

# PRIMMER

Model Pembelajaran Berlandaskan STEAM-EDP: Stimulasi Keterampilan  
*Creative Problem Solving/ CPS* dalam Pembelajaran Abad 21

Pembelajaran abad 21 menuntut peserta didik untuk mengasah keterampilannya dalam pemecahan masalah. Pemecahan masalah yang kreatif dibutuhkan untuk membekali peserta didik sebagai bekal dalam kehidupannya kelak. Desain pembelajaran ini muncul berawal dari minimnya ruang kreatif yang diberikan dalam pembelajaran. Proses pembelajaran yang masih berfokus pada capaian kognitif yang menjadi beban sehingga pembelajaran menjadi kurang bermakna. Salah satu alasan ini memotivasi bagaimana mendesain model pembelajaran berlandaskan STEAM-EDP. Dinamika pendidikan kontemporer menjadi tantangan untuk mencetak generasi yang kreatif dalam memecahkan masalah. Pengembangan model pembelajaran ini sebagai bentuk dorongan inovasi untuk menstimulus CPS berpijak pada pendekatan *Science, Technology Engineering, Art, and Mathematic (STEAM)* dan *strategi Engineering Design Process (EDP)*.

Secara aksiologi, buku ini diharapkan bermanfaat untuk pengembangan keilmuan pendidikan dan pembelajaran, menambah khasanah keilmuan dalam pembelajaran tentang STEAM dan menjadi acuan bagi penelitian yang akan datang. Manfaat praktis buku ini menghasilkan produk berupa model pembelajaran yang berlandaskan STEAM-EDP dapat mengembangkan *Creative Problem Solving (CPS)* peserta didik. Pentingnya keterampilan pemecahan masalah yang kreatif sebagai bagian tuntutan kebutuhan pembelajaran abad 21. Peserta didik sebagai bagian dari agen perubahan harus memiliki bekal memadai dan terampil dalam meninjau suatu masalah. Kreativitas sangat dibutuhkan agar menemukan berbagai solusi dalam setiap permasalahan. Hal ini menjadi bekal peserta didik untuk kehidupannya kelak.



PENERBIT LAKEISHA

Delekon RT 10/RW 03, Tukang, Tubung  
Klaten, Jawa Tengah, 57482  
Email: [penerbit\\_lakeisha@yahoo.com](mailto:penerbit_lakeisha@yahoo.com)  
HP/WA: 0898980052  
Website: <http://www.penerbitlakeisha.com/>



ISBN 978-623-119-653-8



9 786231 196538



PRIMMER

Model Pembelajaran Berlandaskan STEAM-EDP: Stimulasi Keterampilan  
*Creative Problem Solving/ CPS* dalam Pembelajaran Abad 21

Berti Yolida  
Abdurrahman  
Dina Maulina

# PRIMMER

Model Pembelajaran Berlandaskan STEAM-EDP: Stimulasi Keterampilan  
*Creative Problem Solving/ CPS* dalam Pembelajaran Abad 21



Penerbit  
LAKEISHA

# PRIMMER

**Model Pembelajaran Berlandaskan STEAM-EDP  
(Stimulasi Keterampilan *Creative Problem Solving*/CPS dalam Pembelajaran Abad 21)**

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

Pasal 1:

1. Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang undangan.

Pasal 9:

2. Pencipta atau Pengarang Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 8 memiliki hak ekonomi untuk melakukan a.Penerbitan Ciptaan; b.Penggandaan Ciptaan dalam segala bentuknya; c.Penerjemahan Ciptaan; d.Pengadaptasian, pengaransemen, atau pentrasformasian Ciptaan; e.Pendistribusian Ciptaan atau salinan; f.Pertunjukan Ciptaan; g.Pengumuman Ciptaan; h.Komunikasi Ciptaan; dan i. Penyewaan Ciptaan.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Berti Yolida  
Abdurrahman  
Dina Maulina

