

ANALISIS PERBANDINGAN CAPAIAN PEMBELAJARAN MATERI BIOTEKNOLOGI PADA KTSP, KURIKULUM 2013, DAN KURIKULUM MERDEKA

Alfira Eka Putri^{1*}, Amelia Savitri Zairul², Adi Rahmat³, & Yanti Hamdiyati⁴

^{1,2,3,&4}Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Jalan Dr. Setiabudhi Nomor 229, Bandung,
Jawa Barat 40154, Indonesia

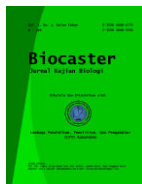
*Email: alfiraekaputri@upi.edu

Submit: 31-05-2026; Accepted: 10-06-2026; Published: 09-10-2026

ABSTRAK: Perubahan kurikulum dari KTSP, Kurikulum 2013, hingga Kurikulum Merdeka menunjukkan perkembangan arah pembelajaran Biologi, termasuk pada materi bioteknologi. Materi bioteknologi penting karena berkaitan dengan perkembangan sains dan teknologi serta penerapannya dalam bidang pangan, kesehatan, lingkungan, dan kehidupan sehari-hari. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan capaian pembelajaran materi bioteknologi pada KTSP, Kurikulum 2013, dan Kurikulum Merdeka berdasarkan bentuk rumusan kompetensi, Kata Kerja Operasional (KKO) dan level kognitif, kedalaman materi, serta integrasi kompetensi abad ke-21. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan teknik analisis dokumen. Data diperoleh dari dokumen kurikulum yang memuat Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar pada KTSP, Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar pada Kurikulum 2013, serta Capaian Pembelajaran pada Kurikulum Merdeka. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan KKO dari mengidentifikasi, menjelaskan, dan menyebutkan pada KTSP menuju KKO yang lebih kompleks, seperti menganalisis, menerapkan, mengevaluasi, dan merancang pada Kurikulum 2013 dan Kurikulum Merdeka. Perubahan tersebut menunjukkan peningkatan tuntutan kognitif dari pemahaman dan penerapan dasar menuju analisis, evaluasi, dan penciptaan. Dari aspek kedalaman materi, KTSP lebih menekankan konsep dasar dan bioteknologi konvensional, Kurikulum 2013 memperluas materi pada penerapan dan bioteknologi modern, sedangkan Kurikulum Merdeka mengarah pada pembelajaran yang lebih kontekstual dan integratif melalui keterkaitan konsep, teknologi, lingkungan, serta isu kehidupan nyata. Integrasi kompetensi abad ke-21 juga semakin kuat, ditunjukkan melalui penekanan pada berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, pemecahan masalah, literasi sains, dan refleksi terhadap isu bioetika. Dengan demikian, capaian pembelajaran bioteknologi mengalami perkembangan secara bertahap dari orientasi penguasaan konsep menuju pembelajaran yang lebih kompleks, kontekstual, integratif, dan berorientasi pada pengembangan kompetensi abad ke-21.

Kata Kunci: Bioteknologi, Capaian Pembelajaran, KTSP, Kurikulum 2013, Kurikulum Merdeka.

ABSTRACT: The curriculum changes from KTSP, 2013 Curriculum, to Merdeka Curriculum show the development of Biology learning direction, including biotechnology material. Biotechnology material is important because it is related to the development of science and technology and its application in the fields of food, health, environment, and daily life. This study aims to analyze the comparison of learning outcomes of biotechnology material in KTSP, 2013 Curriculum, and Merdeka Curriculum based on the form of competency formulation, Operational Verbs (KKO) and cognitive level, material depth, and integration of 21st century competencies. The study uses a qualitative descriptive approach with document analysis techniques. Data were obtained from curriculum documents containing Competency Standards and Basic Competencies in KTSP, Core Competencies and Basic Competencies in 2013 Curriculum, and Learning Outcomes in Merdeka Curriculum. The research results show a shift in the KKO (Competency Based Learning) from identifying, explaining, and stating in the KTSP (Curriculum for Advanced Learning) to more complex KKO, such as analyzing, applying, evaluating, and designing in the 2013 Curriculum and the Independent Curriculum. This shift demonstrates an increase in cognitive demands, shifting from basic understanding and application to analysis, evaluation, and creation. In terms of material depth, the KTSP emphasizes basic concepts and conventional



biotechnology, the 2013 Curriculum expands the material to applications and modern biotechnology, while the Independent Curriculum focuses on more contextual and integrative learning through the interconnectedness of concepts, technology, the environment, and real-life issues. The integration of 21st-century competencies is also increasingly strong, demonstrated by an emphasis on critical thinking, creativity, collaboration, communication, problem-solving, scientific literacy, and reflection on bioethical issues. Thus, biotechnology learning outcomes have gradually evolved from an orientation toward mastery of concepts to more complex, contextual, and integrative learning oriented toward the development of 21st-century competencies.

Keywords: Biotechnology, Learning Outcomes, KTSP, 2013 Curriculum, Independent Curriculum.

How to Cite: Putri, A. E., Zairul, A. S., Rahmat, A., & Hamdiyati, Y. (2026). Analisis Perbandingan Capaian Pembelajaran Materi Bioteknologi pada KTSP, Kurikulum 2013, dan Kurikulum Merdeka. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 6(4), 1942-1961. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v6i4.1505>



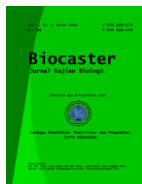
Biocaster : Jurnal Kajian Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Kurikulum memiliki peran penting dalam menentukan arah pembelajaran, ruang lingkup materi, kompetensi yang harus dicapai peserta didik, serta strategi dan bentuk evaluasi pembelajaran. Dalam pembelajaran Biologi, kurikulum tidak hanya berfungsi sebagai dokumen administratif, tetapi juga menjadi landasan dalam menentukan kedalaman konsep dan pengalaman belajar peserta didik. Perubahan kurikulum di Indonesia dari Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP), Kurikulum 2013, hingga Kurikulum Merdeka menunjukkan adanya perubahan orientasi dalam perumusan kompetensi peserta didik. KTSP menggunakan Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD), Kurikulum 2013 menggunakan Kompetensi Inti (KI) dan KD, sedangkan Kurikulum Merdeka menggunakan Capaian Pembelajaran (CP) yang dirumuskan secara lebih ringkas dan fleksibel. Perubahan tersebut tidak hanya berkaitan dengan istilah dan struktur dokumen kurikulum, tetapi juga berpotensi memengaruhi arah, kedalaman, dan tuntutan pembelajaran Biologi.

Bioteknologi merupakan salah satu materi Biologi yang relevan untuk dikaji dalam konteks perubahan kurikulum karena memiliki karakter aplikatif dan berkaitan erat dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, pangan, kesehatan, lingkungan, serta berbagai persoalan kehidupan sehari-hari. Nursanti *et al.* (2016) menunjukkan bahwa konsep bioteknologi dalam buku pelajaran berbasis KTSP memiliki kesinambungan dari jenjang SD hingga SMA, dengan cakupan yang semakin luas dan mendalam pada jenjang SMA. Temuan tersebut memberikan gambaran mengenai perkembangan dan kesinambungan konsep bioteknologi dalam KTSP, tetapi analisisnya masih terbatas pada buku pelajaran dan belum membandingkan rumusan kompetensi bioteknologi antarperiode kurikulum. Dengan demikian, perubahan capaian yang terjadi ketika kurikulum mengalami perubahan belum dapat diketahui secara sistematis.

