

IDENTIFIKASI POLA MISKONSEPSI SISWA PADA KONSEP BIOTEKNOLOGI MODERN DAN KONVENSIONAL SERTA STRATEGI REMEDIASINYA: SEBUAH TINJAUAN LITERATUR

Sehati Gea¹, Desheriasti Halawa², Masleni Zai³, Sudieli Nazara⁴, Novelina Andriani Zega⁵
^{1, 2, 3, 4, 5}Universitas Nias, Jl. Yos Sudarso No. 118/E-S, Gunungsitoli, Sumatera Utara, Indonesia
Email: sehatigea22@gmail.com

Article History

Received: 08-01-2026

Revision: 17-01-2026

Accepted: 20-01-2026

Published: 22-01-2026

Abstract. Biotechnology education in secondary schools and universities still faces challenges in the form of high levels of student misconceptions, mainly due to the abstract nature of the material and the rapid development of technology. This study aims to identify common misconceptions in conventional and modern biotechnology material and analyse effective remediation strategies based on previous research findings. The research method used is a systematic literature review, through searching and analysing nationally and internationally accredited journal articles published between 2015 and 2025. The articles analysed were selected based on topic relevance, methodological quality, and relevance of findings. The results of the study show that the most dominant misconceptions arise in the understanding of the concept of anaerobic fermentation, the difference between cloning and IVF, and the impact of genetically modified organisms (GMOs). Remediation strategies that have proven effective include the use of Conceptual Change Text, the application of the Socio-Scientific Issues (SSI) approach, and the use of virtual laboratory simulations to help students reconstruct their understanding of concepts more accurately.

Keywords: Biotechnology, Student Misconceptions, Biology Education, Remediation Strategies, Literature Review

Abstrak. Pembelajaran bioteknologi di sekolah menengah dan perguruan tinggi masih menghadapi tantangan berupa tingginya tingkat miskonsepsi siswa, terutama karena sifat materi yang abstrak dan pesatnya perkembangan teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis miskonsepsi yang umum terjadi pada materi bioteknologi konvensional dan modern, serta menganalisis strategi remediasi yang efektif berdasarkan temuan penelitian sebelumnya. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dengan pendekatan sistematis, melalui penelusuran dan analisis artikel jurnal terakreditasi nasional dan internasional yang diterbitkan pada rentang tahun 2015–2025. Artikel yang dianalisis diseleksi berdasarkan kesesuaian topik, kualitas metodologi, dan relevansi temuan. Hasil analisis menunjukkan bahwa miskonsepsi paling dominan muncul pada pemahaman konsep fermentasi anaerob, perbedaan antara kloning dan bayi tabung, serta dampak produk organisme hasil rekayasa genetika (GMO). Strategi remediasi yang terbukti efektif meliputi penggunaan *Conceptual Change Text*, penerapan pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI), serta pemanfaatan simulasi laboratorium virtual untuk membantu siswa merekonstruksi pemahaman konsep secara lebih tepat.

Kata Kunci: Bioteknologi, Miskonsepsi Siswa, Pendidikan Biologi, Strategi Remediasi, Studi Literatur

How to Cite: Gea, S., Halawa, D., Zai, M., Nazara, S., & Zega, N. A. (2026). Identifikasi Pola Miskonsepsi Siswa pada Konsep Bioteknologi Modern dan Konvensional serta Strategi Remediasinya: Sebuah Tinjauan Literatur. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, 7 (1), 869-875. <http://doi.org/10.54373/imeij.v7i1.5022>

PENDAHULUAN

Perkembangan bioteknologi yang pesat telah menjadikan pemanfaatan organisme hidup sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan modern, mulai dari proses fermentasi pangan, produksi obat dan vaksin, hingga penerapan rekayasa genetika dalam bidang kesehatan, pertanian, dan industri. Perkembangan ini menuntut kurikulum pendidikan sains untuk memastikan bahwa peserta didik memiliki pemahaman bioteknologi yang memadai sebagai bagian dari literasi sains abad ke-21. Pemahaman tersebut tidak hanya diperlukan untuk penguasaan konsep, tetapi juga untuk membentuk kemampuan berpikir kritis dalam menyikapi isu-isu bioteknologi yang berkembang di masyarakat (OECD, 2021; Sadler, 2019).

Namun, pada praktiknya, bioteknologi justru menjadi salah satu materi biologi yang paling sulit dipahami dan rentan menimbulkan miskonsepsi. Kesulitan ini disebabkan oleh karakteristik materi yang bersifat abstrak, melibatkan proses mikroskopis dan molekuler, serta menuntut integrasi konsep dari berbagai cabang ilmu seperti genetika, biokimia, dan mikrobiologi (Fauzi & Fariantika, 2018; Çimer, 2012). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa siswa sering mengalami kesalahan konsep pada materi fermentasi, kloning, rekayasa genetika, dan organisme hasil modifikasi genetik (GMO), yang berdampak pada rendahnya pemahaman konseptual dan sikap ilmiah terhadap bioteknologi (Haslam & Treagust, 2016; Novitasari & Ramli, 2020).