# PRIMMER

Model Pembelajaran Berlandaskan STEAM-EDP  
(Stimulasi Keterampilan *Creative Problem Solving/CPS* dalam Pembelajaran Abad 21)



Penerbit Lakeisha  
2025

**PRIMMER: Model Pembelajaran Berlandaskan STEAM-EDP  
(Stimulasi Keterampilan *Creative Problem Solving*/CPS  
dalam Pembelajaran Abad 21)**

Penulis:

Berti Yolida  
Abdurrahman  
Dina Maulina

Editor : Andriyanto  
Layout : Yusuf Deni Kristanto  
Design Cover : Tim Lakeisha

Cetak I April 2025  
15,5 cm × 23 cm, 98 Halaman  
ISBN: 978-623-119-653-8

Diterbitkan oleh Penerbit Lakeisha  
(Anggota IKAPI No.181/JTE/2019)

Redaksi  
Delukan RT 19/RW 09, Tulung, Tulung, Klaten, Jawa Tengah  
Hp. 08989880852, Email: [penerbit\\_lakeisha@yahoo.com](mailto:penerbit_lakeisha@yahoo.com)  
Website: [www.penerbitlakeisha.com](http://www.penerbitlakeisha.com)  
Distributor: Penerbit Lakeisha

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang  
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk  
dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.



## PRAKATA

Pembelajaran abad 21 menuntut peserta didik untuk mengasah keterampilannya dalam pemecahan masalah. Pemecahan masalah yang kreatif dibutuhkan untuk membekali peserta didik sebagai bekal dalam kehidupannya kelak. Desain pembelajaran ini muncul berawal dari minimnya ruang kreatif yang diberikan dalam pembelajaran. Proses pembelajaran yang masih berfokus pada capaian kognitif yang menjadi beban sehingga pembelajaran menjadi kurang bermakna. Salah satu alasan ini memotivasi bagaimana mendesain model pembelajaran berlandaskan STEAM-EDP. Dinamika pendidikan kontemporer menjadi tantangan untuk mencetak generasi yang kreatif dalam memecahkan masalah. Pengembangan model pembelajaran ini sebagai bentuk dorongan inovasi untuk menstimulus CPS berpijak pada pendekatan *Science, Technology Engineering, Art, and Mathematic* (STEAM) dan strategi *Engineering Design Process* (EDP).

Secara aksiologi, buku ini diharapkan bermanfaat untuk pengembangan keilmuan pendidikan dan pembelajaran, menambah khasanah keilmuan dalam pembelajaran tentang STEAM dan menjadi acuan bagi penelitian yang akan datang. Manfaat praktis buku ini menghasilkan produk berupa model pembelajaran yang berlandaskan STEAM-EDP dapat mengembangkan *Creative Problem Solving* (CPS) peserta didik. Pentingnya keterampilan pemecahan masalah yang kreatif sebagai bagian tuntutan kebutuhan pembelajaran abad 21. Peserta didik sebagai bagian dari agen perubahan harus memiliki bekal memadai dan terampil dalam meninjau suatu masalah. Kreativitas

sangat dibutuhkan agar menemukan berbagai solusi dalam setiap permasalahan. Hal ini menjadi bekal peserta didik untuk kehidupannya kelak.

Model pembelajaran ini hadir sebagai salah satu bentuk partisipasi pemikiran guna memenuhi kebutuhan pendidikan dan pembelajaran komtemporer. Dalam buku ini disajikan kajian teoritis dan praktis tentang pembelajaran STEAM-EDP sebagai salah satu yang dibutuhkan dalam memenuhi tuntutan pembelajaran abad 21. Dengan bahasa yang mudah dipahami, dan dilengkapi dengan kajian teori yang mendalam, serta perangkat pembelajaran yang lengkap diharapkan buku ini menjadi acuan untuk perbaikan pembelajaran yang tidak hanya membebani peserta didik dengan beban kognitif yang terkadang tumpang tindih setiap jenjangnya, namun juga membuka peluang pengembangan penelitian dan pengabdian kepada ranah pendidikan untuk memberikan solusi pembelajaran yang menghasilkan peserta didik yang solutif, kreatif, dan inovatif dalam setiap langkah berpikir dan belajarnya.