Sejumlah penelitian juga memperlihatkan bahwa karakter pembelajaran bioteknologi berkembang sejalan dengan tuntutan kurikulum. Pada KTSP,

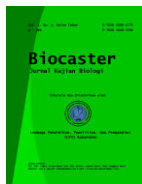


Lutfiani *et al.* (2021) menunjukkan bahwa pendekatan SETS dapat menghubungkan konsep bioteknologi dengan sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual. Pada Kurikulum 2013, bioteknologi tercantum dalam KD 3.10, tetapi Fitriana *et al.* (2017) dan Lestari *et al.* (2017) menemukan bahwa bahan ajar yang tersedia belum sepenuhnya mendukung tuntutan kompetensi dan kegiatan praktikum, sehingga diperlukan bahan ajar yang lebih kontekstual. Sedangkan pada Kurikulum Merdeka, Purnomo *et al.* (2023) menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi dapat dikembangkan melalui proyek yang terintegrasi dengan isu keberlanjutan, sedangkan Anam *et al.* (2025) menunjukkan efektivitas *project based learning* terhadap hasil belajar pada materi bioteknologi. Salsabilla & Purnomo (2026) juga menunjukkan bahwa E-LKPD berbasis *project based learning* dapat melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi bergerak dari penekanan pada keterkaitan konsep dengan kehidupan sehari-hari menuju penguatan keterampilan saintifik, pemecahan masalah, berpikir kritis, dan kompetensi abad ke-21. Namun, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada model, bahan ajar, atau efektivitas pembelajaran, bukan pada perubahan tuntutan kompetensi yang dirumuskan dalam dokumen kurikulum.

Perubahan struktur dan orientasi kurikulum juga telah dikaji secara lebih umum. Martatiyana *et al.* (2023) menunjukkan bahwa Kurikulum 2013 menekankan pengembangan kompetensi kognitif, afektif, dan psikomotor melalui pendekatan saintifik, sedangkan Kurikulum Merdeka lebih menonjolkan Profil Pelajar Pancasila, pembelajaran berdiferensiasi, dan proyek. Arwasih *et al.* (2025) memperlihatkan bahwa Kurikulum Merdeka menggunakan CP, Tujuan Pembelajaran (TP), dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) yang lebih fleksibel dibandingkan Kurikulum 2013 yang menggunakan KI, KD, silabus, dan RPP secara lebih terstruktur. Kedua penelitian tersebut berkontribusi dalam menjelaskan pergeseran struktur dan orientasi kurikulum, tetapi belum secara spesifik menganalisis bagaimana perubahan tersebut tercermin dalam capaian pembelajaran materi Biologi tertentu, khususnya bioteknologi.

Kajian yang lebih spesifik pada mata pelajaran Biologi dilakukan oleh Lestariyanti & Listyono (2024), yang menunjukkan bahwa perubahan dari Kurikulum 2013 ke Kurikulum Merdeka tidak hanya berupa perubahan istilah dari KD menjadi CP, tetapi juga mencakup perubahan ruang lingkup materi dan level kognitif. Penelitian tersebut menemukan bahwa bioteknologi tetap menjadi bagian dari ruang lingkup materi pada Fase F, tetapi Kurikulum Merdeka memberikan penekanan pada inovasi teknologi biologi. Temuan ini menjadi dasar penting untuk melihat perubahan tuntutan pembelajaran bioteknologi, tetapi analisisnya hanya membandingkan Kurikulum 2013 dan Kurikulum Merdeka sehingga belum memberikan gambaran perkembangan secara historis sejak KTSP. Perubahan tersebut juga belum dianalisis secara terpadu berdasarkan bentuk rumusan kompetensi, Kata Kerja Operasional (KKO) dan level kognitif, kedalaman materi, serta muatan kompetensi abad ke-21.

Berdasarkan kajian tersebut, terdapat *research gap* berupa belum adanya analisis yang secara khusus membandingkan capaian atau kompetensi



pembelajaran bioteknologi pada tiga kurikulum nasional, yaitu KTSP, Kurikulum 2013, dan Kurikulum Merdeka, dengan menggunakan indikator analisis yang sama. Penelitian sebelumnya lebih banyak membahas kesinambungan konsep dalam buku, implementasi pembelajaran, pengembangan bahan ajar, atau perbandingan dua kurikulum. Oleh karena itu, penelitian komparatif yang menelusuri perubahan rumusan kompetensi bioteknologi secara lintas kurikulum diperlukan untuk mengetahui bagaimana tuntutan pembelajaran materi tersebut berkembang dari waktu ke waktu.

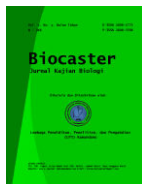
Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis historis dan komparatif perkembangan capaian pembelajaran bioteknologi pada tiga kurikulum nasional, KTSP, Kurikulum 2013, dan Kurikulum Merdeka, berdasarkan empat aspek utama, yaitu bentuk rumusan capaian atau kompetensi, penggunaan kata kerja operasional dan level kognitif, kedalaman materi, serta muatan kompetensi abad ke-21. Analisis dengan empat aspek tersebut memungkinkan penelitian tidak hanya menunjukkan perbedaan struktur dokumen kurikulum, tetapi juga mengidentifikasi perubahan substansial dalam tuntutan pembelajaran bioteknologi. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai pergeseran orientasi pembelajaran Biologi di Indonesia, khususnya dari penguasaan konsep menuju pengembangan kompetensi yang lebih kontekstual, aplikatif, dan berorientasi pada keterampilan abad ke-21.

Penelitian ini memiliki signifikansi bagi berbagai pihak. Bagi guru Biologi, hasil penelitian dapat menjadi dasar untuk memahami perubahan tuntutan kompetensi bioteknologi sehingga pemilihan materi, aktivitas pembelajaran, dan asesmen dapat disesuaikan dengan karakteristik kurikulum yang berlaku. Bagi pengembang kurikulum, hasil analisis dapat menjadi bahan refleksi mengenai kesinambungan, perubahan, dan perkembangan tuntutan kompetensi bioteknologi dalam kurikulum nasional. Bagi peneliti pendidikan Biologi, penelitian ini dapat menyediakan pemetaan perkembangan capaian pembelajaran bioteknologi yang dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian lebih lanjut mengenai implementasi kurikulum, pengembangan bahan ajar, asesmen, maupun pembelajaran berbasis kompetensi.

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana perbandingan capaian pembelajaran materi bioteknologi pada KTSP, Kurikulum 2013, dan Kurikulum Merdeka berdasarkan bentuk rumusan kompetensi, KKO dan level kognitif, kedalaman materi, serta muatan kompetensi abad ke-21? Tujuan penelitian ini adalah menganalisis secara komparatif capaian pembelajaran materi bioteknologi pada KTSP, Kurikulum 2013, dan Kurikulum Merdeka berdasarkan keempat aspek tersebut sehingga diperoleh gambaran sistematis mengenai perkembangan dan perubahan orientasi pembelajaran bioteknologi dalam pendidikan Biologi di Indonesia.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan teknik analisis dokumen (*document analysis*) untuk mengkaji dan membandingkan capaian pembelajaran materi bioteknologi pada jenjang SMA/MA dalam KTSP, Kurikulum 2013, dan Kurikulum Merdeka. Pendekatan deskriptif kualitatif



digunakan karena penelitian berfokus pada pemaknaan, pengelompokan, dan interpretasi isi dokumen kurikulum secara sistematis, bukan pada pengujian hipotesis secara statistik. Analisis dokumen dilakukan dengan menelaah dokumen kurikulum dan regulasi pendidikan yang relevan sebagai sumber data utama, kemudian mengidentifikasi pola, persamaan, dan perbedaan kompetensi yang diharapkan dikuasai peserta didik pada materi bioteknologi.

Sumber Data dan Unit Analisis

Sumber data penelitian terdiri atas dokumen primer dan dokumen pendukung. Dokumen primer berupa dokumen resmi kurikulum yang memuat kompetensi atau capaian pembelajaran materi bioteknologi pada jenjang SMA/MA. Dokumen yang dianalisis meliputi: 1) Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD) pada KTSP; 2) Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) pada Kurikulum 2013; dan 3) Capaian Pembelajaran (CP) pada Kurikulum Merdeka. Dokumen pendukung meliputi peraturan dan kebijakan pendidikan yang berkaitan dengan kurikulum, buku referensi, artikel ilmiah, serta sumber akademik yang relevan dengan pembelajaran biologi, analisis kurikulum, Taksonomi Bloom revisi, dan kompetensi abad ke-21.

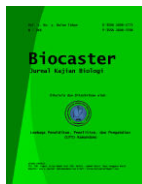
Pemilihan dokumen dilakukan secara *purposive*, yaitu berdasarkan relevansi dokumen terhadap tujuan penelitian, statusnya sebagai dokumen resmi atau sumber akademik yang dapat dipertanggungjawabkan, serta keterkaitannya dengan materi bioteknologi pada jenjang SMA/MA. Regulasi yang digunakan sebagai sumber data disesuaikan dengan periode berlakunya masing-masing kurikulum, sehingga analisis tidak hanya mempertimbangkan isi kompetensi, tetapi juga konteks kebijakan kurikulum yang melandasinya.