Kerumitan konsep tersebut semakin diperparah oleh paparan informasi dari media massa dan media digital yang tidak selalu disajikan secara ilmiah. Morelli dan Pugliese (2018) mengungkapkan bahwa isu-isu bioteknologi seperti GMO dan kloning sering dikemas dalam narasi yang bercampur dengan fiksi sains dan sensasionalisme media, sehingga membentuk pemahaman awal yang keliru pada siswa. Miskonsepsi yang telah terbentuk sejak awal cenderung bersifat resisten terhadap perubahan dan dapat menghambat proses belajar selanjutnya, bahkan hingga jenjang pendidikan tinggi (Chi, 2013; Treagust & Duit, 2008). Oleh karena itu, miskonsepsi bioteknologi tidak dapat dipandang sebagai kesalahan belajar biasa, melainkan sebagai permasalahan konseptual yang memerlukan penanganan khusus.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji miskonsepsi bioteknologi secara parsial pada topik atau jenjang tertentu, masih diperlukan kajian yang lebih komprehensif untuk memetakan pola miskonsepsi secara sistematis sekaligus mengaitkannya dengan strategi remediasi yang efektif. Novitasari dan Ramli (2020) menekankan bahwa pemetaan miskonsepsi yang jelas sangat penting sebagai dasar bagi guru dalam merancang intervensi pembelajaran yang tepat sasaran. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola miskonsepsi pada materi bioteknologi konvensional dan modern serta menganalisis strategi

remediasi yang direkomendasikan berdasarkan hasil penelitian terdahulu melalui studi literatur, sehingga dapat menjadi rujukan bagi pendidik dalam meningkatkan kualitas pembelajaran bioteknologi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi kepustakaan atau tinjauan literatur sistematis yang bertujuan untuk mengidentifikasi, menelaah, dan mensintesis temuan penelitian terkait miskonsepsi pada materi bioteknologi serta strategi remediasinya. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari artikel jurnal ilmiah yang relevan dengan fokus penelitian. Penelusuran literatur dilakukan melalui pangkalan data akademik elektronik, yaitu *Google Scholar*, Garuda, dan ERIC, guna menjamin keluasan dan keterwakilan sumber.

Pemilihan artikel dilakukan berdasarkan kriteria inklusi, yaitu artikel jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional bereputasi yang dipublikasikan dalam rentang waktu 2015–2025, membahas miskonsepsi pada materi bioteknologi konvensional maupun modern, serta memuat informasi mengenai strategi pembelajaran atau remediasi. Kata kunci yang digunakan dalam proses pencarian meliputi *biotechnology misconception*, kesulitan belajar bioteknologi, dan strategi remediasi miskonsepsi. Artikel yang tidak relevan dengan konteks pendidikan biologi atau tidak menyediakan data empiris dikeluarkan dari analisis.

Tahapan analisis dilakukan melalui proses seleksi awal judul dan abstrak, dilanjutkan dengan penelaahan teks lengkap untuk memastikan kesesuaian dengan tujuan penelitian. Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kualitatif dengan cara mengelompokkan temuan ke dalam dua tema utama, yaitu pola-pola miskonsepsi bioteknologi dan efektivitas strategi remediasi yang digunakan. Hasil sintesis ini selanjutnya digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai kecenderungan miskonsepsi yang sering muncul serta pendekatan pembelajaran yang direkomendasikan untuk mengatasinya.

HASIL DAN DISKUSI

Pola Miskonsepsi Pada Bioteknologi Konvensional

Pada materi bioteknologi konvensional, miskonsepsi siswa berpusat pada pemahaman mikrobiologis yang seringkali terdistorsi oleh pengalaman sehari-hari. Khotimah dan Masjudi (2019) mengidentifikasi bahwa siswa sering mengalami kesulitan membedakan antara proses fermentasi dan pembusukan, di mana keduanya dianggap sebagai proses kerusakan pangan semata tanpa menyadari nilai tambah nutrisi pada fermentasi. Kekeliruan pemahaman ini makin menjadi-jadi akibat adanya asumsi bahwa fermentasi mutlak memerlukan suplai oksigen

tinggi. Padahal, realitas biokimianya justru bertolak belakang; proses ini berbasis respirasi anaerob yang menuntut kondisi lingkungan minim oksigen.

