

KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM (KBS) PADA PEMBELAJARAN BIOLOGI TERAPAN

Tri Wahyu Agustina*¹

¹Pendidikan Biologi/Magister Tadris IPA Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung;
Jalan Cimencrang Gede Bage Kota Bandung, Jawa Barat

*triwahyuagustina@uinsgd.ac.id

Abstrack. *System thinking skills (STS) are part of the 21st century competencies that support sustainable development. Science learning, especially Biology, cannot be separated from STS. The purpose of STS is for students to think holistically and uncover various complex phenomena so that they can make comprehensive decisions. STS indicators include being able to identify structure of components subcomponents, the function of each component and sub-component, analyze the interconnection between components and sub-components, analyze modeling in systems, and predict system behavior. STS training uses the STEM (Science-Technology-Engineering-Mathematics) approach by adding Arts and Religion aspects to become STREAM in Applied Biology learning content. Local issues that are contextual and in line with the vision and mission of educational institutions are used as a basis for selecting Applied Biology content. STS assessment is carried out using concept map products, scoring rubrics, and specific STS question instruments. The implementation of the Kurikulum Merdeka Belajar (Emancipated Learning Curriculum) can measure STS through learning outcomes and learning objectives in phases E and F to implement Applied Biology learning.*

Keywords: *Applied Biology, System Thinking Skills, Emancipated Curriculum, STEM, STREAM*

Abstrak. Keterampilan berpikir sistem (KBS) merupakan bagian dari kompetensi abad 21 yang mendukung pembangunan berkelanjutan. Pembelajaran Sains khususnya Biologi tidak dapat dipisahkan dari KBS. Tujuan pembekalan KBS supaya siswa dapat berpikir holistic, mengungkap berbagai fenomena kompleks sehingga dapat membuat keputusan yang komprehensif. Indikator KBS diantaranya dapat mengidentifikasi struktur, komponen-sub komponen, fungsi setiap komponen dan sub-komponen, menganalisis keterhubungan antar komponen dan sub-komponen, menganalisis pemodelan dalam system, dan memprediksi perilaku system. Pembekalan KBS dapat menggunakan pendekatan STEM (*Science-Technology-Engineering-Mathematics*) dan STREAM yang ditambahkan aspek *Arts* dan *Religion* pada konten Biologi Terapan. Isu lokal yang bersifat kontekstual dan berkesesuaian dengan visi misi institusi pendidikan sebagai dasar untuk memilih konten Biologi Terapan. Asesmen KBS dapat menggunakan produk peta konsep beserta rubrik skoring tertentu dan instrument soal KBS. Pemberlakuan kurikulum merdeka belajar dapat mengukur KBS melalui capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran pada fase E dan F untuk mengimplementasikan pembelajaran Biologi Terapan.

Kata Kunci : Biologi Terapan, Keterampilan Berpikir Sistem, Kurikulum Merdeka, STEM, STREAM

PENDAHULUAN

Keterampilan berpikir sistem (KBS) merupakan salah satu bagian dari kompetensi abad 21 dan bagian keterampilan berpikir tingkat tinggi yang penting pada Pendidikan Sains (Bybee, 2010, Hrin *et al.*, 2017; UNESCO, 2017, York *et al.*, 2019). Pada pendidikan sains membutuhkan pemahaman yang kompleks mengenai system dan fungsi yang difasilitasi melalui KBS (Semiz, 2021).

KBS dapat dijadikan alat untuk memahami permasalahan dan memberikan penyelesaian yang berkaitan dengan permasalahan global sehingga dapat mencakup pada pembahasan ESD (*Education for Sustainable Development*) (Karaman, 2014; Schuler *et al.*, 2017; Semiz, 2021). Dengan demikian para peserta didik secara aktif berpartisipasi dalam pembangunan berkelanjutan. Khususnya pada pembelajaran Biologi bahwa mereka dapat mengidentifikasi dan memahami hubungan global yang bersifat kompleks melalui pembelajaran Biologi (Riess & Mischo, 2009). Kondisi tersebut memungkinkan untuk mempersiapkan bagi calon guru Biologi dan guru Biologi untuk membantu peserta didik dalam memahami kompleksitas dan kedinamisan alam, sosial, dan ekonomi, misalnya kasus *overfishing* pada *marine ecosystem* dikaitkan dengan aspek sains, teknologi, organisasi masyarakat, psikososial, ekonomi, populasi, biosphere dan atmosfer (Schuler *et al.*, 2017).