Unit analisis penelitian adalah setiap rumusan kompetensi atau capaian pembelajaran yang secara eksplisit maupun implisit berkaitan dengan materi bioteknologi pada dokumen kurikulum. Unit analisis tersebut berupa kalimat, frasa, atau rumusan kompetensi yang kemudian dikategorikan berdasarkan aspek materi dan tuntutan kompetensinya. Dengan demikian, unit analisis tidak hanya berupa dokumen secara keseluruhan, tetapi terutama bagian dokumen yang memuat kompetensi pembelajaran bioteknologi.

Aspek dan Indikator Analisis

Analisis terhadap capaian pembelajaran bioteknologi dilakukan berdasarkan empat aspek utama, yaitu: 1) cakupan materi; 2) level kognitif; 3) keterampilan abad ke-21; dan 4) karakteristik/tuntutan kompetensi pembelajaran. Aspek pertama adalah cakupan materi bioteknologi, yang digunakan untuk mengidentifikasi substansi pengetahuan yang harus dikuasai peserta didik. Analisis mencakup konsep dasar bioteknologi, prinsip dan proses bioteknologi konvensional, bioteknologi modern, penerapan bioteknologi dalam berbagai bidang, serta dampak atau implikasi bioteknologi terhadap kehidupan dan lingkungan. Pengelompokan materi disesuaikan dengan substansi yang ditemukan dalam masing-masing dokumen kurikulum sehingga tidak mengasumsikan bahwa seluruh aspek harus muncul pada setiap kurikulum.

Aspek kedua adalah level kognitif, yang dianalisis menggunakan Taksonomi Bloom revisi dari Anderson & Krathwohl (2001). Rumusan kompetensi dikategorikan ke dalam enam proses kognitif, yaitu mengingat (C1),



memahami (C2), menerapkan (C3), menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), dan mencipta (C6). Identifikasi level kognitif dilakukan berdasarkan kata kerja operasional dan tuntutan kemampuan yang terdapat dalam rumusan kompetensi. Apabila kata kerja yang digunakan memiliki kemungkinan lebih dari satu level kognitif, penentuan kategori dilakukan berdasarkan konteks keseluruhan rumusan kompetensi, bukan hanya berdasarkan kata kerja secara terpisah.

Aspek ketiga adalah kompetensi abad ke-21, yang dianalisis berdasarkan kerangka 4C/P21, yaitu *critical thinking and problem solving*, *creativity and innovation*, *communication*, serta *collaboration*. Indikator *critical thinking* mencakup kemampuan menganalisis informasi, mengidentifikasi masalah, memberikan alasan atau argumentasi, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti. *Creativity* mencakup kemampuan menghasilkan gagasan, alternatif solusi, produk, atau rancangan baru. *Communication* mencakup kemampuan menyampaikan gagasan, hasil analisis, atau informasi secara lisan maupun tertulis. Sedangkan *collaboration* mencakup kemampuan bekerja sama, berbagi tugas, berkontribusi, dan menyelesaikan tugas secara kelompok.

Aspek keempat adalah karakteristik dan tuntutan kompetensi pembelajaran, yang digunakan untuk melihat orientasi pembelajaran yang ditekankan oleh masing-masing kurikulum. Aspek ini mencakup tuntutan terhadap pengetahuan, keterampilan, dan sikap, serta orientasi pembelajaran dari penguasaan konsep menuju penerapan, pemecahan masalah, penyelidikan, atau penciptaan produk. Analisis ini digunakan untuk melihat perubahan orientasi kompetensi materi bioteknologi dari satu kurikulum ke kurikulum lainnya.

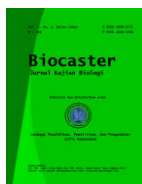
Prosedur Analisis Isi

Analisis data dilakukan menggunakan teknik analisis isi kualitatif (*qualitative content analysis*). Prosedur analisis dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahap. Pertama, peneliti melakukan identifikasi dan seleksi dokumen berdasarkan kriteria relevansi, keaslian, dan keterkaitan dengan kurikulum serta materi bioteknologi SMA/MA. Kedua, peneliti melakukan pembacaan secara menyeluruh terhadap dokumen untuk memahami konteks kurikulum dan menemukan bagian yang berkaitan dengan materi bioteknologi.

Ketiga, peneliti melakukan ekstraksi data, yaitu mengambil rumusan SK-KD, KI-KD, dan CP yang berkaitan dengan bioteknologi serta mencatatnya dalam matriks analisis. Keempat, setiap unit analisis diberi kode (*coding*) berdasarkan empat aspek penelitian, yaitu cakupan materi, level kognitif, kompetensi 4C, serta karakteristik/tuntutan kompetensi. Kelima, hasil pengodean dikelompokkan ke dalam kategori yang telah ditentukan dan dibandingkan antarkurikulum.

Keenam, peneliti melakukan interpretasi komparatif dengan mengidentifikasi persamaan, perbedaan, penambahan, pengurangan, serta perubahan orientasi kompetensi pembelajaran bioteknologi pada ketiga kurikulum. Ketujuh, hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan uraian deskriptif untuk menunjukkan perkembangan tuntutan pembelajaran bioteknologi. Tahap terakhir adalah penarikan simpulan berdasarkan pola temuan yang diperoleh dari keseluruhan dokumen.

Untuk menjaga konsistensi analisis, proses pengodean dilakukan dengan menggunakan kisi-kisi analisis yang telah ditetapkan sebelum proses interpretasi.



Kategori yang muncul dari dokumen tetapi belum terakomodasi dalam kisi-kisi dicatat sebagai temuan tambahan dan dianalisis secara induktif.

Kisi-kisi Analisis Dokumen

Kisi-kisi analisis yang digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kisi-kisi Analisis Capaian Pembelajaran Materi Bioteknologi.

Aspek yang Dianalisis	Indikator	Kategori/Kriteria Analisis
Cakupan Materi	Konsep Dasar Bioteknologi	Pengertian, prinsip, karakteristik, dan konsep dasar bioteknologi
	Bioteknologi Konvensional	Proses, prinsip, dan contoh produk bioteknologi konvensional
	Bioteknologi Modern	Rekayasa genetika, kultur jaringan, DNA rekombinan, dan teknologi terkait
	Penerapan Bioteknologi	Pangan, pertanian, kesehatan, peternakan, lingkungan, dan bidang lainnya
	Dampak/Implikasi	Manfaat, risiko, etika, sosial, ekonomi, dan lingkungan
Level Kognitif	C1–Mengingat	Mengidentifikasi, menyebutkan, mengenali
	C2–Memahami	Menjelaskan, menguraikan, menginterpretasikan
	C3–Menerapkan	Menggunakan, menerapkan, menentukan
	C4–Menganalisis	Menganalisis, membandingkan, menghubungkan
	C5–Mengevaluasi	Menilai, mengevaluasi, mengkritisi
	C6–Mencipta	Merancang, menghasilkan, mengembangkan
Kompetensi 4C	<i>Critical Thinking</i>	Analisis masalah, evaluasi informasi, argumentasi, pengambilan keputusan
	<i>Creativity</i>	Gagasan baru, inovasi, rancangan, produk/solusi
	<i>Communication</i>	Penyampaian informasi, gagasan, hasil analisis
	<i>Collaboration</i>	Kerja sama, pembagian tugas, kontribusi kelompok
Tuntutan Kompetensi	Pengetahuan	Penguasaan konsep dan fakta bioteknologi
	Keterampilan	Penerapan, penyelidikan, pemecahan masalah, perancangan/produksi
	Sikap	Tanggung jawab, etika, kepedulian terhadap lingkungan dan masyarakat
	Orientasi Pembelajaran	Penguasaan konsep, penerapan, analisis, pemecahan masalah, penciptaan

Kisi-kisi tersebut digunakan sebagai instrumen untuk memastikan bahwa setiap dokumen dianalisis menggunakan indikator yang sama sehingga hasil perbandingan antarkurikulum lebih sistematis.