Pengembangan model pembelajaran instruksional ini merujuk pada paradigma pembelajaran konstruktivisme. Pembelajaran yang mengajak peserta didik aktif merancang dan membangun pengetahuannya melalui proses pembelajaran. Pentingnya memberi ruang pada peserta didik mengembangkan potensinya diharapkan mampu membuka kecerdasan berpikir dan kreatif dalam memecahkan masalah dalam dunia nyata. Model pembelajaran ini menekankan pada bagaimana peserta didik menggali ide-ide konseptual dan kontekstual untuk divisualisasikan melalui desain yang nyata sehingga belajar sains tidak hanya sebatas tataran pengetahuan saja namun langsung dikonsep dalam bentuk *prototype*.

Rasa syukur selalu dipanjatkan kehadirat ALLAH Subhanawata'ala yang Maha Pengasih dan Penyayang, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga model pembelajaran ini dapat terselesaikan. Solawat dan salam selalu tercurah untuk Nabi Muhammad SAW, semoga kita semua mendapat syafaat di yaumil akhir kelak, Aamiin. Ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang telah

mendukung terlaksananya pengembangan model pembelajaran ini. Kepada Universitas Lampung, pembimbing, penguji, para pendidik, validator, peserta didik, dan semua pihak yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran yang membangun sehingga menambah dan memperbaiki kualitas model pembelajaran ini.

Bandar Lampung, Maret 2025

Tim Penyusun



## DAFTAR ISI

PRAKATA .....	V
DAFTAR ISI .....	VIII
DAFTAR TABEL .....	X
DAFTAR GAMBAR.....	XI
BAB 1 TEORI BELAJAR KONTRUKTIVISME: KARAKTERISTIK DAN KAITANNYA DENGAN STEAM.....	1
BAB 2 PEMBELAJARAN ABAD 21 DAN KEBUTUHANNYA TERHADAP STEAM.....	6
BAB 3 KARAKTERISTIK STEAM .....	11
BAB 4 <i>ENGINEERING DESIGN PROCESS</i> (EDP): MENGISI RUANG DAN BERSINERGI DENGAN STEAM DALAM PEMBELAJARAN .....	17
BAB 5 PERKEMBANGAN PENELITIAN EVALUATIF STEAM DAN EDP .....	21
BAB 6 <i>PEERAGOGY</i> : PERKEMBANGAN PEDAGOGI DALAM PEMBELAJARAN STEAM-EDP .....	30
BAB 7 DESAIN MODEL PEMBELAJARAN PRIMMER BERLANDASKAN STEAM-EDP.....	35

A.	Tujuan Pengembangan Model Pembelajaran Primmer Berlandaskan STEAM-EDP .....	36
B.	Konstruksi Sintaks Model Pembelajaran Primmer Berlandaskan STEAM-EDP .....	37
C.	Sistem Sosial Model Pembelajaran Primmer .....	46
D.	Prinsip Reaksi dalam Model Pembelajaran Primmer .....	48
E.	Sistem Pendukung dalam Model Pembelajaran Primmer .....	49
F.	Dampak Instruksional dan Dampak Pengiring dalam Model Pembelajaran Primmer .....	50
BAB 8	KREATIVITAS DAN CREATIVE PROBLEM SOLVING (CPS): KONSEP DASAR DAN MENSTIMULASINYA MELALUI STEAM-EDP .....	51
BAB 9	ARAH PEMBELAJARAN DI PERGURUAN TINGGI INDONESIA .....	57
BAB 10	MODEL PEMBELAJARAN STEAM-EDP DALAM KERANGKA DEEP LEARNING .....	61
	GLOSARIUM .....	68
	DAFTAR PUSTAKA .....	77
	BIOGRAFI PENULIS .....	97