Khususnya KBS pada Biologi tidak dapat dipisahkan karena materi Biologi berisi konsep-konsep yang saling berhubungan satu sama lain misalnya pada materi siklus dan system organ. Biologi memiliki sifat ilmu yang kompleks (Rustaman, 2017). Pembekalan KBS pada peserta didik dapat membantu peserta didik memahami suatu konsep secara cepat dan saling mengkaitkan satu konsep dengan konsep lain (Hrin *et al.*, 2017). Di samping itu, peserta didik terbiasa memberikan keputusan secara komprehensif serta dapat memperhatikan dampak keputusannya terhadap persoalan pada bidang lain (Clark *et al.*, 2017).

Pada pembelajaran yang bersifat tradisional dapat membuat peserta didik berpikir *fragmented, split* (terpisah-pisah). Pembelajaran tradisional memberikan pengurangan (*reduces*) terhadap keterampilan berpikir kompleks dibandingkan berpikir yang saling berhubungan satu sama lain (Raved & Yarden, 2014; Hrin *et al.*, 2017). Kondisi tersebut menyebabkan pemikiran peserta didik akan sulit berkembang. Untuk Indonesia sendiri masih sedikit ditemukan penelitian yang membekalkan KBS pada peserta didik (Nuraeni *et al.*, 2020).

Pemberlakuan kurikulum merdeka yang menggunakan prinsip-prinsip proyek penguatan profil pelajar Pancasila dapat memberikan peluang dan kesempatan untuk membekalkan KBS kepada peserta didik. Prinsip-prinsip tersebut, antara lain: 1. Holistik yang dapat memandang sesuatu secara utuh, menyeluruh, dan tidak parsial. Tema yang dipilih dapat memiliki saling keterhubungan dari berbagai hal, memberikan koneksi yang saling bermakna diantara komponen. 2). Kontekstual yang dapat memberikan pengalaman nyata kepada peserta didik, melibatkan lingkungan sekitar dan pembelajaran yang menyesuaikan dengan realita kehidupan sehingga peserta didik dapat terlatih untuk memecahkan masalah secara nyata berdasarkan kondisi lingkungan sekitarnya. 3). Pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Peserta didik diposisikan sebagai subjek pembelajaran, memberikan kesempatan untuk aktif, mandiri dan memiliki inisiatif yang kuat. Guru bertindak sebagai fasilitator. 4). Pembelajaran yang bersifat eksploratif untuk menyediakan ruang bagi peserta didik mengalami proses pengembangan diri dan berinkuiri. Di samping itu untuk menguatkan pentingnya pembekalan KBS pada peserta didik tercantum pada tujuan pembelajaran Biologi, diantaranya: 1. Memiliki pemahaman tentang system kehidupan yang saling berinteraksi adanya aliran materi dan energi serta pertahanan dan perubahan. 2). Memahami esensi Biologi, proses subseluler-dinamika ekosistem (Badan Standar, Kurikulum & Asesmen Pendidikan, 2022).

TEORI KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM PADA PEMBELAJARAN BIOLOGI

KBS tidak dapat didefinisikan secara jelas, biasanya perbedaan definisi ini diatributkan pada perbedaan sekolah atau domain, misalnya KBS pada bidang teknik, sosial atau sistem Biologi

(Sweeney & Sterman, 2000; Boersma *et al.*, 2011). KBS dapat diartikan sebagai berpikir holistic yang bertujuan supaya peserta didik dapat terampil menganalisis fenomena kompleks, unsur-unsur yang saling berkaitan, dan struktur yang mempengaruhi relasi tersebut (York *et al.*, 2019). Sedikitnya terdapat tiga hal yang menyusun KBS yaitu elemen-interkoneksi-fungsi. Elemen (kasus, karakteristik), interkoneksi (karakteristik yang saling berhubungan dan atau umpan balik satu sama lain), dan fungsi atau tujuan (Meadow, 2008; Arnold & Wade, 2015). Indikator KBS misalnya yang diperkenalkan oleh Liu dan Hmelo-Silver (2009) antara lain Struktur-Behavior-Fungsi (SBF). Struktur berarti elemen-elemen yang menyusun system, *behavior* merupakan mekanisme yang terjadi pada system, dan fungsi pada struktur. Contoh menggunakan indikator SBF pada system pernafasan menunjukkan struktur paru-paru, *behavior* yaitu pertukaran antara gas oksigen dan karbondioksida karena perbedaan konsentrasi di alveoli, fungsi paru-paru membawa udara yang mengandung oksigen ke dalam tubuh organisme dan membuang limbah metabolisme karbondioksida ke luar tubuh.