Validasi Data

Keabsahan data dilakukan melalui triangulasi sumber dan triangulasi teori. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi yang diperoleh dari dokumen kurikulum dengan dokumen regulasi resmi, buku referensi, dan artikel ilmiah yang relevan. Sedangkan triangulasi teori dilakukan dengan menggunakan lebih dari satu landasan konseptual dalam menginterpretasikan

data, terutama teori analisis isi, Taksonomi Bloom revisi, dan kerangka kompetensi abad ke-21/4C.

Peningkatan *credibility* dan *dependability* dilakukan dengan memeriksa kembali hasil pengodean melalui *peer checking* atau diskusi dengan peneliti/ahli yang memahami bidang pendidikan biologi dan pengembangan kurikulum. Perbedaan interpretasi pada tahap pengodean didiskusikan sampai diperoleh kesepakatan kategori. Peneliti juga melakukan pemeriksaan ulang terhadap dokumen sumber untuk memastikan bahwa interpretasi yang dihasilkan tetap sesuai dengan konteks asli rumusan kompetensi dan tidak melepaskan rumusan dari konteks kurikulumnya.

Landasan Metodologis

Penggunaan analisis dokumen dalam penelitian ini mengacu pada prinsip penelitian kualitatif yang menempatkan dokumen sebagai sumber data yang dapat dianalisis secara sistematis untuk memahami suatu fenomena. Analisis isi digunakan untuk mengidentifikasi, mengategorikan, dan menginterpretasikan makna yang terdapat dalam teks secara sistematis. Sedangkan klasifikasi level kognitif mengacu pada revisi Taksonomi Bloom oleh Anderson & Krathwohl (2001), sedangkan analisis kompetensi abad ke-21 mengacu pada kerangka *Partnership for 21st Century Learning* (P21).

Prosedur tersebut memungkinkan penelitian tidak hanya mendeskripsikan keberadaan materi bioteknologi dalam masing-masing kurikulum, tetapi juga menganalisis perubahan kedalaman materi, tuntutan kognitif, keterampilan abad ke-21, dan orientasi kompetensi yang berkembang pada peserta didik. Alur penelitian yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

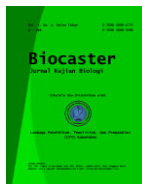


Gambar 1. Alur Penelitian Analisis Capaian Pembelajaran Materi Bioteknologi pada KTSP, Kurikulum 2013, dan Kurikulum Merdeka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Bentuk Capaian Pembelajaran pada Materi Bioteknologi

Hasil analisis dokumen menunjukkan bahwa terdapat perubahan bentuk capaian pembelajaran materi bioteknologi pada KTSP, Kurikulum 2013, dan Kurikulum Merdeka. Perubahan tersebut terlihat pada struktur kompetensi yang digunakan dalam masing-masing kurikulum. Perkembangan kurikulum menunjukkan adanya perubahan dari struktur kompetensi yang bersifat terpisah menuju struktur pembelajaran yang lebih terintegrasi dan fleksibel. Perubahan struktur tersebut menunjukkan adanya transformasi orientasi pembelajaran dari pembelajaran berbasis materi (*content based curriculum*) menuju pembelajaran berbasis kompetensi (*competency based curriculum*) (Suyanto, 2017).



KTSP menyusun capaian pembelajaran dalam bentuk Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD). Struktur SK-KD menunjukkan bahwa kompetensi pembelajaran disusun secara terpisah berdasarkan materi pokok yang harus dikuasai peserta didik. Standar Kompetensi berfungsi sebagai kompetensi umum, sedangkan Kompetensi Dasar merupakan rincian kemampuan yang harus dicapai pada setiap materi pembelajaran (Arifin, 2017).

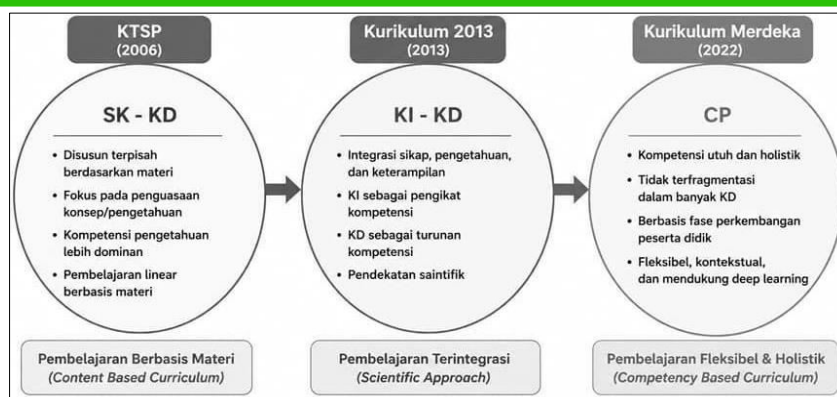
Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) dikembangkan berdasarkan standar isi dan standar kompetensi lulusan sehingga pembelajaran lebih menekankan pencapaian materi sesuai target kurikulum. Hal tersebut menyebabkan pembelajaran sains cenderung berfokus pada transfer pengetahuan dibandingkan pengembangan kompetensi kontekstual peserta didik (Mulyasa, 2018). Temuan ini sejalan dengan penelitian Retnawati *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa implementasi kurikulum berbasis materi cenderung menghasilkan pembelajaran yang masih berpusat pada guru dan berorientasi pada capaian akademik. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pembelajaran sains yang lebih berorientasi pada pengembangan kompetensi peserta didik.

Perubahan struktur kompetensi mulai terlihat pada Kurikulum 2013. Struktur KI-KD pada Kurikulum 2013 menunjukkan adanya integrasi antara aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan sehingga orientasi pembelajaran menjadi lebih terpadu dibandingkan KTSP. melalui penggunaan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD). Kompetensi Inti berfungsi sebagai pengikat seluruh kompetensi pembelajaran pada setiap jenjang pendidikan, sedangkan Kompetensi Dasar menjadi turunan kompetensi yang harus dicapai peserta didik.

Pembelajaran bioteknologi tidak hanya disusun berdasarkan penguasaan materi, tetapi juga diarahkan pada proses pembelajaran ilmiah melalui pendekatan saintifik. Penelitian Susilawati *et al.* (2016) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis investigasi dalam Kurikulum 2013 mampu meningkatkan keterampilan proses sains dan kemampuan analisis peserta didik. Struktur KI-KD menunjukkan adanya upaya kurikulum dalam mengintegrasikan kemampuan konseptual dan keterampilan ilmiah secara bersamaan.

Transformasi struktur capaian pembelajaran terlihat lebih jelas pada Kurikulum Merdeka melalui penggunaan Capaian Pembelajaran (CP). Struktur CP tidak lagi memisahkan kompetensi berdasarkan aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap secara terpisah sebagaimana pada KI-KD. Capaian Pembelajaran disusun dalam bentuk kompetensi utuh yang menggambarkan kemampuan peserta didik secara menyeluruh pada suatu fase pembelajaran. Struktur tersebut menunjukkan adanya penyederhanaan kompetensi agar pembelajaran lebih fleksibel dan mendalam.

Struktur CP menunjukkan bahwa pembelajaran disusun lebih fleksibel dan kontekstual. Kompetensi pembelajaran tidak lagi terfragmentasi ke dalam banyak KD, tetapi dirancang dalam bentuk capaian yang lebih luas sesuai fase perkembangan peserta didik. Struktur tersebut memberikan keleluasaan bagi guru untuk mengembangkan pembelajaran sesuai kebutuhan dan karakteristik peserta didik. Capaian Pembelajaran dalam Kurikulum Merdeka dirancang untuk mendukung pembelajaran mendalam (*deep learning*) dan memberikan fleksibilitas kepada guru dalam menyusun alur tujuan pembelajaran (Anggraena *et al.*, 2022).



Gambar 2. Perubahan Struktur Capaian Pembelajaran.