Selain itu, Rozenblyum dkk. (2017) menemukan adanya generalisasi berlebihan (*overgeneralization*) di mana siswa menganggap bahwa hanya ragi (*yeast*) yang berperan dalam fermentasi, seperti pada pembuatan tempe atau roti, sehingga mengabaikan peran bakteri dan kapang lainnya. Siswa juga cenderung membawa konsep naif bahwa "semua bakteri itu jahat dan menyebabkan penyakit", sehingga sulit menerima konsep penggunaan bakteri *Lactobacillus* dalam pembuatan yoghurt atau keju sebagai sesuatu yang higienis. Persoalan lain terletak pada pemahaman mengenai substrat. Siswa kerap luput memahami bahwa mikroorganisme memerlukan nutrisi spesifik untuk dikonversi menjadi produk. Alih-alih memandangnya sebagai reaksi kimia, mereka justru menganggap perubahan tersebut terjadi begitu saja layaknya sebuah 'keajaiban'. Situasi ini diperburuk oleh minimnya pengalaman praktikum di sekolah yang mampu memvisualisasikan kerja mikroba secara nyata. Imbasnya, makna bioteknologi konvensional tereduksi drastis; hanya dianggap sebagai teknik pengolahan pangan jadul, tanpa menyadari esensi utamanya yakni pendayagunaan organisme utuh.

Pola Miskonsepsi Pada Bioteknologi Modern

Miskonsepsi pada bioteknologi modern terbukti memiliki karakter yang lebih kompleks dibandingkan bioteknologi konvensional karena melibatkan proses molekuler yang abstrak serta isu etika yang sering menimbulkan bias pemahaman. Salah satu miskonsepsi yang paling dominan adalah penyamaan konsep kloning dengan fertilisasi *in vitro* atau bayi tabung. Novitasari dan Ramli (2020) melaporkan bahwa sebagian besar siswa menganggap kedua proses tersebut sebagai bentuk reproduksi buatan yang serupa, tanpa memahami perbedaan mendasar pada mekanisme biologisnya. Kloning merupakan proses aseksual melalui transfer inti sel somatik yang menghasilkan individu dengan materi genetik identik, sedangkan bayi tabung tetap melibatkan pembuahan antara sel gamet jantan dan betina. Temuan ini menunjukkan bahwa siswa belum memiliki pemahaman konseptual yang utuh mengenai struktur DNA, peran inti sel, serta jenis pembelahan sel yang terlibat dalam masing-masing proses.

Selain itu, miskonsepsi terkait produk GMO juga muncul secara konsisten dalam berbagai penelitian. Banyak siswa meyakini bahwa konsumsi GMO dapat secara langsung mengubah DNA manusia atau menyebabkan mutasi genetik secara instan. Pandangan ini tidak didasarkan pada konsep ilmiah, melainkan lebih dipengaruhi oleh narasi media dan representasi fiksi sains yang berlebihan. Morelli dan Pugliese (2018) menegaskan bahwa rendahnya literasi sains

menyebabkan siswa kesulitan membedakan antara informasi ilmiah dan spekulasi populer. Bias kognitif ini diperparah oleh ketidakmampuan siswa membedakan antara organisme transgenik dan tanaman hibrida hasil persilangan konvensional. Banyak siswa menganggap bahwa proses kawin silang alami sudah termasuk rekayasa genetika modern, padahal kedua proses tersebut berbeda secara prinsip, tujuan, dan teknik.

Lebih jauh, Fauzi dan Fariantika (2018) menunjukkan bahwa sifat abstrak dari proses rekayasa genetika, seperti pemotongan DNA menggunakan enzim restriksi dan penyambungan fragmen DNA oleh ligase, sering disalahpahami oleh siswa sebagai proses mekanis yang bersifat fisik. Siswa cenderung membayangkan rekayasa genetika seperti prosedur bedah mikro, bukan sebagai reaksi kimia-molekuler yang berlangsung pada tingkat sel. Temuan ini mengindikasikan bahwa miskonsepsi dalam bioteknologi modern tidak hanya berupa kesalahan terminologi, tetapi mencerminkan kegagalan siswa dalam membangun mental model yang akurat mengenai mekanisme biologis pada level molekuler.

Analisis ini selaras dengan tujuan penelitian, yaitu memetakan pola miskonsepsi yang dominan pada materi bioteknologi modern sebagai dasar dalam merumuskan strategi remediasi yang tepat. Dengan memahami bahwa akar permasalahan terletak pada lemahnya pemahaman mekanisme dan representasi mental siswa, maka upaya perbaikan pembelajaran perlu difokuskan pada pendekatan yang mampu menjembatani konsep abstrak ke dalam representasi yang lebih konkret, visual, dan konseptual. Pendekatan ini diharapkan dapat membantu siswa membangun pemahaman yang lebih ilmiah dan mengurangi resistensi miskonsepsi yang selama ini sulit diubah.