Tiga rumpun KBS yang dikenal pada Biologi antara lain: 1). Teori General System, 2). Hubungan struktur dan fungsi, 3). Sistem Dinamis (Rustaman, 2017). Teori General Sistem mengarahkan seseorang untuk merencanakan dan mengambil keputusan. System dinamis untuk menjelaskan system yang bersifat kompleks (Heryana, 2017). Berpikir umum dapat diterapkan pada model sistem Sel (Verhoeff, 2003; Boersma *et al.*, 2011; Rustaman, 2017). Hubungan struktur dan fungsi misalnya pada system organ manusia, system dinamis misalnya mempelajari system yang sudah dipengaruhi oleh kegiatan manusia (Rustaman, 2017). Di samping itu, indikator KBS Pendidikan Sains dapat digunakan antara lain: 1). Struktur, fungsi dari komponen dan sub komponen dalam system, 2). Menganalisis interaksi antar komponen dan sub komponen yang memiliki struktur dan fungsi dalam sistem, 3). Menganalisis pemodelan dalam system, 4). Memprediksi perilaku system akibat interaksi di dalam dan luar sistem (Boersma *et al.*, 2011; Rustaman & Meilinda, 2017).

STRATEGI PEMBELAJARAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM

Urgensitas bagi guru untuk memperkuat KBS karena guru akan membuat strategi pembelajaran yang dapat membekalkan KBS kepada peserta didik (Semiz, 2021). Pembelajaran yang telah dilakukan untuk membekalkan KBS pada tingkat perguruan tinggi menggunakan pendekatan STREAM (*Science-Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics*) (Agustina *et al.*, 2020). STREAM merupakan pengembangan dari STEM (*Science-Technology-Engineering-Mathematics*). Melalui pembelajaran STEM diharapkan peserta didik dapat meningkatkan pemahaman mendasar terhadap konten materi dan memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi diantaranya KBS (Basham & Marino, 2013; York *et al.*, 2019).

Pembelajaran menggunakan STEM memadukan proses saintifik (*scientific process*) dan *deain engineering*. Proses saintifik dimulai dengan mengobservasi fenomena alam yang dilanjutkan metode ilmiah, antara lain: 1). Perumusan masalah, 2). Penyusunan kerangka berpikir untuk mengajukan hipotesis, 3). Perumusan hipotesis yang merupakan jawaban sementara terhadap pertanyaan yang diajukan, 4). Pengujian hipotesis melalui eksperimen menggunakan Langkah-langkah prosedural eksperimen. 5). Komunikasi hasil eksperimen. Jika hasil eksperimen tidak berkesesuaian dengan hipotesis maka data akan menjadi rekomendasi latar belakang penelitian baru atau penelitian selanjutnya. Data sebagai pertanyaan penelitian untuk menyusun kembali hipotesis (Lawson, 1994; Sciencebuddies, 2014).

Tujuan desain *engineering* untuk mencipta atau mengkonstruksi sesuatu yang baru seperti produk atau website (Sciencebuddies, 2014). Proses saintifik dan desain *engineering* dapat menggunakan langkah-langkah P-D-B-U (Suwama, 2014). P yang berarti Pikir untuk mengidentifikasi masalah sambil bertukar pikiran antar peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan. D berarti Desain yaitu mendesain produk sesuai kebutuhan manusia dalam mengatasi permasalahan pada proses pikir. B yaitu Buat dengan cara mengkonstruksi desain sesuai langkah-langkah kerja yang telah direncanakan. U berarti Uji dengan cara menguji sekaligus menganalisis serta mengevaluasi produk yang dibuat apakah sesuai perencanaan. Jika terjadi kegagalan selama pengujian maka mencari solusi atas permasalahan tersebut sekaligus re-desain dan merenovasi model (Suwama, 2014). Pada saat mendesain membutuhkan proses kreatif dengan kata lain membutuhkan aspek *science* dan *arts* (Haik & Shahih, 2011). Dengan demikian, STEM ditambahkan aspek *arts* menjadi STEAM. Program Studi Pendidikan Biologi yang berada pada institusi Pendidikan tinggi Islam yang memiliki paradigma “Wahyu Memandu Ilmu/WMI” bahwa sains tidak dikotomi dengan agama (WMI Consortium, 2019). Profil lulusan menghasilkan pendidik Biologi sehingga dapat dikaitkan pada kurikulum 2013 kompetensi inti spiritual (KI 1) (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013). Dengan demikian STEAM ditambahkan *Religion* yaitu R (Agustina *et al.*, 2020).

Pendekatan STREAM/STEAM/STEM untuk membekali KBS dimulai dari isu-isu local untuk diselesaikan permasalahan dan kontekstual pada konten Biologi Terapan. Isu local Bandung yang digunakan yaitu Gerakan Urban Farming dan Bandung terkenal dengan produksi tahu. Melalui pemanfaatan bahan-bahan yang tidak digunakan, produk sampingan yang tidak diinginkan (hasil penggumpalan tahu) *Whey*, bahan-bahan tumbuhan (*bulbus* bawang merah-bawang putih, daun papaya, dan lain-lain) ditambah biostarter berupa EM₄ (*Effective Microorganism*). Konten Biologi Terapan antara lain aquaponik, kompos, aplikasi kompos sebagai media pertumbuhan tanaman kangkung, nata de soya, dan biopestisida (Agustina *et al.*, 2018; Agustina *et al.*, 2020).