Berdasarkan hasil analisis, perubahan struktur capaian pembelajaran dari SK-KD, KI-KD, hingga CP menunjukkan adanya perkembangan desain kurikulum di Indonesia. KTSP menekankan struktur kompetensi berbasis materi, Kurikulum 2013 mulai mengintegrasikan kompetensi sikap, pengetahuan, dan keterampilan, sedangkan Kurikulum Merdeka mengembangkan struktur pembelajaran yang lebih fleksibel, holistik, dan berbasis fase perkembangan peserta didik. Transformasi tersebut menunjukkan bahwa perkembangan kurikulum di Indonesia mengarah pada pembelajaran yang lebih terintegrasi dan berpusat pada peserta didik sesuai kebutuhan pendidikan abad ke-21.

Perubahan Kata Kerja Operasional (KKO) dan Level Kognitif

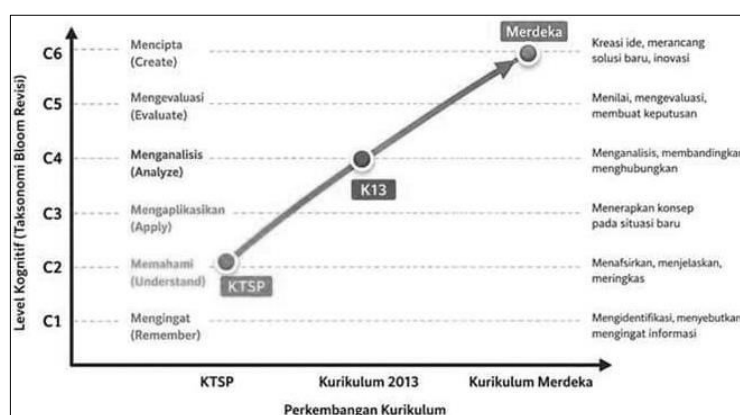
Analisis terhadap Kata Kerja Operasional (KKO) pada materi bioteknologi di setiap perkembangan kurikulum menunjukkan perubahan yang mencerminkan adanya peningkatan tuntutan kemampuan level kognitif peserta didik dari kemampuan berpikir tingkat rendah (*Lower Order Thinking Skills/LOTS*) menuju kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*). Perubahan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi semakin diarahkan pada kemampuan berpikir kritis, analitis, dan pemecahan masalah.

KTSP menggunakan KKO pada materi bioteknologi yang masih didominasi kata kerja seperti menjelaskan, mengidentifikasi, menyebutkan, dan mendeskripsikan. Berdasarkan revisi Taksonomi Bloom oleh Anderson & Krathwohl (2001), kata kerja tersebut termasuk dalam level kognitif C1 (*remembering*) dan C2 (*understanding*). Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi pada KTSP masih berorientasi pada penguasaan konsep dasar dan kemampuan memahami informasi. Penggunaan KKO pada KTSP menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi masih berorientasi pada capaian akademik berbasis materi. Fokus pembelajaran lebih diarahkan pada ketuntasan isi materi dibandingkan pengembangan proses berpikir ilmiah peserta didik.

Perubahan penggunaan KKO mulai terlihat pada Kurikulum 2013. Pada kurikulum ini, materi bioteknologi mulai menggunakan kata kerja operasional seperti menganalisis, membandingkan, menghubungkan, dan menyajikan. Penggunaan KKO tersebut menunjukkan peningkatan level kognitif menuju C3 (*applying*) dan C4 (*analyzing*). Perubahan tersebut menunjukkan bahwa Kurikulum 2013 mulai mengembangkan kemampuan berpikir analitis melalui

penerapan pendekatan saintifik (*scientific approach*). Pembelajaran dilakukan melalui tahapan mengamati, menanya, mencoba, menalar, dan mengomunikasikan sehingga peserta didik lebih aktif dalam membangun pengetahuan secara mandiri. Pendekatan saintifik mampu meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi karena peserta didik dilibatkan dalam proses investigasi, interpretasi data, dan penarikan simpulan secara ilmiah (Ratnaningsih, 2017; Saptono, 2016). Menurut Anderson & Krathwohl (2001), kemampuan menganalisis merupakan bagian penting dalam HOTS karena peserta didik dituntut mampu mengidentifikasi hubungan antar konsep dan mengevaluasi informasi secara logis.

Perkembangan penggunaan KKO terlihat lebih kompleks pada Kurikulum Merdeka. Berdasarkan hasil analisis capaian pembelajaran (CP), KKO yang digunakan meliputi mengevaluasi, mengkaji, merefleksikan, mengembangkan solusi, dan menyelesaikan masalah. Kata kerja tersebut berada pada level kognitif C5 (*evaluating*) dan C6 (*creating*) sehingga menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi telah diarahkan pada pengembangan HOTS secara lebih mendalam. Struktur KKO pada Kurikulum Merdeka juga menunjukkan adanya penerapan *deep learning* atau pembelajaran mendalam. Peserta didik diarahkan untuk memahami konsep secara bermakna melalui pengalaman belajar memahami, mengaplikasikan, dan merefleksikan pembelajaran.

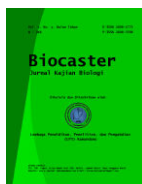


Gambar 3. Grafik Perkembangan Level Kognitif.

Perubahan KKO menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi berkembang dari pembelajaran berbasis hafalan menuju pembelajaran berbasis HOTS dan pemecahan masalah.

Kedalaman Materi Bioteknologi pada Setiap Kurikulum

Kedalaman materi bioteknologi mengalami perkembangan yang signifikan pada setiap perubahan kurikulum. Perubahan tersebut terlihat dari perluasan cakupan materi, kompleksitas konsep yang dipelajari, keterkaitan materi dengan kehidupan nyata, serta orientasi pembelajaran yang semakin menekankan literasi sains dan pemecahan masalah. Perkembangan ini menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi di Indonesia mengalami transformasi dari pembelajaran konseptual menuju pembelajaran kontekstual yang lebih relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi abad ke-21. Untuk memberikan gambaran yang lebih sistematis mengenai perkembangan kedalaman



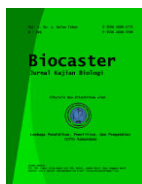
materi bioteknologi pada setiap kurikulum, hasil analisis disajikan dalam Tabel 2. Perbandingan dilakukan berdasarkan aspek cakupan materi, kompleksitas konsep, proses pembelajaran, serta orientasi pengembangan kompetensi peserta didik.

Tabel 2. Perbandingan Kedalaman Materi Bioteknologi pada Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan, Kurikulum 2013, dan Kurikulum Merdeka.

Aspek	Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)	Kurikulum 2013	Kurikulum Merdeka
Fokus Materi	Konsep dan prinsip dasar bioteknologi serta bioteknologi konvensional	Bioteknologi konvensional dan modern	Bioteknologi modern terintegrasi dengan isu kontekstual dan <i>Socio Scientific Issue</i>
Cakupan Materi	Fermentasi, mikroorganisme, pembuatan tempe, tape, yoghurt, kecap	Rekayasa genetika, kultur jaringan, kloning, bayi tabung, produksi insulin	GMO, tanaman transgenik, bioetika, ketahanan pangan, lingkungan, teknologi kesehatan
Kompleksitas Konsep	Rendah, berorientasi pada pemahaman konsep	Menengah, menghubungkan konsep dengan penerapan teknologi	Tinggi, mengintegrasikan konsep, aplikasi bioteknologi dan implikasi sosial
Proses Pembelajaran	Berpusat pada penguasaan konsep	Pendekatan saintifik (mengamati, menanya, mencoba, menalar, mengomunikasikan)	<i>Deep learning</i> , proyek, investigasi, diskusi, refleksi, dan pemecahan masalah
Keterampilan Berpikir	Dominan pada pemahaman konsep	Mulai mengembangkan berpikir kritis dan analitis	Menekankan berpikir kritis, pengambilan keputusan, dan literasi sains
Aspek Bioetika	Bioetika belum dibahas secara eksplisit	Bioetika mulai dikenalkan melalui analisis manfaat dan risiko	Bioetika menjadi bagian penting dalam evaluasi penerapan bioteknologi
Orientasi Pembelajaran	Penguasaan pengetahuan	Pemahaman konsep dan penerapan	Literasi sains, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan ilmiah

Berdasarkan Tabel 2, kedalaman materi bioteknologi menunjukkan perkembangan yang cukup signifikan dari Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan hingga Kurikulum Merdeka. Pada KTSP, pembelajaran masih berfokus pada penguasaan konsep dasar bioteknologi konvensional, seperti fermentasi dan pemanfaatan mikroorganisme dalam produksi pangan. Materi yang disajikan cenderung menekankan pemahaman konsep dan belum banyak mengaitkan bioteknologi dengan isu sosial maupun perkembangan teknologi modern.

