<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Indonesia

Corresponding author E-mail: [revalina2712mawarni@gmail.com](mailto:revalina2712mawarni@gmail.com)

---

DOI : <https://doi.org/10.30605/c1egr668>

Accepted : 30 April 2026    Approved : 21 Mei 2026    Published : 22 Mei 2026

**Abstract**

This study aims to analyze the effectiveness of bioinformatics-based molecular genetics learning in improving students' 21st-century competencies. A quantitative approach with a pre-experimental one group pretest-posttest design was employed. The participants consisted of students from one class selected through total sampling. The research procedure included administering a pretest, implementing bioinformatics-based learning using NCBI BLAST supported by student worksheets, and conducting a posttest. Data were analyzed using descriptive statistics, N-gain, and a paired sample t-test. The results showed that the mean pretest score of 72.30 increased to 87.95 in the posttest. The N-gain value was 0.56, categorized as moderate. The paired sample t-test indicated a significant difference between pretest and posttest scores ( $p < 0.05$ ). These findings demonstrate that bioinformatics-based learning effectively enhances students' 21st-century competencies, including critical thinking, problem-solving, digital literacy, and collaboration. Therefore, integrating bioinformatics into molecular genetics learning can serve as an innovative approach to improve learning quality in higher education.

**Keywords :** Bioinformatics, Molecular Genetics Learning, 21st-Century Competencies, N-gain, Paired Sample t-test

## PENDAHULUAN

Perkembangan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi pada era Revolusi Industri 4.0 telah mendorong terjadinya transformasi signifikan dalam praktik pendidikan tinggi, termasuk dalam pembelajaran genetika molekuler. Bidang ini tidak lagi memadai jika hanya disampaikan melalui pendekatan konseptual semata, melainkan menuntut kemampuan analisis data biologis berbasis teknologi yang selaras dengan perkembangan sains modern. Dalam konteks tersebut, bioinformatika sebagai bidang interdisipliner yang mengintegrasikan biologi, matematika, dan teknologi informasi memiliki peran penting dalam analisis komputasional data genomik (Amanda *et al.*, 2025). Oleh karena itu, penguasaan bioinformatika menjadi kompetensi esensial bagi mahasiswa biologi agar mampu beradaptasi dengan perkembangan ilmu pengetahuan serta memenuhi tuntutan dunia kerja yang semakin berbasis data (Mahrus *et al.*, 2021).

Namun demikian, implementasi pembelajaran genetika molekuler di perguruan tinggi masih menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan perkembangan ilmu pengetahuan dan praktik pembelajaran di lapangan. Proses pembelajaran masih cenderung didominasi oleh pendekatan teoritis dengan minimnya integrasi teknologi, khususnya penggunaan alat bioinformatika. Kondisi ini menyebabkan mahasiswa belum memperoleh pengalaman belajar yang autentik dalam mengolah, menganalisis, dan menginterpretasikan data biologis secara langsung (Sari *et al.*, 2024). Dampaknya, pengembangan kompetensi abad ke-21 seperti kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan literasi digital belum berkembang secara optimal (Tandiwara *et al.*, 2025).

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran biologi mampu meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar. Pemanfaatan alat bioinformatika seperti BLAST dan GenBank memungkinkan mahasiswa memahami konsep genetika secara lebih kontekstual melalui analisis data nyata (Anwar *et al.*, 2022). Selain itu, pembelajaran berbasis bioinformatika juga terbukti meningkatkan keterlibatan mahasiswa, keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*), serta kemampuan kolaboratif dalam menyelesaikan permasalahan ilmiah (Mkminah & Hirlan, 2025). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih terbatas

pada penggunaan alat secara parsial dan belum terintegrasi secara sistematis dalam desain pembelajaran yang terstruktur.