Peta konsep dapat dianggap sebagai asesmen efektif menganalisis KBS peserta didik (Branstadter *et al.*, 2012; Tripto *et al.*, 2013; Raved & Yarden, 2014). National Science Education Standards (NSEC) merekomendasikan peta konsep untuk mendukung kemampuan berpikir siswa dan memberikan kesempatan kepada siswa untuk menampilkan kemampuan dan pemahaman terhadap pengetahuan, mengkomunikasikan eksplanasi *science* dan ide-idenya (NRC, 1996; Vanides *et al.*, 2005; Tripton *et al.*, 2013). Peta konsep yang diajukan Novak & Gowin (1984) bersifat hierarki yang memiliki konsep superordinate pada bagian puncak (Primo & Shavelson, 1996; Tripton *et al.*, 2013). Peta konsep digunakan untuk menyatakan hubungan yang bermakna antara konsep-konsep dalam bentuk proposisi-proposisi. Proposisi-proposisi merupakan dua atau lebih konsep-konsep yang dihubungkan dengan kata-kata dalam suatu unit semantik (Dahar 1989; Tripton *et al.*, 2013). Peserta didik dapat mengenal hubungan baru proposisi pada level dalam hierarki yang sama. Pada peta konsep hierarki terdapat *crosslinks* (kaitan silang) yang menyatakan hubungan antara satu segmen konsep yang hierarki dengan segmen lain pada hierarki berbeda. *Crosslink* tersebut menampilkan hubungan integratif diantara subdomain struktur yang berbeda (Primo & Shavelson, 1996). Untuk mempermudah pembuatan peta konsep dapat menggunakan aplikasi cmap Tools (Setiawan, 2020). Penskoran peta konsep hierarki berdasarkan Novak dan Gowin 1984 pada Tabel 1 (Primo & Shavelson, 1996; McClure *et al.*, 1999).

Tabel 1. Penskoran Peta Konsep Hierarki berdasarkan Novak dan Gowin (1984)

No	Struktural	Skoring	Jumlah	Jumlah Skor
1	Proposisi jika valid	1	n	1 x n
2	Hierarki jika valid	5	n	5 x n
3	Kaitan silang jika valid/tidak valid	10/2	n	10 x n
4	Contoh	1	n	1 x n

Peta konsep seyogyanya terlebih dahulu dilatihkan kepada peserta didik dengan membuat peta konsep secara individu. Penugasan peta konsep pada peserta didik selanjutnya mereview hasil peta konsep secara kelompok kecil dan dilajutkan diskusi kelas (Vanides, 2005). Penelitian Agustina *et al.*, (2020) untuk mengukur KBS yaitu menggunakan peta konsep hierarki dan instrument soal KBS berbentuk uraian terbatas.

Biologi Terapan merupakan terapan dari multidisipliner ilmu-ilmu dasar biologi (Wulandari, 2014). Contoh lain Biologi Terapan yang merupakan kolaborasi Praktikum Mikrobiologi dan Praktikum Fisiologi Tumbuhan di tahun 2022 pada pembuatan Ecoenzym yang memanfaatkan limbah kulit buah-buahan. Langkah Pikir (P) yaitu peserta didik mengidentifikasi masalah berupa ketersediaan yang melimpah pada kulit buah-buahan dan permasalahan pada pembuatan Ecoenzym dari berbagai hasil studi literatur. Langkah desain bahwa peserta didik merancang komposisi bahan-bahan pembuatan ecoenzym, menentukan jumlah dan kebutuhan alat-alat, dan menentukan langkah-langkah kerja pembuatan ecoenzym. Langkah Buat yaitu peserta didik membuat ecoenzym menyesuaikan dengan langkah desain. Langkah uji dengan cara peserta didik menguji keberhasilan produk ecoenzim sesuai kriteria ecoenzim yang tepat, misalnya dari aroma, warna, pH dan volume akhir (Nazurahani *et al.*, 2022). Jika mengalami kegagalan pada produk ecoenzim maka peserta didik mencari penyelesaian dan mendesain ulang untuk dilakukan pembuatan ecoenzim kembali.