## DAFTAR TABEL

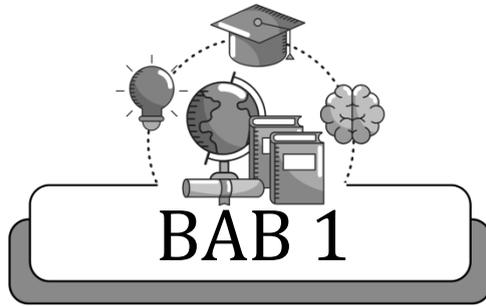
Tabel 1.	Cakupan Kegiatan Pendidikan STEAM sebagai Transdisipliner .....	14
Tabel 2.	Tahapan Proses EDP .....	18
Tabel 3.	Hasil penelitian terdahulu tentang penggunaan STEAM dan EDP .....	23
Tabel 4.	<i>Peeragogy</i> dalam pembelajaran STEAM-EDP.....	32
Tabel 5.	Sintaks/ Tahap-tahap Model Pembelajaran Primmer.....	42
Tabel 6.	Penjelasan elemen-elemen utama dalam <i>Framework Deep Learning</i> .....	63



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Proses pengembangan model pembelajaran STEAM-EDP .....	37
Gambar 2.	Desain model pembelajaran STEAM-EDP.....	39
Gambar 3.	Struktur model pembelajaran Primmer untuk menstimulasi CPS .....	42
Gambar 4.	Proses Stimulasi Keterampilan <i>Creative Problem Solving</i> (CPS) melalui Pembelajaran STEAM-EDP....	48
Gambar 5.	Dampak Instruksional dan Dampak Pengiring Pembelajaran STEAM-EDP.....	50
Gambar 6.	<i>Framework Deep Learning</i> .....	63
Gambar 7.	<i>Framework Coherence</i> .....	65





## **TEORI BELAJAR KONTRUKTIVISME: KARAKTERISTIK DAN KAITANNYA DENGAN STEAM**

**T**eori belajar konstruktivisme merupakan salah satu paradigma yang telah memberikan dampak mendalam pada dunia pendidikan dan psikologi kognitif. Berbeda dengan pendekatan tradisional yang memandang belajar sebagai proses pasif, konstruktivisme menekankan pada bagaimana individu membangun pengetahuan melalui interaksi dengan lingkungan dan pengalaman sebelumnya. Konsep dasar konstruktivisme didasarkan pada gagasan bahwa pengetahuan bukanlah sesuatu yang tetap dan dapat disalurkan dari satu individu ke individu lain, tetapi sesuatu yang terus-menerus dibangun dan direkonstruksi oleh pembelajar itu sendiri (Piaget, 1967). Dalam teori konstruktivisme, pengetahuan diperoleh melalui proses mental aktif, individu mengintegrasikan informasi baru dengan struktur kognitif yang telah ada sebelumnya (Vygotsky, 1978). Setiap individu dapat memiliki interpretasi atau pemahaman yang unik mengenai konsep atau fenomena tertentu, tergantung pada pengalaman dan pengetahuan sebelumnya.

Teori konstruktivisme memiliki akar dalam karya-karya Jean Piaget, yang mempelajari bagaimana anak-anak mengembangkan pemahaman mereka tentang dunia (Piaget & Cook, 1952). Vygotsky memperkenalkan gagasan tentang peran penting interaksi sosial dalam pembentukan pengetahuan, mengusulkan bahwa proses belajar paling optimal terjadi dalam "zona perkembangan proksimal" yaitu: jarak antara apa yang dapat dicapai peserta didik sendirian dan apa yang dapat mereka capai dengan bantuan orang lain (Vygotsky, 1978).