Dengan demikian, terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*), yaitu masih terbatasnya kajian empiris yang menguji integrasi bioinformatika secara terstruktur dalam pembelajaran genetika molekuler serta dampaknya secara langsung terhadap pengembangan kompetensi abad ke-21 mahasiswa dalam konteks kelas nyata. Padahal, integrasi yang terencana dan sistematis sangat diperlukan agar pemanfaatan bioinformatika tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mampu mendukung pencapaian tujuan pembelajaran secara komprehensif.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan (*novelty*) berupa integrasi alat bioinformatika secara terstruktur dalam pembelajaran genetika molekuler yang dirancang untuk meningkatkan kompetensi abad ke-21 mahasiswa secara simultan. Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada penyediaan bukti empiris mengenai efektivitas implementasi pembelajaran berbasis bioinformatika dalam konteks kelas nyata, yang tidak hanya berfokus pada peningkatan pemahaman konsep, tetapi juga pada pengembangan kemampuan berpikir kritis, literasi digital, serta keterampilan analisis data biologis secara terukur.

Sejalan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa sebelum dan sesudah penerapan pembelajaran berbasis bioinformatika, menganalisis peningkatan literasi digital mahasiswa dalam penggunaan alat bioinformatika, dan mengevaluasi kemampuan mahasiswa dalam menganalisis data biologis sebagai bagian dari kompetensi abad ke-21.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *pre-eksperimental*, yaitu *one group pretest-posttest design*, yang bertujuan untuk mengkaji peningkatan kompetensi abad ke-21 mahasiswa setelah penerapan pembelajaran berbasis bioinformatika (Arumningtyas & Ilyas, 2025). Partisipan dalam penelitian ini adalah 26 mahasiswa semester 5 yang mengikuti mata kuliah Genetika Molekuler dalam satu kelas. Partisipan dipilih menggunakan teknik *total sampling*, sehingga seluruh mahasiswa dalam kelas dilibatkan sebagai sampel penelitian. Prosedur

penelitian dilaksanakan melalui tiga tahapan utama. Tahap pertama adalah pelaksanaan *pretest* untuk mengukur kemampuan awal mahasiswa terkait kompetensi abad ke-21 sebelum perlakuan diberikan. Tahap kedua adalah penerapan pembelajaran berbasis bioinformatika yang didukung dengan penggunaan lembar kerja mahasiswa sebagai panduan pembelajaran. Pada tahap ini, mahasiswa melakukan analisis sekuens DNA yang diperoleh dari basis data GenBank melalui platform *National Center for Biotechnology Information* (NCBI).

Analisis kesamaan sekuens dilakukan menggunakan *Basic Local Alignment Search Tool* (BLAST), khususnya BLASTn, untuk mengidentifikasi tingkat homologi antara sekuens uji dengan sekuens referensi yang tersedia dalam basis data. Tahapan analisis meliputi pengambilan sekuens DNA dari GenBank, pemasukan data ke dalam sistem BLAST, pemilihan jenis analisis, pelaksanaan proses *alignment*, serta interpretasi hasil berdasarkan nilai *percent identity*, *E-value*, dan kesesuaian dengan spesies yang memiliki kemiripan tertinggi. Tahap ketiga adalah *posttest*, yang bertujuan untuk mengukur peningkatan kompetensi mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran.

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berupa tes esai yang dirancang untuk

