

Penerapan Bioinformatika dalam Studi Genomik Berbasis Proyek di SMA pada Era Digital dan Bioteknologi

Implementation of Bioinformatics in Genomic Studies for High School Students with a Project Based Learning in the Digital and Biotechnology Era

Tasrari Qolbi Nur Kholis¹, Reswara Fawwaz Achmad², Aura Rahmadhani², Winda Amira Rafifah¹, Nurina Tahta Afwi Maulina¹, Siti Nur Jannah^{1*}

¹Program Studi Bioteknologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

²Program Studi Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Diterima: 18 Desember 2025; Direvisi: 30 Maret 2026; Disetujui: 10 April 2026

Abstract

Bioinformatics constitutes a significant branch of biotechnology that integrates computational methodologies into its applications. This discipline holds substantial promise for the future, particularly within the healthcare sector, where it plays a pivotal role in genomic research, including the identification of novel therapeutic candidates. Despite its growing relevance, the field is still relatively unfamiliar to many stakeholders and the development of bioinformatics remains constrained by limited human resources. This activity is therefore intended to enhance awareness of bioinformatics and to increase the number of individuals equipped with the skills required to engage with this field. The program targets secondary level students and implements a project-based learning (PBL) approach, evaluated through both qualitative and quantitative measures. The qualitative methods are used to assess students' capabilities in completing their project-based learning tasks. The quantitative methods are used to assess the effectiveness of the instructional material delivery by comparing pretest scores with posttest scores. Among 30 students, the pretest results showed an average score of 79.5, while the posttest results showed an average score of 91.2. This indicates an improvement in scores before and after the instruction. The combined evaluation demonstrates that students are capable of comprehending the subject matter and completing group based project assignments in an effective and timely manner. It is anticipated that, moving forward, a growing number of learners will acquire competency in bioinformatics, enabling its application to real-world challenges and fostering the development of high impact scientific and technological innovations.

Keywords: Bioinformatics; Innovation; Molecular docking; Project based learning

Abstrak

Bioinformatika merupakan salah satu cabang ilmu bioteknologi yang memanfaatkan komputasi dalam penerapannya. Bioinformatika dapat menjadi potensi yang menjanjikan di masa depan, salah satunya dalam bidang kesehatan studi genomik, yakni penemuan obat baru. Sayangnya, masih banyak kalangan yang asing dengan ilmu ini serta dalam penerapannya potensi ini tidak didukung oleh sumber daya manusia yang memadai. Dengan adanya kegiatan ini, diharapkan bioinformatika semakin dikenal dan dikuasai oleh banyak orang. Kegiatan ini menargetkan siswa-siswi tingkat menengah dengan menggunakan pendekatan *project based learning* yang dievaluasi dengan metode kualitatif dan kuantitatif sehingga dapat menunjukkan hasil positif. Metode kualitatif digunakan untuk menilai kapabilitas siswa-siswi dalam menyelesaikan *project based learning* mereka. Metode kuantitatif digunakan untuk menilai tingkat efektivitas pemberian materi pembelajaran dengan cara membandingkan nilai *pretest* dengan nilai *posttest*. Pada 30 siswa-siswi, hasil *pretest* menunjukkan rata-rata

ISSN 3025-633X (print), ISSN 3025-6747 (online)

*Penulis korespondensi: Siti Nur Jannah

Program Studi Bioteknologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto No.50275, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50275

Email: nurjannah.suroso@gmail.com

nilai sebesar 79,5, sedangkan hasil *posttest* menunjukkan rata-rata nilai sebesar 91,2. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan nilai sebelum dan setelah pemberian materi. Pendekatan pembelajaran yang digunakan menunjukkan bahwasanya siswa-siswi mampu memahami materi dengan baik dan menyelesaikan tugas proyek kelompok dengan tepat. Diharapkan ke depannya semakin banyak kalangan yang mempelajari dan menguasai bioinformatika sehingga dapat diterapkan pada aplikasi nyata dan menjadikannya sebuah inovasi unggul.