Perubahan mulai terlihat pada Kurikulum 2013 melalui perluasan cakupan materi bioteknologi ke arah bioteknologi modern, seperti rekayasa genetika, kultur jaringan, kloning, dan produksi insulin. Materi tidak lagi semata-mata berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi mulai dikaitkan dengan berbagai permasalahan nyata dalam bidang kesehatan, pangan, dan lingkungan. Penerapan pendekatan saintifik melalui kegiatan mengamati, menanya, mengumpulkan informasi,

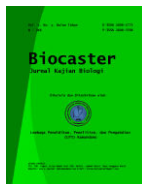


mengasosiasi, dan mengomunikasikan memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Menurut Hidayah *et al.* (2020), pembelajaran kontekstual dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis karena peserta didik dilatih menghubungkan konsep ilmiah dengan fenomena yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.

Kedalaman dan orientasi pembelajaran semakin berkembang dalam Kurikulum Merdeka. Materi bioteknologi tidak hanya mencakup konsep, proses, dan penerapan teknologi, tetapi mulai diarahkan pada pengkajian *Socio-Scientific Issues* (SSI), seperti organisme hasil modifikasi genetik (GMO), tanaman transgenik, bioetika, ketahanan pangan, serta pelestarian lingkungan. Integrasi isu-isu tersebut menunjukkan adanya perubahan orientasi pembelajaran dari sekadar memahami apa dan bagaimana suatu teknologi diterapkan menjadi mengapa teknologi tersebut digunakan, apa dampaknya, serta bagaimana keputusan terhadap penggunaannya dapat diambil. Dengan demikian, peserta didik tidak hanya dituntut memahami konsep bioteknologi, tetapi juga menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, mempertimbangkan berbagai perspektif, dan mengambil keputusan terhadap persoalan ilmiah yang berkembang di masyarakat.

Temuan penting dari perbandingan ketiga kurikulum dalam penelitian ini adalah adanya pola evolusi orientasi pembelajaran bioteknologi yang berlangsung secara bertahap, dari *content-based curriculum* menuju *competency-based curriculum* dan selanjutnya mengarah pada pembelajaran yang lebih mendalam (*deep learning*). Pada kurikulum sebelumnya, penekanan pembelajaran lebih dominan pada penguasaan pengetahuan dan konsep bioteknologi. Kurikulum 2013 mulai menggeser orientasi tersebut dengan menempatkan proses ilmiah, penerapan konsep, dan keterampilan berpikir sebagai bagian penting dalam pembelajaran. Sedangkan Kurikulum Merdeka memperluas orientasi tersebut melalui pembelajaran yang menuntut peserta didik untuk mengintegrasikan pengetahuan, keterampilan berpikir tingkat tinggi, refleksi terhadap dampak teknologi, serta pengambilan keputusan dalam konteks permasalahan nyata. Dengan demikian, perubahan antarkurikulum tidak hanya menunjukkan penambahan atau perubahan materi, tetapi menunjukkan transformasi tujuan pembelajaran dari “mengetahui bioteknologi” menjadi “mampu menggunakan pengetahuan bioteknologi untuk menganalisis dan merespons persoalan ilmiah di masyarakat”.

Temuan lain yang menjadi pembeda penelitian ini adalah evolusi substansi materi bioteknologi dari teknologi konvensional menuju integrasi SSI. Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa bioteknologi dalam kurikulum mengalami perluasan makna: dari materi yang terutama memperkenalkan produk dan proses teknologi menjadi wahana untuk memahami hubungan antara sains, teknologi, masyarakat, dan lingkungan. Integrasi GMO, tanaman transgenik, bioetika, ketahanan pangan, dan keberlanjutan lingkungan dalam pembelajaran menunjukkan bahwa kompleksitas materi meningkat seiring dengan meningkatnya tuntutan kompetensi peserta didik. Artinya, kedalaman materi tidak hanya ditunjukkan oleh semakin kompleksnya konsep bioteknologi, tetapi juga oleh semakin kompleksnya konteks dan pertimbangan yang harus digunakan peserta didik dalam memahami serta mengevaluasi penerapan bioteknologi.



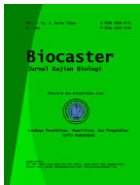
Berdasarkan perbandingan tersebut, penelitian ini mengidentifikasi dua pola perkembangan utama. Pertama, terjadi pergeseran orientasi kurikulum dari penguasaan konten menuju pengembangan kompetensi dan pembelajaran mendalam, yang ditandai dengan meningkatnya tuntutan terhadap kemampuan berpikir kritis, analisis, evaluasi, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan. Kedua, terjadi pergeseran karakter materi dari bioteknologi yang berorientasi pada konsep dan penerapan teknologi menuju bioteknologi yang dikontekstualisasikan melalui SSI. Kedua pola tersebut memperlihatkan bahwa perkembangan materi bioteknologi pada ketiga kurikulum bukan sekadar perubahan isi, melainkan merupakan transformasi paradigma pembelajaran, dari *learning about biotechnology* menuju *learning through biotechnology to address real-world issues*. Temuan ini memperkuat bahwa perubahan kurikulum semakin menempatkan bioteknologi sebagai konteks strategis untuk membangun literasi sains dan kompetensi abad ke-21, sekaligus menunjukkan arah perkembangan pembelajaran menuju kemampuan menggunakan pengetahuan ilmiah secara kritis dan bertanggung jawab dalam menghadapi persoalan masyarakat.

Kompetensi Abad ke-21 dalam Pembelajaran Bioteknologi

Perkembangan kurikulum di Indonesia turut memengaruhi penguatan kompetensi abad ke-21 dalam pembelajaran bioteknologi. Perubahan tersebut terlihat dari meningkatnya penekanan terhadap kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, literasi sains, dan pemecahan masalah pada setiap perubahan kurikulum. Transformasi pembelajaran menunjukkan bahwa materi bioteknologi tidak lagi hanya diarahkan untuk meningkatkan penguasaan konsep, tetapi juga untuk membentuk kompetensi adaptif peserta didik dalam menghadapi perkembangan teknologi dan tantangan global abad ke-21.

Pembelajaran bioteknologi pada KTSP lebih berorientasi pada pencapaian kompetensi akademik dan penguasaan konsep dasar. Peserta didik diarahkan untuk memahami teori, jenis, prinsip, dan manfaat bioteknologi tanpa banyak melakukan eksplorasi terhadap penerapan konsep dalam kehidupan nyata. Hal tersebut menyebabkan keterampilan berpikir kritis, komunikasi ilmiah, kreativitas, dan kolaborasi belum berkembang secara optimal karena proses pembelajaran masih berfokus pada ketuntasan materi dan hasil akademik. Selain itu belum banyak mengintegrasikan isu-isu kontekstual yang dapat melatih kemampuan pengambilan keputusan ilmiah peserta didik. Materi lebih banyak disampaikan sebagai konsep biologis tanpa dikaitkan secara mendalam dengan persoalan sosial, lingkungan, maupun perkembangan teknologi modern. Menurut Prasetya & Maisarah (2024), literasi sains tidak hanya mencakup penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan menggunakan pengetahuan ilmiah untuk memahami dan menyelesaikan persoalan kehidupan nyata.

Terlihat perubahan pada Kurikulum 2013, peserta didik mulai dilatih untuk mengamati, menanya, mencoba, menalar, dan mengkomunikasikan hasil pembelajaran sehingga keterampilan berpikir kritis dan komunikasi ilmiah mulai berkembang. Pembelajaran bioteknologi juga mulai mengintegrasikan kegiatan diskusi, praktikum, observasi, dan analisis kasus, sehingga peserta didik lebih aktif dalam membangun pengetahuan secara mandiri. Penerapan pendekatan saintifik menunjukkan bahwa Kurikulum 2013 mulai mengembangkan



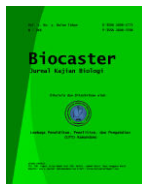
keterampilan proses sains sebagai bagian dari kompetensi abad ke-21. Pembelajaran sains modern perlu mengembangkan keterampilan proses sains dan literasi ilmiah melalui pembelajaran aktif dan kontekstual (Rubini *et al.*, 2018; Seland Strata *et al.*, 2024). Melalui kegiatan investigasi dan analisis fenomena, peserta didik mulai dilatih untuk berpikir logis, menginterpretasikan data, dan menyusun simpulan ilmiah berdasarkan bukti.