Gagasan Piaget tentang perkembangan anak dan ide-ide Vygotsky tentang pembelajaran situasi sosial (Vygotsky, 1999), ide-ide yang dikenal sebagai teori belajar konstruktivisme yang menekankan pada pengetahuan yang dibangun ketika peserta didik aktif terlibat dalam pembelajaran, dimana mereka dihadapkan pada pengalaman yang berbeda. Teori konstruktivis mengungkapkan bahwa pengetahuan tidak dapat hanya dikomunikasikan tetapi peserta didik harus terlibat dalam membangun mereka sendiri pengetahuan (Ertmer & Newby, 1993). Lingkungan belajar berbasis inkuiri konstruktivis untuk mempromosikan pembelajaran aktual dalam pendidikan sains dengan memungkinkan peserta didik untuk aktif daripada penerima pasif (Brooks & Brooks, 1999).

Teori ini menekankan pentingnya apa yang dibawa oleh pembelajar ke situasi belajar apa pun sebagai pembuat makna aktif dan pemecah masalah (Turuk, 2008). Ellis (2000) yang dikutip oleh (Turuk, 2008) menyatakan bahwa teori Vygotsky berasumsi bahwa belajar muncul bukan melalui interaksi, tetapi dalam interaksi. Peserta didik awalnya berhasil melakukan tugas baru dengan bantuan orang lain dan kemudian menginternalisasi tugas tersebut sehingga mereka dapat melakukannya sendiri (Turuk, 2008).

Ada beberapa atribut dalam teori Vygotsky menurut Meece (2002) dikutip oleh (Schunk, 2012) yaitu: 1) pentingnya interaksi sosial dalam membangun pengetahuan; 2) pengaturan diri dikembangkan melalui internalisasi (mengembangkan representasi internal) dari tindakan dan operasi mental yang terjadi dalam interaksi sosial; 3) perkembangan manusia terjadi melalui transmisi budaya alat (bahasa,

simbol); 4) bahasa berkembang dari tuturan sosial, ke tuturan pribadi, ke tuturan terselubung (batin); 5) zona perkembangan proksimal (ZPD) adalah perbedaan antara apa yang dapat dilakukan anak-anak sendiri dan apa yang dapat mereka lakukan dengan bantuan orang lain. Interaksi dengan orang dewasa dan teman sebaya di ZPD mendorong perkembangan kognitif.

Pendidik memfasilitasi peserta didik dalam suatu tugas yang peserta didik tidak dapat tampil secara mandiri karena tingkat kesulitannya. Cerminan gagasan aktivitas kolektif, menurut Bruner dikutip oleh (Schunk, 2012), peserta didik yang tahu lebih banyak atau lebih terampil berbagi pengetahuan dan keterampilan itu untuk menyelesaikan tugas dengan mereka yang kurang tahu. Menurut Rogoff (1986), dikutip oleh (Schunk, 2012) bahwa banyak partisipasi terbimbing diperlukan ketika bekerja di ZPD dan pelajar membawa pemahaman peserta didik ke sosial interaksi pembelajaran dan membangun makna dengan mengintegrasikan pemahaman tersebut dengan pengalaman mereka dalam konteks pembelajaran.

Secara khusus, penekanan Vygotsky pada peran orang lain atau konteks sosial dalam pembelajaran telah mendorong pendidik untuk memeriksa kembali pembelajarannya merupakan proses individu. Penekanan terjadi pada peran komunitas yang lebih besar dalam pembelajaran. Konstruktivisme sosial memiliki dampak terbesar pada pembelajaran dan desain kurikulum yang paling kondusif untuk integrasi ke dalam pendekatan pendidikan saat ini (Jones & Brader-Araje, 2002). Dari sudut pandang Vygotsky, pembelajar mengkonstruksi makna dari kenyataan tetapi tidak secara pasif menerima apa yang diajarkan di lingkungan belajarnya. Oleh karena itu, konstruktivisme berarti belajar melibatkan konstruksi, penciptaan, penemuan, dan pengembangan pengetahuan dan maknanya. Peran pendidik adalah sebagai fasilitator yang memberikan informasi dan menyelenggarakan kegiatan bagi peserta didik untuk menemukan belajar sendiri (Liu & Chen, 2010). Selanjutnya, ZPD dari Vygotsky berfungsi sebagai dasar dari banyak konsep dan pendekatan lainnya.