Kata kunci: Bioinformatika; Inovasi; *Molecular docking*; Pembelajaran berbasis kelompok

1. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini, bioteknologi merupakan sebuah bidang studi yang memiliki penerapan di berbagai bidang. Bioteknologi menawarkan serangkaian solusi inovatif yang siap untuk diaplikasikan dalam dunia nyata (Segelbacher, dkk., 2022). Bioteknologi menghasilkan bioproduk yang relevan secara komersial bagi berbagai bidang, seperti kesehatan, industri energi, material, farmasi, pangan, dan pertanian (Amer & Baidoo, 2021). Pendekatan bioteknologi yang sangat dibutuhkan saat ini dan juga ke depannya adalah bioinformatika, sebuah studi yang memanfaatkan komputasi dalam analisisnya. Dalam beberapa tahun terakhir, bioinformatika berkembang pesat dalam mengolah data-data biologi seperti transkriptomik, proteomik, metabolomik, genomik, dan data klinis. Dalam studi genomik, bioinformatika mampu mengetahui proses reaksi antara suatu senyawa dengan aktivitas biologi sehingga dapat digunakan untuk memprediksi kandidat obat dari suatu senyawa alami (Ogunjobi, dkk., 2024). Salah satu contoh dari penerapan bioinformatika adalah pembuatan vaksin COVID-19. Untuk merespon keadaan darurat kesehatan secara efektif, diperlukan sebuah metode cepat untuk merancang vaksin. Dengan memanfaatkan perangkat komputasi dan data genomik, para peneliti mampu mengidentifikasi dan merancang kandidat vaksin yang efektif (Basmenj, dkk., 2025).

Sayangnya, potensi bioinformatika tidak dibersamai oleh ketersediaan Sumber Daya Manusia (SDM) yang mumpuni. Dalam lingkup mahasiswa, jarang ditemui orang yang mampu menguasai atau menggunakan bioinformatika dalam riset. Selain itu, banyak kalangan di Indonesia yang masih asing terkait bioinformatika sehingga hanya sedikit orang yang dapat mengaplikasikannya. Oleh karena itu, untuk menjawab tantangan tersebut, dalam pengabdian ini kami memperkenalkan bioinformatika pada kalangan siswa-siswi jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA). Pengenalan ini dimaksudkan supaya ke depannya semakin banyak kalangan muda yang tahu mengenai bioinformatika dan penerapannya dalam studi genomik. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan untuk membekali siswa-siswi yang ke depannya akan memasuki perguruan tinggi, khususnya pada bidang sains dan teknologi (kedokteran, bioteknologi, farmasi, dan lainnya). Dengan demikian, diharapkan siswa-siswi memiliki gambaran awal mengenai peran penting bioinformatika dalam studi lanjutan.

Kegiatan ini tidak hanya mengenalkan bioinformatika secara konseptual, tetapi juga praktik nyata mengenai proses penemuan kandidat obat atau vaksin potensial melalui bioinformatika. Dengan pendekatan *project based learning*, diharapkan siswa-siswi dapat lebih menangkap dan memahami mengenai bioinformatika beserta penerapannya. Di era transformasi digital, pendekatan *project based learning* mendorong berkembangnya pemikiran tinggi, kemampuan berorientasi terhadap masa depan, berpikir kreatif, serta kolaborasi ke depannya (Zhang & Ma, 2023). Metode pembelajaran ini dapat digambarkan sebagai metode pengajaran berbasis inkuiri kolaboratif, yakni siswa-siswi dituntun untuk mengintegrasikan, menerapkan, dan membangun pengetahuan saat bekerja sama menciptakan solusi. Diharapkan nantinya siswa-siswi akan dapat mengintegrasikan teori dan praktik untuk menghadapi permasalahan dunia maupun isu global di masa depan (Markula & Aksela, 2022).

2. METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dan kuantitatif atau metode campuran

(*mixed methods*). Kedua metode tersebut digunakan untuk mengetahui dan mengevaluasi keberhasilan penelitian ini pada siswa-siswi. Penggabungan dari metode kualitatif dan kuantitatif ini mampu memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terkait pola yang terukur (kuantitatif) dan konteks dibalik pola tersebut (kualitatif). Penggabungan ini mendukung validitas temuan dengan saling mengonfirmasi antara hasil kuantitatif dan kualitatif, serta cocok untuk evaluasi yang lebih kompleks (Schoonenboom, 2012).