PEMBELAJARAN BIOLOGI TERAPAN DI SEKOLAH

Penelitian yang dilakukan oleh Firdaus *et al.*, (2022) menggunakan pendekatan STREAM di masa pandemi COVID-19 untuk meningkatkan imunitas tubuh pada materi Sistem Pertahanan Tubuh di kelas XI dengan membuat minuman jeruk nipis. Minuman tersebut merupakan minuman khas daerah Kabupateb Kuningan Jawa Barat sebagai isu lokal. Penelitian Faza *et al.*, (2023) menggunakan pendekatan STEM dan mengukur KBS pada materi Pencemaran Lingkungan di kelas X melalui pembuatan Biofilter.

Implementasi Kurikulum Merdeka menggunakan konten Biologi Terapan melalui pendekatan STEM/STEAM/STREAM untuk mengukur KBS dapat dilakukan dengan langkah-langkah, antara lain: 1). Memahami capaian pembelajaran (CP). 2). Merumuskan tujuan pembelajaran (TP). 3). Menyusun alur tujuan pembelajaran (ATP) dari TP. 4). Merancang kegiatan dan asesmen (Badan Standar, Kurikulum dan Asesmen Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2022). Contoh yang dapat diusulkan pada fase E disajikan pada Tabel 2 untuk memasukan konten Biologi Terapan pada elemen

pemahaman Biologi dan mengkolaborasikan penggunaan STEM/STEAM/STREAM pada elemen keterampilan proses.

Pada penentuan tujuan pembelajaran (TP) dipastikan memenuhi kriteria kalimat yang mengandung kata ABCD (*audience, behavior, condition* dan *degree*). Para guru dalam menentukan TP dapat menggunakan beberapa referensi untuk merancang TP. Selama teori relevan dengan dengan karakteristik mata pelajaran, peserta didik, dan konteks lingkungan (Badan Standar, Kurikulum & Asesmen Kementrian Pendidikan & Kebudayaan, 2022). Indikator KBS dapat disarankan digunakan pada penentuan TP. Untuk mempermudah mempelajari KBS dapat diperhatikan level dalam system, dimulai dari level system yang paling atas dan kontekstual menuju level system yang lebih abstrak, dan dapat menggunakan indikator KBS berupa struktur, fungsi dan interaksi antar komponen dalam system (Rustaman & Meilinda, 2017).

Alur tujuan pembelajaran (ATP) dapat disusun berdasarkan urutan, antara lain: 1). Urutan konkret ke abstrak,. 2) Urutan dari umum ke khusus. 3). Urutan dari mudah ke sulit. 4). Urutan dari sederhana ke kompleks. 5). Hierarki keilmuan yaitu urutan ilmu pengetahuan berdasarkan tingkatan/klasifikasi materi. 6). Prosedural dengan mengajarkan tahap pertama dari sebuah prosedur dan selanjutnya membantu peserta didik untuk menyelesaikan tahapan berikutnya. 7). *Scaffolding* melalui pengurutan untuk meningkatkan standar performa yang bertujuan mengurangi bantuan secara bertahap (Direktorat Jenderal Pendidikan Islam, 2023).

Tabel 2. Elemen pada Fase E

No	Elemen	Capaian Pembelajaran
1	Pemahaman Biologi	Pada akhir fase E, peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu local, nasional, atau global terkait pemahaman keanekaragaman mahluk hidup dan peranannya virus dan peranannya inovasi teknologi biologi, komponen ekosistem dan interaksi antar komponen serta perubahan lingkungan
2	Keterampilan Proses	<p>Mengamati: memilih alat bantu melakukan pengukuran dan pengamatan, memperhatikan detail obyek pengamatan</p> <p>Mempertanyakan dan memprediksi: mengidentifikasi pertanyaan dan permasalahan yang dapat diselidiki secara ilmiah, menghubungkan pengetahuan yang telah dimiliki dengan pengetahuan baru untuk membuat prediksi</p> <p>Merencanakan dan melakukan penyelidikan: melakukan langkah-langkah operasional berdasarkan referensi yang benar untuk menjawab pertanyaan penelitian.</p> <p>Memproses, menganalisis data dan informasi: menafsirkan informasi secara jujur dan bertanggungjawab, menyantumkan referensi, dan menyimpulkan hasil penyelidikan</p> <p>Mengevaluasi dan refleksi: mengevaluasi kesimpulan melalui perbandingan teori yang ada, kelebihan dan kekurangan penyelidikan, permasalahan, kendala dan saran perbaikan untuk penyelidikan selanjutnya</p> <p>Mengkomunikasikan hasil: menunjukkan pola berpikir sistematis sesuai format, argument, bahasa sesuai konvensi sains</p>