mengukur kompetensi abad ke-21 mahasiswa, meliputi kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, literasi digital, dan keterampilan kolaborasi. Pengembangan instrumen mengacu pada kerangka *Partnership for 21st Century Learning (P21)* sebagai dasar dalam menentukan indikator kompetensi yang diukur. Instrumen yang digunakan pada *pretest* dan *posttest* terdiri atas 10 soal esai. Bentuk soal esai dipilih karena dianggap lebih efektif dibandingkan tes objektif dalam mengukur kemampuan berpikir kritis, kemampuan analisis, keterampilan pemecahan masalah, serta kemampuan komunikasi ilmiah mahasiswa secara lebih mendalam (Nurhayati *et al.*, 2025; Ramadhani *et al.*, 2025). Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk membandingkan nilai rata-rata *pretest* dan *posttest*. Peningkatan hasil belajar dihitung menggunakan skor *Normalized Gain (N-gain)* menurut Hake (1999) dengan kategori tinggi ( $g > 0,7$ ), sedang ( $0,3 \leq g \leq 0,7$ ), dan rendah ( $g < 0,3$ ) dalam (Fuadi *et al.*, 2025). Sebelum dilakukan uji hipotesis, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas sebagai prasyarat analisis. Selanjutnya, uji *paired sample t-test* digunakan untuk menguji signifikansi perbedaan antara nilai *pretest* dan *posttest* pada taraf signifikansi 0,05.

## HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran genetika molekuler berbasis bioinformatika memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kompetensi abad ke-21 mahasiswa. Peningkatan tersebut ditunjukkan melalui analisis statistik deskriptif, analisis *N-gain*, dan hasil uji *paired sample t-test*.

Tabel 1. Statistik Deskriptif *Pretest*, *Posttest*, dan *N-Gain*

Variabel	N	Minimum	Maksimum	Mean	Standar Deviasi
<i>Pretest</i>	20	62,00	87,00	72,30	7,04
<i>Posttest</i>	20	80,00	99,00	87,95	5,39
<i>N-Gain</i>	20	0,23	0,95	0,56	0,19

Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata *posttest* mengalami peningkatan dibandingkan nilai rata-rata *pretest*, yaitu dari 72,30 menjadi 87,95. Selain itu, hasil analisis *N-gain* menunjukkan nilai rata-rata sebesar 0,56 yang termasuk dalam kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran genetika molekuler berbasis bioinformatika cukup efektif dalam meningkatkan kompetensi abad ke-21 mahasiswa.

Tabel 2. Hasil Uji *Paired Sample t-test*

Variabel	Mean Difference	t-value	df	Sig. (2-tailed)	Keterangan
<i>Pretest-Posttest</i>	-15,65	-11,48	19	0,000	Terdapat perbedaan signifikan

Hasil uji *paired sample t-test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ( $< 0,05$ ), sehingga

terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest*. Dengan demikian,

pembelajaran genetika molekuler berbasis bioinformatika memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kompetensi mahasiswa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran genetika molekuler berbasis bioinformatika mampu meningkatkan kompetensi abad ke-21 mahasiswa. Peningkatan tersebut terlihat dari kenaikan nilai rata-rata *pretest* dan *posttest*, serta adanya perbedaan yang signifikan secara statistik setelah proses pembelajaran berlangsung. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi bioinformatika dalam pembelajaran tidak hanya membantu mahasiswa memahami konsep genetika molekuler, tetapi juga mendukung pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, literasi digital, dan kolaborasi. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis teknologi dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan kemampuan analitis mahasiswa (Khalil, 2025).

Nilai *N-gain* sebesar 0,56 yang berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis bioinformatika cukup efektif dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa, meskipun efektivitasnya belum mencapai kategori tinggi. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa mahasiswa masih memerlukan waktu adaptasi dalam menggunakan perangkat bioinformatika selama proses pembelajaran. Selain itu, peningkatan hasil belajar yang belum optimal dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti keterbatasan waktu pembelajaran, kompleksitas materi genetika molekuler, dan perbedaan kemampuan awal mahasiswa dalam menggunakan teknologi pembelajaran (Raengkus *et al.*, 2026).