Penelitian dimulai dengan pengumpulan data kuantitatif, dengan cara membandingkan nilai antara sebelum dan setelah kegiatan. Perbandingan dilakukan untuk menilai seberapa efektif kegiatan ini bagi siswa-siswi. Selain data kuantitatif, terdapat data kualitatif yang diperoleh dari proyek tim, dilihat dari keberhasilan siswa-siswi dalam melakukan dan menyelesaikan proyek mereka. Tahap terakhir adalah tahap penilaian, yakni evaluasi dari gabungan kedua metode tersebut. Hasil evaluasi dari dua metode ini akan meningkatkan keakuratan untuk menilai sejauh mana kegiatan *project based learning* dapat dipahami dengan baik oleh siswa-siswi.

Dalam proses pembelajaran, terdapat beberapa perangkat bioinformatika yang digunakan oleh siswa-siswi untuk melakukan praktik. Perangkat tersebut antara lain: (1) Biovia Discovery Studio, digunakan untuk melakukan preparasi sebelum *molecular docking* serta visualisasi hasil; (2) website KnapSack untuk mencari senyawa calon ligan; (3) Aplikasi PyRx untuk melakukan *molecular docking*; (4) website Way2Drug yang digunakan untuk menilai tingkat toksisitas dari ligan; (5) website SwissADME untuk mencari target atau reseptor; dan (6) RCSB PDB untuk melihat struktur kimia dari ligan serta reseptor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pelaksanaan kegiatan

Kegiatan dilaksanakan di Laboratorium Komputer SMA Negeri 1 Semarang. Kegiatan ini diikuti oleh sekitar 30 siswa-siswi yang terbagi menjadi beberapa kelompok. Kegiatan diawali dengan pemberian *pretest* sebelum acara sebagai usaha untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa-siswi mengenai bioinformatika sebelum kegiatan ini dilaksanakan. Kegiatan dilanjutkan dengan pemberian materi mengenai pengenalan dasar-dasar bioinformatika dan aplikasinya. Pengenalan dilakukan dengan tujuan membangun minat dan pemahaman siswa-siswi terhadap bioinformatika. Pada sesi ini, siswa-siswi akan diberikan pengertian, contoh aplikasi, serta jenjang karir bioinformatika di masa depan. Hal ini dipandang penting karena bioinformatika menjadi salah satu dari studi yang berpotensi untuk dikembangkan ke depannya (Bourne, 2021).



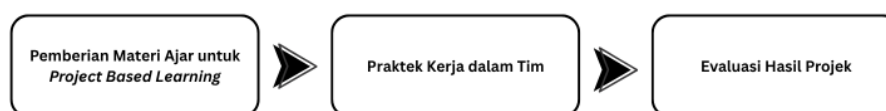
Gambar 1. Proses pemberian materi ajar kepada siswa-siswi SMA

Kegiatan pada **Gambar 1** tidak hanya menunjukkan pemberian *pretest* dan penjelasan materi ke siswa-siswi SMA, tetapi juga sesi timbal balik serta diskusi untuk melihat tanggapan siswa-siswi terkait bioinformatika. Pada kegiatan ini juga ditanyakan mengenai lomba-lomba yang ingin diikuti dan cita-cita dari siswa-siswi ke depannya. Hasil dari sesi diskusi menunjukkan bahwa siswa-siswi yang mengikuti kegiatan ini tertarik dengan bioinformatika karena sejalan dengan cita-cita menjadi

dokter, farmasi, ataupun pekerjaan lainnya yang berkaitan dengan bioinformatika. Selain itu, pada aspek perlombaan, dengan adanya kegiatan ini siswa-siswi berharap dapat mengimplementasikan bioinformatika dalam lomba-lomba yang akan mereka ikuti.

3.2 *Project based learning*

Project Based Learning (PjBL) merupakan strategi yang dapat digunakan untuk mendorong pemikiran kerja yang dinamis dan kritis, kerjasama dalam tim, serta kreativitas, dengan tujuan memberikan atau meningkatkan prestasi dari siswa-siswi (Qizi, 2024). Pada kegiatan ini, bentuk dari PjBL adalah praktik berkelompok. Siswa-siswi diberikan arahan mengenai teknik *molecular docking* yang digunakan untuk mengetahui atau merancang suatu senyawa dari tumbuhan sebagai kandidat obat tertentu. PjBL dimulai dengan pemberian materi awal setelah materi pengenalan dibagikan (lihat **Gambar 2**). Pada materi awal dijelaskan mengenai teknik *molecular docking* dan cara melakukannya, mulai dari persiapan, proses, hingga visualisasi hasil.