Penguatan kompetensi abad ke-21 dalam Kurikulum Merdeka dapat dianalisis melalui kerangka *Partnership for 21st Century Learning* (P21) *Framework for 21st Century Learning* dan *OECD Learning Compass 2030*. Dalam *P21 Framework*, kompetensi abad ke-21 tidak hanya mencakup penguasaan pengetahuan, tetapi juga *learning and innovation skills* yang dikenal sebagai 4C, yaitu *critical thinking and problem solving*, *creativity and innovation*, *communication*, dan *collaboration*. Kerangka P21 juga menempatkan *information, media and technology skills* serta *life and career skills* sebagai bagian penting dari capaian peserta didik. Dengan demikian, pembelajaran yang berorientasi pada kompetensi abad ke-21 perlu mengintegrasikan pengetahuan dengan keterampilan berpikir, bekerja bersama, berkomunikasi, berkreasi, serta kemampuan menghadapi persoalan nyata (Thornhill-Miller *et al.*, 2023).

Pembelajaran bioteknologi pada Kurikulum Merdeka dapat menerapkan kerangka P21 melalui berbagai aktivitas, seperti proyek, investigasi, debat ilmiah, refleksi, penyusunan infografis, presentasi, dan pemecahan masalah. Aktivitas tersebut memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengembangkan *critical thinking* melalui analisis dan evaluasi bukti ilmiah; *creativity* melalui perancangan solusi atau produk bioteknologi; *communication* melalui penyampaian hasil investigasi dan argumentasi ilmiah; serta *collaboration* melalui kerja kelompok dan pembagian tanggung jawab dalam penyelesaian proyek. Dengan demikian, 4C tidak diposisikan sebagai keterampilan yang berdiri sendiri, tetapi terintegrasi dalam proses memahami konsep dan menyelesaikan persoalan bioteknologi secara kontekstual.

Penguatan kompetensi tersebut selanjutnya dapat diperdalam melalui perspektif *OECD Learning Compass 2030*. Kerangka ini memandang kompetensi sebagai perpaduan pengetahuan, keterampilan, sikap, dan nilai, serta menempatkan *student agency* sebagai kemampuan peserta didik untuk menetapkan tujuan, melakukan refleksi, dan bertindak secara bertanggung jawab. *OECD Learning Compass 2030* juga mengidentifikasi tiga *transformative competencies*, yaitu *creating new value*, *reconciling tensions and dilemmas*, dan *taking responsibility*. Ketiga kompetensi tersebut relevan dengan karakteristik pembelajaran bioteknologi karena perkembangan bioteknologi sering kali menghadirkan persoalan yang tidak memiliki jawaban tunggal dan melibatkan pertimbangan ilmiah, etika, lingkungan, ekonomi, serta sosial (OECD, 2019).

Berdasarkan kerangka tersebut, pembelajaran bioteknologi dapat diarahkan pada pengembangan kemampuan peserta didik untuk menciptakan nilai baru melalui perancangan inovasi atau solusi bioteknologi, merekonsiliasi berbagai ketegangan dan dilema melalui analisis isu seperti GMO, rekayasa genetika, bioetika, ketahanan pangan, dan dampak bioteknologi terhadap lingkungan, serta mengambil tanggung jawab dalam menentukan pilihan



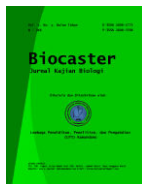
berdasarkan bukti ilmiah dan pertimbangan etis. OECD menekankan bahwa kemampuan merekonsiliasi berbagai gagasan, dilema, dan kepentingan yang bertentangan membantu peserta didik memahami perspektif yang berbeda, membangun argumentasi, dan menemukan solusi terhadap persoalan kompleks (OECD, 2024).

Dengan demikian, 4C dalam P21 dan kompetensi transformatif dalam OECD *Learning Compass* 2030 saling melengkapi dalam menjelaskan orientasi kompetensi abad ke-21 pada pembelajaran bioteknologi. P21 memberikan kerangka operasional mengenai keterampilan belajar dan inovasi yang perlu dikembangkan melalui *critical thinking*, *creativity*, *communication*, dan *collaboration*, sedangkan OECD *Learning Compass* 2030 memperluas perspektif tersebut dengan menekankan *student agency*, refleksi, tanggung jawab, serta kemampuan menggunakan kompetensi untuk menghadapi ketidakpastian dan dilema kehidupan nyata. Oleh karena itu, pembelajaran bioteknologi dalam Kurikulum Merdeka tidak hanya diarahkan pada penguasaan konsep, tetapi juga pada kemampuan peserta didik untuk menganalisis bukti, menghasilkan gagasan, berkolaborasi dan berkomunikasi, mempertimbangkan berbagai perspektif, mengambil keputusan secara bertanggung jawab, serta menciptakan solusi terhadap persoalan bioteknologi yang kompleks. Pandangan ini sejalan dengan penelitian Siskayanti *et al.* (2022) bahwa kemampuan berpikir kritis berkembang ketika peserta didik dilibatkan dalam proses evaluasi, argumentasi, dan pengambilan keputusan berbasis bukti.

Kurikulum Merdeka juga mulai mengembangkan literasi sains dan kemampuan pengambilan keputusan ilmiah melalui integrasi *Socio-Scientific Issues* (SSI) dalam pembelajaran. Peserta didik dilatih memahami hubungan antara sains, teknologi, lingkungan, dan masyarakat sehingga mampu bersikap kritis terhadap perkembangan teknologi modern. Menurut Tsai (2018), pembelajaran berbasis SSI mampu meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah, refleksi moral, dan pengambilan keputusan peserta didik karena siswa dilibatkan dalam analisis berbagai persoalan sosial yang berkaitan dengan sains dan teknologi. Pendekatan ini juga mendorong peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dalam menghadapi permasalahan nyata di kehidupan sehari-hari.

Pembelajaran mendalam (*deep learning*) dalam Kurikulum Merdeka juga mendukung penguatan kompetensi abad ke-21 melalui pengalaman belajar memahami, mengaplikasikan, dan merefleksikan konsep pembelajaran. Menurut Anggraena *et al.* (2022), pembelajaran mendalam bertujuan membentuk pemahaman konseptual yang bermakna sehingga peserta didik mampu menerapkan pengetahuan secara fleksibel dalam berbagai situasi nyata.

Perkembangan kompetensi abad ke-21 pada setiap kurikulum menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi mengalami perubahan dari pembelajaran berbasis penguasaan konsep menuju pembelajaran yang menekankan pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, literasi sains, dan pemecahan masalah. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa kurikulum di Indonesia mulai menyesuaikan pembelajaran dengan perkembangan teknologi abad ke-21.



SIMPULAN

Temuan penelitian menunjukkan bahwa perkembangan capaian pembelajaran bioteknologi pada berbagai perubahan kurikulum memperlihatkan adanya pergeseran yang sistematis, baik pada tuntutan kognitif, kedalaman dan keluasan materi, maupun orientasi kompetensi yang dikembangkan. Analisis menunjukkan bahwa capaian pembelajaran bioteknologi tidak lagi dominan berorientasi pada penguasaan konsep dan fakta, tetapi semakin menekankan kemampuan menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, dan mengambil keputusan berdasarkan pengetahuan ilmiah. Pergeseran tersebut juga diikuti oleh semakin kuatnya integrasi literasi sains, pemecahan masalah, berpikir kritis, serta kemampuan mengaitkan konsep bioteknologi dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan persoalan kehidupan nyata.

Dengan demikian, perkembangan capaian pembelajaran bioteknologi menunjukkan perubahan orientasi dari pembelajaran yang berpusat pada penguasaan materi menuju pembelajaran berbasis kompetensi. Perubahan tersebut mengindikasikan bahwa bioteknologi dalam kurikulum semakin diposisikan bukan sekadar sebagai materi untuk memahami konsep dan proses biologis, tetapi sebagai wahana untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan kesiapan peserta didik dalam merespons perkembangan bioteknologi modern beserta implikasi ilmiah, sosial, dan etisnya. Temuan ini menegaskan bahwa perubahan kurikulum membawa konsekuensi pada meningkatnya kompleksitas kompetensi yang perlu dicapai dalam pembelajaran bioteknologi.