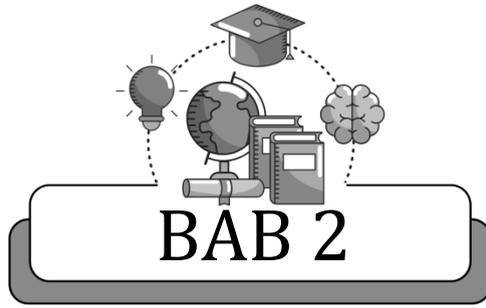
Teori konstruktivisme telah terjadi pergeseran dan perkembangan yang signifikan pada abad 21 dalam desain instruksional berbasis teknologi. Teknologi memfasilitasi pembelajaran berbasis proyek, kolaboratif, dan berbasis masalah yang sesuai dengan prinsip konstruktivisme (D. Jonassen et al., 2003). Selain itu tawaran peluang baru dalam pendidikan yaitu pendidikan *online* dan *blended learning* untuk pendekatan konstruktivistik, dengan menekankan kolaborasi, interaktivitas, dan pembelajaran berbasis proyek (Lee & McLoughlin, 2010).

Abad 20, definisi kreativitas masih dikonstruksi dengan tepat, terlepas dari semua kerumitan konstruk, maka definisi yang terbentuk yaitu kreativitas adalah kompetensi penting untuk memecahkan masalah saat ini dan untuk memenuhi persyaratan era pasca-industri. generasi muda perlu menemukan kembali kreativitas dengan keluwesan mental dalam bereksperimen. Oleh karena itu, beberapa penulis bahkan menyatakan kreativitas sebagai keterampilan kunci abad 21 dan menyorotinya sebagai tujuan pendidikan yang penting. Sebelumnya, pendidikan dioptimalkan untuk standardisasi dan kesesuaian yang mengarah ke kurikulum wajib dan persyaratan pengujian yang ketat. Seni direduksi menjadi elemen pengajaran mata pelajaran belaka, mengabaikan sedikit banyak esensi kreativitas daripada menggunakannya sebagai elemen pembelajaran di semua mata pelajaran di kelas. Saat ini, melawan tren ini, kurikulum semakin mempromosikan "kemampuan" (orientasi kompetensi) daripada transfer tradisional "pengetahuan" (kognisi).

Pendidikan STEAM lahir dan berkembang dari filosofi konstruktivis dan desain, menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran. Pendekatan berbasis desain konstruktivis untuk STEAM, menghargai seni dan desain sebagai bagian penting dari pengalaman pembelajaran, sambil mempersiapkan peserta didik pada abad 21 yang membutuhkan kreativitas dan keterampilan untuk mengubah ide menjadi kenyataan. Proses desain STEAM memberi peserta didik kesempatan untuk mengeksplorasi dan memahami dunia

di sekitar mereka saat mereka menjadi kritis, kreatif, dan pemikir mandiri (H.-J. Kim et al., 2015).

Pendidikan STEAM dibangun oleh teori dasar konstruktivisme. Vigotsky dalam pandangan konstruktivisnya melihat pengetahuan sebagai apa yang dikonstruksi sendiri berdasarkan pengalaman yang dikumpulkan dari lingkungannya. Konstruktivis sosial melihat pengetahuan sebagai apa yang peserta didik lakukan dalam kolaborasi dengan peserta didik lain, pendidik, dan teman sebaya. Konstruktivisme sosial terbentuk dari berbagai konstruktivisme kognitif yang menekankan sifat kolaboratif belajar dibawah bimbingan seorang fasilitator atau bekerja sama dengan peserta didik lain (Schunk, 2012).