Gambar 2. Mekanisme dari pendekatan *project based learning*

Pada tahap ini siswa-siswi dibagi menjadi 15 kelompok. Sesuai dengan **Gambar 3**, setiap kelompok memiliki tugas yang sama yakni melakukan *molecular docking* terhadap molekul ligan yang diambil sendiri dari website KnapSack dengan target reseptor berupa protein yang diidentifikasi dari *ADME prediction*. Dalam proses praktik, siswa-siswi didampingi oleh pembicara yang juga melakukan praktik. Hal ini membantu siswa-siswi dalam mengikuti langkah *molecular docking* dari tahap *pre-docking* sampai visualisasi hasil. Setelah mendapatkan reseptor dan ligan, siswa-siswi diarahkan ke aplikasi Biovia Discovery Studio untuk membersihkan ligan dari molekul-molekul yang akan mengganggu atau memengaruhi hasil *molecular docking* nantinya. Siswa-siswi kemudian diarahkan pada aplikasi PyRx untuk menggabungkan antara ligan dan reseptor sehingga dapat dilihat nilai *affinity binding*-nya. Nilai ini akan digunakan untuk mengetahui seberapa memungkinkan ligan digunakan sebagai kandidat obat atau lainnya. Setelah selesai melakukan *molecular docking* pada aplikasi PyRx, siswa-siswi diarahkan untuk visualisasi hasil melalui Biovia Discovery Studio.



Gambar 3. Proses *project based learning*

Hasil dari *project based learning* ini diharapkan dapat menjadi langkah awal siswa-siswi dalam memahami bioinformatika dan cara kerjanya. Pembelajaran ini juga menjadi bekal awal untuk siswa-siswi yang ingin menempuh dunia perkuliahan, terutama pada bidang saintek seperti kedokteran, farmasi, biologi, dan bioteknologi, yang berkaitan erat dengan bioinformatika. Selain itu, pembelajaran ini juga dapat digunakan siswa-siswi dalam perlombaan karena bioinformatika dapat menjadi pendorong di berbagai bidang dan memiliki inovasi yang kuat (Liu, dkk., 2023).

3.3 Evaluasi dan tingkat keberhasilan kegiatan

Pada penelitian ini, penilaian dan pengevaluasian hasil kegiatan dilakukan dengan dua cara, yakni kualitatif dan kuantitatif. Penilaian kualitatif dilakukan dengan cara melihat keberhasilan hasil *molecular docking* dari masing-masing tim. Selain itu, penilaian kualitatif juga dinilai dari sesi tanya jawab secara langsung mengenai bioinformatika yang dilakukan setelah pemaparan materi. Sementara itu, penilaian kuantitatif dilakukan dengan cara menilai dan melihat hasil *pretest* dan hasil *posttest* siswa-siswi. Penggabungan keduanya dapat memberikan hasil yang lebih baik untuk menilai dan mengevaluasi kegiatan sehingga nantinya dapat disimpulkan berhasil tidaknya kegiatan ini. Penggabungan antara kualitatif dan kuantitatif dapat meningkatkan hasil evaluasi dengan cara memastikan bahwasanya keterbatasan satu data akan diimbangi dengan data lainnya ([Better Evaluation Knowledge, 2025](#)).

Pada metode evaluasi kualitatif, dilihat proses dan hasil siswa-siswi dalam melakukan *project based learning* mereka. Berdasarkan kegiatan, siswa-siswi yang terbagi menjadi beberapa tim mampu menyelesaikan tugas proyek *molecular docking* (suatu senyawa dengan target ligan yang telah dicari) dengan baik. Hal ini menandakan bahwasanya siswa-siswi mampu menangkap proses pembelajaran dan arahan yang diberikan untuk menyelesaikan tugas. Selain itu, dengan berhasilnya siswa-siswi menyelesaikan tugas proyek, dapat disimpulkan bahwa proses pembelajaran yang diberikan efektif untuk diikuti oleh siswa-siswi. Metode kualitatif ini dapat mengungkap proses suatu penelitian dari sudut pandang manusia secara mendalam dan menangkap nuansa yang sering kali hilang dari evaluasi kuantitatif ([Lim, 2025](#)).