Efektivitas pembelajaran ini juga berkaitan erat dengan keterlibatan aktif mahasiswa selama proses pembelajaran berlangsung. Pemanfaatan perangkat bioinformatika seperti National Center for Biotechnology Information BLAST memungkinkan mahasiswa melakukan analisis sekuens DNA secara langsung. Aktivitas tersebut mendorong mahasiswa untuk melakukan analisis, evaluasi, dan interpretasi data biologis sehingga kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah dapat berkembang dengan lebih baik. Kemampuan tersebut merupakan bagian dari *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) yang penting dikembangkan dalam pembelajaran biologi abad ke-21 (Wahyuni & Hidayati, 2023). Selain itu, mahasiswa juga memperoleh pengalaman belajar yang lebih kontekstual karena terlibat langsung

dalam eksplorasi data biologis nyata. Temuan ini sejalan dengan pendekatan konstruktivisme yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun melalui pengalaman belajar yang aktif dan bermakna (Ningsih *et al.*, 2023).

Integrasi teknologi dalam pembelajaran turut mendukung pengembangan literasi digital dan kemampuan kolaborasi mahasiswa sebagai bagian dari kompetensi abad ke-21. Pembelajaran berbasis bioinformatika membantu mahasiswa memahami konsep genetika molekuler yang bersifat abstrak melalui pendekatan berbasis data dan praktik langsung. Dengan demikian, proses pembelajaran menjadi lebih interaktif, kontekstual, dan relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada era modern. Hal ini sejalan dengan penelitian (Perdana *et al.*, 2025), yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis teknologi berperan penting dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21 mahasiswa. Selain itu, hasil penelitian ini juga konsisten dengan penelitian (Sari *et al.*, 2024).

Meskipun hasil penelitian menunjukkan pengaruh positif, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Penggunaan desain *pre-experimental* tanpa kelompok kontrol menyebabkan penelitian belum mampu menjelaskan hubungan sebab-akibat secara lebih kuat. Selain itu, jumlah sampel yang terbatas pada satu kelas juga membatasi generalisasi hasil penelitian. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain penelitian yang lebih kuat, seperti *quasi-experimental* atau *true experimental design*, dengan melibatkan kelompok kontrol dan jumlah sampel yang lebih besar agar diperoleh hasil penelitian yang lebih komprehensif dan akurat. Dengan demikian, integrasi bioinformatika dalam pembelajaran genetika molekuler berpotensi menjadi inovasi pembelajaran yang relevan untuk mendukung pengembangan kompetensi abad ke-21 mahasiswa di perguruan tinggi.

## SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran genetika molekuler berbasis bioinformatika efektif dalam meningkatkan kompetensi abad ke-21 mahasiswa. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan nilai *pretest* dan *posttest*, nilai *N-Gain* yang berada pada kategori sedang, serta hasil uji statistik yang signifikan.