Pada kegiatan pembelajaran dapat disusun rencana pelaksanaan atau modul ajar. Penyusunan modul ajar terdiri dari: TP, langkah-langkah atau kegiatan pembelajaran dan asesmen pembelajaran. Komponen modul ajar tersusun dari: TP, langkah-langkah atau kegiatan pembelajaran, rencana asesmen di awal pembelajaran, instrument dan cara penilaian, rencana asesmen selama pembelajaran

untuk menyesuaikan dengan ketercapaian TP dilengkapi instrument penilaian dan cara penilaian (Direktorat Jenderal Pendidikan Islam, 2023). Penambahan media pembelajaran yang menyesuaikan dengan konten Biologi Terapan. Rencana pelaksanaan pembelajaran dan modul ajar dilengkapi dengan Lembar Kerja Peserta Didik yang berbasis STEM/STEAM/STREAM. *Asesmen for learning* bertujuan melakukan penilaian selama proses pembelajaran melalui penerapan asesmen kinerja (*performance assessment*) sebagai bentuk asesmen formatif (Rustaman, 2017). Asesmen formatif berkesesuaian dengan penerapan pada kurikulum Merdeka. Di samping itu terdapat penilaian sumatif sebagai alat ukur untuk mengidentifikasi pencapaian hasil belajar pada satu lingkup materi atau periode tertentu dan capaian hasil belajar dibandingkan dengan kriteria capaian yang telah ditentukan (Direktorat Jenderal Pendidikan Islam, Kementerian Agama, 2023). Pembelajaran Biologi Terapan menggunakan pendekatan STEM/STEAM/STREAM menitikberatkan pada asesmen autentik (Anwari *et al.*, 2015). Asesmen autentik dapat berupa asesmen kinerja (Wulan, 2018). Contoh asesmen formatif dan sumatif (*asesmen of learning*) yang diterapkan pada Pembelajaran Biologi Terapan untuk mengukur KBS misalnya asesmen kinerja terhadap *skills* (keterampilan) selama pembuatan produk Biologi Terapan, kinerja terhadap produk Biologi Terapan, produk peta konsep hierarki, dan instrument soal KBS beserta rubrik dan penskoran.

Penyusunan proyek penguatan profil pelajar Pancasila (P5) dan Profil Pelajar *Rahmatan Lil 'Alamin* (PPRA) untuk tingkat Madrasah. Proyek tersebut melalui pembelajaran lintas disiplin ilmu dan memikirkan solusi terhadap permasalahan di lingkungan sekitarnya (Direktorat KSKK Madrasah, Kementerian Agama, 2022). Penentuan profil yang berkesesuaian dengan tema yang dipilih. Pemilihan tema bersifat kontekstual, berkesesuaian dengan visi-misi sekolah, dapat melibatkan para ahli (*expert*) di bidang tema tersebut. Contoh yang dapat disarankan untuk pembelajaran Biologi Terapan di tingkat SMA/MAK (Fase E dan F) memilih tema Hidup Berkelanjutan. Kondisi kota besar yang mengalami darurat sampah dapat menjadi isu lokal yang sebaiknya dicarikan solusi penyelesaian masalah. Pembuatan kompos atau ecoenzym sebagai alternatif solusi untuk level rumah tangga atau sekolah. Tema Gaya Hidup Berkelanjutan pada Fase E dan F bertujuan untuk mengenalkan peserta didik pada isu lingkungan dan solusi kreatif serta kepedulian terhadap alam dan perwujudan rasa sayang kepada ciptaan Allah dan kepada alam. Contoh Tabel 3 Pemetaan Sub-Elemen Profil Pelajar Pancasila dan PPRA (Badan Standar, Kurikulum & Asesmen Pendidikan, 2022; Direktorat KSKK Madrasah, 2022).

Tabel 3. Contoh Sub-Elemen dan Profil Pelajar Pancasila dan PPRA pada Pembuatan Kompos atau Ecoenzym

No	Dimensi	Elemen	Sub-Elemen
1	Beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan berakhlak mulia	Akhlak kepada alam	Memahami keterhubungan ekosistem bumi Menjaga lingkungan alam sekitar
2	Kreatif	Menghasilkan gagasan orisinal Menghasilkan karya dan Tindakan orisinal Memiliki keluwesan berpikir dalam mencari alternatif solusi permasalahan	
No	Nilai PPRA	Sub-Nilai PPRA	Indikator PPRA
1	Dinamis dan inovatif (<i>Tathawwur wa Ibtikar</i>)	Kritis, kreatif, inovatif dan mandiri	Berpikir sistematis, berani mengambil keputusan, serta mengembangkan gagasan baru yang berdaya saing untuk kemanfaatan lebih tinggi