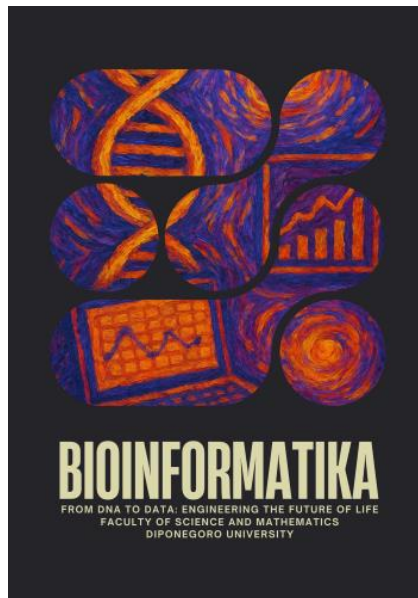
Metode evaluasi kuantitatif dilakukan dengan cara pemberian soal *pretest* sebelum pembelajaran dan soal *posttest* setelah pembelajaran pada siswa-siswi. Soal *pretest* dan *posttest* yang diberikan sama, dengan tujuan untuk melihat kemampuan siswa-siswi dalam menangkap materi yang diberikan. Berdasarkan hasil *pretest*, rata-rata nilai menunjukkan bahwasanya siswa-siswi belum mengetahui atau memahami bioinformatika. Setelah dilakukan kegiatan dan *posttest*, siswa-siswi menunjukkan hasil rata-rata nilai yang meningkat dibandingkan dengan nilai *pretest*. Hal ini menunjukkan bahwasanya 30 siswa-siswi yang mengikuti kegiatan mampu memahami dengan baik materi yang diberikan. Metode kuantitatif akan membandingkan dua hal yang dapat diukur secara numerik sehingga suatu hal dapat terukur secara rasional ([Rashid & Sipahi, 2021](#)).

Tabel 1. Rata-rata nilai *pretest* dan *posttest*

	Nilai	
	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Rata-rata nilai 30 siswa-siswi	79.5	91.2

Berdasarkan **Tabel 1**, dapat dilihat bahwasanya kegiatan ini berjalan dengan baik dan dapat dengan mudah dipahami oleh siswa-siswi. Hal ini menunjukkan bahwasanya pemberian materi dan kegiatan dengan *project based learning* efektif serta mampu diterapkan sebagai metode pembelajaran hal baru karena mudah untuk dipahami dan tidak hanya berfokus pada teori saja, tetapi juga praktik nyata penerapannya.

Kegiatan pengabdian ini tidak hanya sampai di sini saja. Untuk memastikan bahwasanya terdapat keberlanjutan ke depannya, disusun juga sebuah modul bioinformatika seperti pada **Gambar 4**, berisi mengenai informasi yang berkaitan erat dengan bioinformatika dan contoh praktik penerapannya. Modul yang dibuat diharapkan dapat menjadi langkah awal nyata untuk siswa-siswi mengenal lebih dalam mengenai bioinformatika dan menerapkannya dalam kegiatan-kegiatan selanjutnya.