Penggunaan alat bioinformatika seperti National Center for Biotechnology Information BLAST membantu mahasiswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, literasi digital, dan kolaborasi melalui aktivitas pembelajaran berbasis data. Namun, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya penggunaan desain *pre-experimental* tanpa kelompok kontrol dan jumlah sampel yang terbatas pada satu kelas, sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan secara luas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain penelitian yang lebih kuat, melibatkan kelompok kontrol, serta jumlah sampel yang lebih besar agar diperoleh hasil yang lebih valid dan komprehensif. Selain itu, institusi pendidikan perlu menyediakan fasilitas dan pelatihan untuk mendukung implementasi pembelajaran berbasis bioinformatika secara optimal dalam pendidikan biologi.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Amanda, C. A., Khairunnisa, Affandi, M. F., Syahputra, R., AAffif, N. Al, Tambunan, N., & Wardaya, S. T. (2025). Masa Depan Bio Informatika : Mengubah Data Menjadi Terapi. *Jurnal Sistem Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(1), 17–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.59581/jusii-k-widyakarya.v3i1.4410>
- Anwar, M., Nurjanah, S., & Rahayu, W. (2022). Aplikasi Basic Local Alignment Search Tool (Blast) Ncbi Pada Penelitian Molekuler Salmonella SPP. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(11), 15446–15465.
- Arumningtyas, H., & Ilyas. (2025). Pengaruh Pendekatan Pembelajaran STEM Terhadap Keterampilan Abad 21 di Educourse . id. *Kappa Journal*, 9(2), 241–245. <https://doi.org/https://doi.org/10.29408/kpj.v9i2.30467>
- Fuadi, A., Najib, F., & Farikha, R. (2025). Efektivitas Model Pembelajaran Argument Driven Inquiry Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Sma Materi Energi. *Lensa (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 15(2), 122–131. <https://doi.org/10.24929/lensa.v15i2.812>
- Khalil, M. (2025). Development of AR Book Bioinformatics: In Silico Visualization of the Potential of Local Herbal Plants. *Jurnal Jeumpa : Jurnal Pendidikan Sains & Biologi*, 12(1), 57–68. <https://doi.org/10.33059/jj.v12i1.11629>
- Mahrus, Lalu, Z., 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. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jpm-pi.v3i2.1128>
- Mkminah, & Hirlan. (2025). Integrasi Pembelajaran Kolaboratif untuk Penguatan Keterampilan Berpikir Kritis dalam Pendidikan IPA. *Mandala Widya: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 1(1), 13–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.71094/man-dalawidya.v1i1.3>
- Ningsih, K., Panjaitan, R. G. P., & Pinawadhani, R. K. (2023). Kelayakan Media Interaktif Berbasis Nearpod pada Materi Sistem Ekskresi di Kelas XI SMA. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(2), 1980–1994. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i2.8961>
- Nurhayati, S., Septikasari, D., Susanto, L. J. D., Tarrapa, S., Sudadi, Setiyana, R., Willdahlia, A. G., Ramli, A., & Zamroni. (2025). *Paradigma Baru Dalam Pendidikan Abad 21* (Efitra (ed.)). PT. Green Pustaka Indonesia Redaksi.
- Perdana, F. F. H., Azhar, R., Musyafa, H. R., & Rahayu, G. S. (2025). Implementation Of Technology-Based Learning In Developing 21st Century Skills. *Sibatik Journal : Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, 4(11), 3625–3642. <https://publish.ojs-indonesia.com/index.php/SIBATIK%0A3625>
- Raengkus, Salim, M. A., Zaqiah, Q. Y., Syafe'i, I., Cecep, H., Mustopa, Kuswana, D., Solehudin, D., Hoerudin, C. W., Sarbani, B. A., Rostandi, U. D., Karman, Siregar, H. S., Tresnawaty, B., & Hidayat, A. (2026). *Transformasi Keilmuan* (P. Supendi & A. Khana, Muhammad (eds.)). CV. Diva Media Grafika.
- Ramadhani, C. M., Pratama, D. J., & Amanullah, R. A. (2025). Relevansi Macam-Macam Pendekatan Pembelajaran Abad 21 terhadap Kebutuhan Siswa di Era Revolusi Digital. *Sosial: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPS*, 3(4), 198–209. <https://doi.org/https://doi.org/10.62383/sosi-al.v3i4.1362>
- Sari, I. J., Islami, A. Z. El, Suparman, S., & Lutfi,

- A. (2024). Pemanfaatan Bioinformatics Tools dalam Pembelajaran Genetika Bagi Dosen Pendidikan Biologi di Salah Satu Universitas Di Ternate. *Jurnal Pengabdian Dinamika*, 11(2), 45–50. <https://doi.org/10.62870/dinamika.v11i2.30036>
- Tandiwara, I., Erwing, & Asmah, S. (2025). Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan Analisis Kemampuan Literasi Digital Siswa sebagai Pendukung Keterampilan Abad 21 Kelas XI MIPA SMA. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 7(5), 1376–1383. <https://edukatif.org/index.php/edukatif/index>
- Wahyuni, F., & Hidayati, N. (2023). Kemampuan Hight Order Thingking Skills Siswa Kelas XI pada Pembelajaran Biologi di SMAN 2 Pekanbaru. *Edu Cendikia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 3(2), 332–343. <https://doi.org/10.47709/educendikia.v3i02.2769>