SARAN

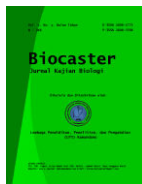
Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji keterkaitan antara capaian pembelajaran dalam dokumen kurikulum dengan perangkat ajar yang digunakan di sekolah, seperti buku teks, modul ajar, LKPD, ATP, dan instrumen asesmen. Kajian tersebut penting untuk mengetahui apakah perubahan capaian pembelajaran pada level kurikulum telah diterjemahkan secara konsisten dalam bahan ajar dan praktik evaluasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

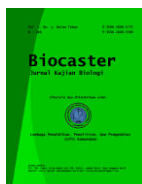
Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Anam, K., Sukamto, D. S., & Putri, H. R. (2025). The Influence of the Project Based Learning Model Integrated Independent Curriculum to Results Learn for Students of Class X Biotechnology Material SMK Islam Al-Azhar Jember. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(6), 206-214. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i6.11485>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. London: Longman.
- Anggraena, Y., Felicia, N., Hidayat, R., & Pratiwi, I. (2022). *Kajian Akademik Kurikulum untuk Pemulihan Pembelajaran*. Jakarta: Pusat Kurikulum dan

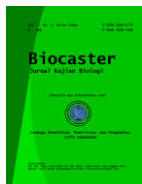


- Pembelajaran, Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.
- Arifin, Z. (2017). *Konsep dan Model Pengembangan Kurikulum*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Arwasih, A., Hendriawan, D., Mulyasari, E., Bait, E. H., & Nurhayati, N. (2025). Analisis Komparatif Capaian Pembelajaran, Tujuan Pembelajaran, dan Alur Tujuan Pembelajaran Kurikulum Merdeka dengan Kompetensi Inti, Kompetensi Dasar, Silabus dan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran pada Kurikulum 2013. *Kalam Cendekia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 13(1), 383-393. <https://doi.org/10.20961/jkc.v13i1.97155>
- Ernawati, E., Eriyanti, R. W., Rofieq, A., & Huda, A. M. (2024). Analysis of the Development Needs of Student Worksheet Based on Local Wisdom of Biotechnology Material at the Senior High School, Kupang City. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 10(1), 26-37. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v10i1.5315>
- Fitriana, D. E. N., Amelia, E., & Marianingsih, P. (2017). Penyusunan Modul Pembelajaran Berbasis Sains Teknologi dan Masyarakat (STM) pada Konsep Bioteknologi sebagai Bahan Ajar Siswa SMA Kelas XII. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(2), 60-72. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.10-2.8>
- Lestari, A., Amelia, E., & Marianingsih, P. (2017). Pengembangan Lembar Kerja Siswa Berbasis CTL (*Contextual Teaching and Learning*) sebagai Bahan Ajar Siswa SMA/MA Kelas XII Subkonsep Kultur *In Vitro*. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1), 32-44. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.10-1.5>
- Lestariyanti, E., & Listyono, L. (2024). Analisis Capaian Pembelajaran pada Mata Pelajaran Biologi Fase E dan Fase F Kurikulum Merdeka. *Spizaetus: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 5(3), 384-394. <https://doi.org/10.55241/spibio.v5i3.390>
- Lutfiani, W., Nida, S., & Yuliati, E. (2021). Pengembangan Bahan Ajar IPA dengan Pendekatan SETS (*Science, Environment, Technology and Society*) pada Tema Bioteknologi untuk Kelas IX SMP/MTs. *Jurnal MIPA dan Pembelajarannya*, 1(4), 239-244. <https://doi.org/10.17977/um067v1i4p239-244>
- Martatiyana, D. R., Derlis, A., Aviarizki, H. W., Jurdil, R. R., Andayani, T., & Hidayat, O. S. (2023). Analisis Komparasi Implementasi Kurikulum Merdeka dan Kurikulum 2013. *Muallimuna: Jurnal Madrasah Ibtidaiyah*, 9(1), 96-109. <https://doi.org/10.31602/muallimuna.v9i1.11600>
- Mulyasa, E. (2018). *Pengembangan dan Implementasi Kurikulum 2013*. Bandung Barat: PT. Remaja Rosdakarya.
- Nursanti, T. E., Umniyatie, S., & Yulianti, E. (2016). Analisis Kesiambungan Konsep Bioteknologi dalam Buku Pelajaran Sains/Biologi. *Jurnal Edukasi Biologi*, 5(1), 1-7. <https://doi.org/10.21831/edubio.v5i1.4475>
- OECD. (2019). Retrieved June 8, 2026, from OECD Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2030. Interactwebsite:



https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/1-1-learning-compass/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf

- OECD. (2024). *Reimagining Education, Realising Potential, International Summit on the Teaching Profession*. Paris: OECD Publishing.
- Prasetya, C., & Maisarah, M. (2024). The Effect of Chemistry Teaching Materials on Scientific Literacy and Critical Reasoning in SMA Negeri Langsa. *IJCER (International Journal of Chemistry Education Research)*, 8(1), 1-6. <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol8.iss1.art1>
- Purnomo, A. R., Yulianto, B., Mahdiannur, M. A., & Subekti, H. (2023). Embedding Sustainable Development Goals to Support Curriculum Merdeka Using Projects in Biotechnology. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(1), 406-433. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.1.23>
- Ratnaningsih, S. (2017). Scientific Approach of 2013 Curriculum: Teachers' Implementation in English Language Teaching. *English Review: Journal of English Education*, 6(1), 33-40. <https://doi.org/10.25134/erjee.v6i1.792>
- Retnawati, H., Hadi, S., & Nugraha, A. C. (2018). Vocational High School Teachers' Difficulties in Implementing the Assessment in Curriculum 2013 in Yogyakarta Province of Indonesia. *International Journal of Instruction*, 9(1), 33-48. <https://doi.org/10.12973/iji.2016.914a>
- Rubini, B., Suhartoyo, H., & Permanasari, A. (2018). Apakah Inkuiri Ilmiah Berbasis Investigasi Kelompok Dapat Meningkatkan Kerja Ilmiah dan Literasi Sains Siswa?. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(2), 149-157. <https://doi.org/10.21831/jipi.v4i2.20780>
- Salsabilla, A. S., & Purnomo, T. (2026). Pengembangan E-LKPD Berbasis *Project Based Learning* Materi Bioteknologi untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas XII. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 15(1), 249-256. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v15n1.p249-256>
- Saptono, L. (2016). The Implementation of Scientific Approach in Financial Accounting Learning to Vocational School Students and Its Effects to Students' Higher-Order Thinking Skills. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 35(2), 235-243. <https://doi.org/10.21831/cp.v15i2.8258>
- Seland Strata, T. T., Henriksen, E. K., & Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-Based Science Education in Science Teacher Education: A Systematic Review. *Studies in Science Education*, 60(2), 191-249. <https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148>
- Siskayanti, W. D., Nurhidayati, S., & Safnowandi, S. (2022). Pengaruh Model *Problem Based Instruction* Dipadu dengan Teknik *Probing Prompting* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Kognitif. *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 2(2), 94-112. <https://doi.org/10.36312/pjipst.v2i2.76>
- Susilawati, S., Neneng, L., & Miranda, Y. (2016). Pengembangan Modul Pembelajaran Biologi untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar Siswa SMA Kelas X. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains*



- dan Matematika, 4(2), 104-114. <https://doi.org/10.23971/eds.v4i2.513>
- Suyanto, S. (2017). *Pengembangan dan Implementasi Kurikulum dalam Sistem Pendidikan Nasional*. Jakarta Timur: Erlangga.
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J. M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023). Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. *Journal of Intelligence*, 11(3), 1-32. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>
- Tsai, C.-Y. (2018). The Effect of Online Argumentation of Socio-Scientific Issues on Students' Scientific Competencies and Sustainability Attitudes. *Computers & Education*, 116, 14-27. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.08.009>