Gambar 4. Modul pembelajaran bioinformatika

4. KESIMPULAN

Bioinformatika merupakan cabang studi bioteknologi yang memiliki kekuatan dalam kebaruan dan inovasi, menjadikannya sebuah ilmu yang berpotensi untuk dipelajari oleh seluruh kalangan. Dengan adanya kegiatan ini, siswa-siswi pada tingkat menengah atas mampu mempelajari bioinformatika dengan lebih baik. Berdasarkan hasil kegiatan, dapat disimpulkan bahwasanya siswa-siswi tertarik dalam mendalami bidang bioinformatika. Selain itu, pembelajaran *project based learning* terbukti mampu meningkatkan pemahaman siswa-siswi dalam mempelajari suatu hal baru dengan lebih baik. Hal ini dikarenakan *project based learning* tidak hanya berfokus pada teori saja, tetapi juga praktik nyata. Dengan adanya kegiatan ini, diharapkan ke depannya terdapat lebih banyak kalangan siswa-siswi yang mampu mengenal, mempelajari, serta mengaplikasikan bioinformatika dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro atas pendanaan dalam program PPM dan sumber dana selain APBN tahun anggaran 2025 Nomor: 781/UN7.F8/PM/V/2025 05 Mei 2025 yang telah diberikan sehingga kegiatan ini dapat dilaksanakan. Dukungan pendanaan ini memberikan langkah nyata untuk menyelenggarakan kegiatan ini dengan lancar. Selain itu, kami sampaikan terima kasih kepada SMA Negeri 1 Semarang yang telah bersedia bekerja sama untuk menjadi target kegiatan ini. Kami menghargai siswa-siswi SMA Negeri 1 Semarang yang telah bersedia mengikuti kegiatan ini dengan baik. Terima kasih juga kepada seluruh pihak yang telah mendukung kegiatan ini secara langsung maupun tidak langsung sehingga kegiatan ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amer, B., & Baidoo, E. E. K. (2021). Omics-driven biotechnology for industrial applications. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.613307>
- Basmenj, E. R., Pajhouh, S. R., Ebrahimi Fallah, A., najjian, R., Rahimi, E., Atighy, H., Ghiabi, S., & Ghiabi, S. (2025). Computational epitope-based vaccine design with bioinformatics approach; A review. *Heliyon*, 11(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41714>
- Better Evaluation Knowledge. (2025). *Purpose of combining data*. Better Evaluation Knowledge. <https://www.betterevaluation.org/frameworks-guides/rainbow-framework/describe/combine-qualitative-quantitative-data>

- Bourne, P. E. (2021). Is “bioinformatics” dead? *PLoS Biology* 19(3). Public Library of Science. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PBIO.3001165>
- Lim, W. M. (2025). What is qualitative research? An overview and guidelines. *Australasian Marketing Journal*, 33(2), 199–229. <https://doi.org/10.1177/14413582241264619>
- Liu, Y., Chen, Y., & Han, L. (2023). Bioinformatics: Advancing biomedical discovery and innovation in the era of big data and artificial intelligence. *Innovation Medicine*, 1(1). <https://doi.org/10.59717/j.xinn-med.2023.100012>
- Markula, A., & Aksela, M. (2022). The key characteristics of project-based learning: How teachers implement projects in K-12 science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00042-x>
- Ogunjobi, T. T., Ohaeri, P. N., Akintola, O. T., Atanda, D. O., Orji, F. P., Adebayo, J. O., Abdul, S. O., Eji, C. A., Asebebe, A. B., Shodipe, O. O., & Adedeji, O. O. (2024). Bioinformatics applications in chronic diseases: A comprehensive review of genomic, transcriptomics, proteomic, metabolomics, and machine learning approaches. *Medinformatics*. <https://doi.org/10.47852/bonviewmedin42022335>
- Qizi, A. M. I. (2024). Project-based learning as a creative and innovative way of teaching english as a foreign language. *University Research Base*, 54–60. <https://scholar.kokanduni.uz/index.php/rb/article/view/287>
- Rashid, M. H., & Sipahi, E. (2021). The importance of quantitative research in language testing and assessment: In the context of social works. *Linguistics and Culture Review*, 5(S1), 317-330.
- Schoonenboom, J. (2012). The fundamental difference between qualitative and quantitative data in mixed methods research. *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research*, 24(1). [10.17169/fqs-24.1.3986](https://doi.org/10.17169/fqs-24.1.3986)
- Segelbacher, G., Bosse, M., Burger, P., Galbusera, P., Godoy, J. A., Helsen, P., Hvilson, C., Iacolina, L., Kahric, A., Manfrin, C., Nonic, M., Thizy, D., Tsvetkov, I., Veličković, N., Vilà, C., Wisely, S. M., & Buzan, E. (2022). New developments in the field of genomic technologies and their relevance to conservation management. *Conservation Genetics*, 13(2), 217–242. <https://doi.org/10.1007/s10592-021-01415-5>
- Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>