KESIMPULAN

Pembelajaran Biologi dapat disisipkan Biologi Terapan pada Kurikulum Merdeka dan dapat mengukur KBS pada bagian TP melalui pendekatan STEM/STEAM/STREAM serta merancang rencana pembelajaran atau modul ajar. Di samping itu, Biologi Terapan dapat disisipkan pada tema tertentu misalnya Gaya Hidup Berkelanjutan pada penguatan Profil Pelajar Pancasila dan PPRA.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2018). The Learning of Aquaponics Practice in University. *Journal of Physics: Conf. Series* 1013 01201, 1-7.
- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2020). Pendekatan STREAM (Science-Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics) Membekalkan Kebiasaan Berpikir Mahasiswa. *EDUSAINS*, 12 (2), 283-296.
- Anwari, I., Yamada, S., Unno, M., Saito, T., Suwarma, I.R., Mutakinati, L. & Kumano, Y. (2015). Implementation of Authentic Learning and Assessment through STEM Education Approach to Improve Students' Metacognitive Skills. *K-12 STEM Education*, 1 (3): 123-136.
- Arnold, R.D. & Wade, J.P. (2015). A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach. *Procedia Computer Sciences*, 44, 669-678.
- Arnold, R.D. & Wade, J.P. (2017). A Complete Set of Systems Thinking Skills. Presented at the 27th Annual INCOSE International Symposium (2017), Adelaide, AU, 15-20 July, Hlm 9-17.
- Badan Standar, Kurikulum dan Asesmen Pendidikan (2022). *Panduan Pengembangan Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila*. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.
- Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan. *Capaian Pembelajaran Mata Pelajaran Biologi Fase E-Fase F untuk SMA/MA/Program Paket C* (2022). Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.
- Basham, J.D., & Marino, M.T. (2013). Understanding STEM Education and Supporting Students Through Universal Design for Learning. *Teaching Exceptional Children*, 45, 8-15. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Matthew_Marino2/publication/275353986.
- Boersma, K., Arend, J.W., & Kees, K. (2011). The Feasibility of Systems Thinking in Biology Education. *Journal of Biological Education*, 45 (4), 190-197.
- Brandstadter, K., Harms, U., & GroBschedl, J. (2012). Assessing System Thinking Through Different Concept-Mapping Practices. *International Journal Science Education*, 34 (14).
- Bybee, R.W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70 (1), 30-35. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=EJ898909>.
- Clark, S., Petersen, J.E., Frantz C.M., Roose D., Ginn, J., & Daneri D.R. (2017). Teaching Systems Thinking to 4th and 5th Graders using Environmental Dashboard Display Technology. *PLoS ONE*, 12 (4), 1-11.
- Dahar, R.W. (1989). *Teori-teori Belajar*. Bandung: Erlangga.
- Dauer, J., & Dauer J. (2016). A Framework for Understanding The Characteristics of Complexity in Biology. *International Journal of STEM Education*, 3(13), 1-8.

- Direktorat Jenderal Pendidikan Islam (2023). *Modul Pendidikan Profesi Guru. Pengembangan Perangkat Pembelajaran*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Islam.
- Direktorat KSKK Madrasah Direktorat Jenderal Pendidikan Islam (2022). *Panduan Pengembangan Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila*. Jakarta: Kementerian Agama RI.
- Faza, N.M., Agustina, T.W., & Listiawati, M (2023). Keterampilan Berpikir Sistem dalam Pembelajaran Berbasis Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). *Prosiding Seminar Nasional Counselor Inspiring & Career Expo Universitas Negeri Makassar*, 3 Juni 2023, Hlm 1-6.
- Firdaus, M.G. (2022). *Pengaruh Pendekatan Science Technology Religion Engineering Arts and Mathematics (STREAM) terhadap Literasi Sains Siswa pada Materi Sistem Pertahanan Tubuh. Skripsi*. Bandung: Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati.
- Heryana, A. (2017). *Sistem: Teori, Pengertian dan Berfikir System. Aplikasi dalam Bidang Kesehatan*, 1-36. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/321012052>.
- Hrin, T.N., Milenkovic, D.D., Segedinac, M.D., & Horvat, S. (2016). System Thinking in Chemistry Classroom: The Influence of Systemic Synthesis Questions on Its Development and Assessment. *Thinking Skills and Creativity*, 1-26.
- [Jho, H., Hong, O., & Song, J. \(2016\)](#). An Analysis of STEM/STEAM Teacher Education in Korea with A Case Study of Two Schools from A Community of Practice Perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1843-1862.
- Karaman, A.C. (2014). Community Service Learning and the Emergence of Systems Thinking: A Teacher Education Project in an Urban Setting in Turkey. *Syst Pract Action Res*, 27, 485-497.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (2013b). *Kurikulum 2013 Kompetensi Dasar Sekolah Menengah Atas (SMA)/ Madrasah Aliyah (MA)*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Lawson, A.E. (1994). *Science Teaching and Development Thinking*. California: Wadsworth Publishing Company.
- McClure, Brian S. & Hoi K. S. (1999). Concept Map Assessment of Classroom Learning: Reliability, Validity, and Logistical Practicality. *Journal of Research in Science Teaching* (36), 475-492.
- Meadows, D.H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing.
- National Research Council (NRC) (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy.
- Nazurahani, A., Novita, R., Pasaribu C., & Ningsih, A.P. (2022). Pembuatan Ecoenzym Sebagai Upaya Pengolahan Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Pendidikan Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Indonesia*, 2 (1), 16-22.
- Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge: University Press.
- Nuraeni, R., Setiono, & Aliyah, H. (2020). Analisis Kemampuan Berpikir Sistem Siswa Kelas XI SMA pada Materi Sistem Pernapasan Manusia. *J. Pedagogi Hayati*, 4 (1), 1-9.
- Primo, M.A.R. & Shavelson, R.J. (1996). Problems and Issues in The Use of Concept Maps in Science Assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (6), 569-600.
- Raved, L. & Yarden, A. (2014). Developing Seventh Grade Students' Systems Thinking Skills in The Context of The Human Circulatory System. *Journal Frontiers in Public Health*, 2, 1-11.
- Riess, W. & Mischo, C. (2009). Promoting Systems Thinking Through Biology Lessons. *International Journal of Science Education*, 32 (6), 705-725.