Strategi Remediasi Yang Efektif

Untuk mengatasi miskonsepsi yang sudah mengakar (*resistant*), pendekatan pembelajaran konvensional seperti ceramah satu arah terbukti tidak efektif karena tidak mampu meruntuhkan struktur kognitif siswa yang salah. Sadler dkk. (2016) sangat merekomendasikan pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI), di mana siswa diajak berargumentasi dan berdebat mengenai isu kontroversial bioteknologi, seperti etika kloning manusia atau pelabelan makanan GMO. Melalui debat ini, siswa "dipaksa" untuk mencari bukti ilmiah yang valid untuk mempertahankan argumen mereka, yang secara otomatis memicu konflik kognitif dan mengoreksi pemahaman awal mereka yang keliru.

Strategi lain yang sangat disarankan adalah penggunaan *Conceptual Change Text* (CCT), yaitu teks bacaan yang dirancang khusus untuk membenturkan konsep salah siswa dengan fakta ilmiah, sehingga siswa menyadari kesalahannya dan mau menerima konsep baru yang benar.

Di sisi teknologi, Widayat dan Yuberti (2018) menekankan pentingnya media visual seperti animasi 3D, *Augmented Reality* (AR), atau laboratorium virtual berbasis Android. Fungsi utama media ini adalah menjembatani kesenjangan antara teori yang rumit dengan pemahaman nyata. Hal-hal yang tadinya sulit dibayangkan, seperti plasmid atau replikasi DNA, kini bisa dilihat secara konkret. Berkat simulasi digital, siswa bebas mencoba-coba (*try and error*) teknik penyisipan gen tanpa takut membuang biaya, yang pada akhirnya membuat pemahaman mereka jauh lebih awet. Kombinasi antara visualisasi canggih ini dengan latihan berargumentasi (SSI) dinilai sebagai jalan keluar paling komprehensif untuk membereskan kekeliruan konsep bioteknologi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan diskusi, dapat disimpulkan bahwa:

- Miskonsepsi bioteknologi terjadi pada dua ranah utama yaitu (1) bioteknologi konvensional terkait prinsip anaerob dan peran mikroba, dan (2) bioteknologi modern terkait perbedaan kloning dengan bayi tabung serta dampak GMO.
- Pemicu utama kekeliruan pemahaman ini sebenarnya ada pada tingkat keabstrakan materi itu sendiri. Hal ini kemudian diperkeruh oleh informasi di media yang kerap kali meleset atau kurang akurat secara ilmiah

Strategi remediasi yang disarankan adalah meninggalkan metode ceramah murni dan beralih ke penggunaan *Conceptual Change Text*, pendekatan isu sosio-ilmiah (SSI), serta bantuan media visual/virtual untuk mengkonkretkan konsep yang abstrak

REFERENSI

- Chi, M. T. H. (2013). Two kinds and four sub-types of misconceived knowledge, ways to change it, and the learning outcomes. *Educational Psychologist*, 48(1), 1–26. <https://doi.org/10.1080/00461520.2012.738945>
- Çimer, A. (2012). What makes biology learning difficult and effective: Students' views. *Educational Research and Reviews*, 7(3), 61–71.
- Fauzi, A., & Fariantika, A. (2018). Courses perceived difficult by undergraduate students of biology education program. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(1), 78-89.
- Haslam, F., & Treagust, D. F. (2016). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 50(2), 191–204. <https://doi.org/10.1080/00219266.2015.1028572>
- Khotimah, K., & Masjudi, H. (2019). Identifikasi Miskonsepsi Siswa Kelas XII IPA SMA Negeri di Kota Malang Pada Materi Genetika dan Bioteknologi Menggunakan Certainty of Response Index (CRI). *Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(2), 120-128.
- Morelli, E., & Pugliese, M. (2018). Biotechnology in Science Fiction: A Tool for Teaching Bioethics. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 19(1).

- Novitasari, L., & Ramli, M. (2020). Miskonsepsi Siswa SMA pada Materi Bioteknologi: Studi Kasus di Surakarta. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(1), 45-52.
- OECD. (2021). *Global competence in education: Questions and answers*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/ae8f1f44-en>
- Rozenblyum, E., Rutherford, S., & Salehi, S. (2017). Concept Inventory Development Reveals Common Student Misconceptions about Microbiology. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 18(3).
- Sadler, T. D., Romine, W. L., & Topçu, M. S. (2016). Learning science content through socio-scientific issues-based instruction: A multi-dimensional assessment of genetics content knowledge. *International Journal of Science Education*, 38(10), 1622-1635.
- Treagust, D. F., & Duit, R. (2008). Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 297–328. <https://doi.org/10.1007/s11422-008-9090-4>
- Widayat, W., & Yuberti, Y. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Biologi Berbasis Aplikasi Android pada Materi Bioteknologi. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), 101-110