- Rustaman, N.Y. & Meilinda (2017). Peran dan Proses Berpikir Sistem dalam Pendidikan Sains. Inovasi Matematika, IPA, Komputer dan Pembelajarannya. Retrieved from <http://repository.unsri.ac.id/id/eprint/66113>
- Rustaman, N.Y. (2017). Mewujudkan Sistem Pembelajaran Sains/Biologi Berorientasi Pengembangan Literasi Peserta Didik. Prosiding Seminar Nasional III Biologi, Pembelajaran, dan Lingkungan Hidup Perspektif Interdisipliner, Universitas Muhammadiyah Malang, 29 April 2017, Hlm 1-8.
- Schuler, S., Fanta, D., Rosenkraenzer, F., & Riess W. (2017). Systems Thinking within The Scope of Education for Sustainable Development (ESD) – A Heuristic Competence Model as A Basis for (Science) Teacher Education. *Journal of Geography in Higher Education*, 1466-1845.
- Sciencebuddies (2014). *Comparing The Scientific Metode to The Engineering Design Method*. Retrieved from <https://www.sciencebuddies.org>.
- Semic, G.K. (2021). Systems Thinking Research in Science and Sustainability Education: A Theoretical Note. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/344617188_Systems_Thinking_Research_in_Science_and_Sustainability_Education_A_Theoretical_Note.
- Setiawan, Y. E. (2020). Pelatihan Desain Peta Konsep Menggunakan Aplikasi CMAPTOOLS. *Jurnal PKM: Pengabdian kepada Masyarakat*, 03 (04), 395-403.
- Suwarma, I R (2014). *A Research on STEM Education Theory and Practices Method in Japan and Indonesia Using Multiple Intelligence Approach*. Doctoral Thesis. Shizuoka City: Shizuoka University.
- Sweeney, L.B. & Streman, J.D. (2000). Bathtub Dynamics: Initial Results of A Systems Thinking Inventory. *System Dynamics Review*. 16 (4). 249-286.
- Tripto, J., Orit, B.Z.A., & Miriam, A. (2013). Mapping What They Know: Concept Maps as an Effective Tool for Assesing Students' System Thinking. *American Journal of Operations Research*, 3, 245-258.
- UNESCO (2017). *Reading The Past, Writing The Future: Fifty Years of Promoting Literacy*. Paris: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization.
- Vanides, J., Yin Y., Tomita, M., & Ruiz-Primo, M.A. (2005). Teaching Strategies. Using Concep Maps in The Science Classroom. *Science Scope*, 28 (8), 27-31.
- Verhoeff, R.P. (2003). *Towards Systems Thinking in Cell Biology Education*. Netherland: Omslag.
- WMI Consortium. (2019). Irawan *et al* (Eds.). *Pengantar Wahyu Memandu Ilmu*. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada.
- Wulan, A.R. (2018). *Menggunakan Asesmen Kinerja untuk Pembelajaran Sains dan Penelitian*. Bandung: UPI Press.
- Wulandari, S. (2014). Implementasi Strategi Pembelajaran Berbasis Inquiry dalam Pelaksanaan Praktikum Biologi Terapan untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Mahasiswa di Program Studi Pendidikan Biologi. *Jurnal Biogenesis*, 10 (2), 37-41.
- York, S., Lavi, R., Dori, Y.J., & Orgill. M.K. (2019). Aplication of Systems Thinking in STEM Education. *Journal of Chemical Education*, A- J.