## PEMBELAJARAN ABAD 21 DAN KEBUTUHANNYA TERHADAP STEAM

Pembelajaran yang berkembang saat ini adalah pembelajaran yang dapat menghubungkan pengetahuan dan imajinasi (*art*), dan mentransformasikannya menjadi isu konkrit dengan keterampilan yang dibutuhkan pada abad 21. Keterampilan dalam bekerja sama untuk membangun kreativitas, pemecahan masalah, dan komunikasi yang efektif. Pendidikan harus memuaskan peserta didik dan menantang dalam proses pembelajarannya, bertanya untuk belajar dan bermakna dalam proses pendidikannya. Sejauh menyangkut ini, pendidikan di era digital, peserta didik perlu mengetahui cara belajar yang benar dan memiliki pola pikir yang lebih berkembang. Pendidik harus mengubah peran dari pendidik menjadi fasilitator. Institusi dan lembaga pendidikan perlu beradaptasi dan memberikan kesempatan untuk pendekatan pengajaran dan pembelajaran baru, yang akan sesuai dengan kebutuhan peserta didik yang terus berubah.

Pendidikan STEAM dalam mengembangkan kreativitas peserta didik memiliki unsur-unsur etika dalam aspek ontologi. STEAM merupakan pendekatan pembelajaran yang menggunakan unsur *Science, Technology Engineering, Art, dan Mathematic* merupakan

pendekatan yang selaras dengan kebutuhan dan tuntutan dalam pembelajaran abad 21. STEAM memiliki karakteristik sebagai pembelajaran masa depan. Pendidikan STEAM memiliki prospek sangat tinggi dan berekselerasi untuk tujuan pedagogi (Belbase et al., 2021). STEAM memiliki banyak manfaat yaitu terhubungnya dalam kehidupan nyata antara matematika, sains, teknologi, dan teknik melalui seni dan desain. Hal ini akan menjadi dasar pemikiran yang inovatif bagi masa depan peserta didik (Gettings, 2016).

Salah satu tantangan belajar sepanjang hayat adalah membangun kreativitas, membangun kreativitas tidak terbatas dengan kurikulum apapun (Craft, 2004). Abad 21 melalui tantangan dan peluangnya bisa dikatakan abad kreativitas (Ordóñez Camacho & Romero Martínez, 2022). Kreativitas peserta didik menjadi hal penting dan menjadi titik awal untuk mengembangkan kreativitas lainnya. Kreativitas menjadi dasar peserta didik untuk berpikir kreatif, kritis, fokus pada proses berinovasi, dan menjangkau semua keterampilan pada abad 21. Pengembangan kreativitas peserta didik sebetulnya dapat didorong oleh pendidik. Peserta didik harus memiliki pengetahuan yang cukup terhadap domain tersebut dan pendidik mencontohkan kreativitasnya. Selain itu, peserta didik dilatih menghargai dan membangun kreativitasnya dalam konteks belajarnya (Jackson et al., 2006).

Pendidikan STEAM memiliki prospek sangat tinggi dan berekselerasi untuk tujuan pedagogi (Belbase et al., 2021). STEAM memiliki banyak manfaat yaitu terhubungnya dalam kehidupan nyata antara matematika, sains, teknologi, dan teknik melalui seni dan desain. Hal ini akan menjadi dasar pemikiran yang inovatif bagi masa depan peserta didik (Gettings, 2016). Pendidikan STEAM melalui pendekatannya dapat merespon dengan tentang perubahan sosial dan teknologi yang dibutuhkan peserta didik sebagai keterampilannya pada abad 21 (Tkachenko et al., 2022). Peserta didik dapat mengembangkan kreativitas dan imajinasinya sehingga kedepan menjadi individu kreatif dan inovatif melalui STEAM. STEAM terkait dengan semua kegiatan kreatif menjadi solusi bagi permasalahan pendidikan (Anisimova et

al., 2022). Penelitian pendekatan STEAM dalam pembelajaran menggali keterampilan peserta didik seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kemampuan kognitif, kemampuan berkomunikasi, kemampuan berkolaborasi, dan kreativitas, serta *sustainability thinking* (Houghton et al., 2022; Hsiao et al., 2022; Perignat & Katz-Buonincontro, 2019; Rahmawati et al., 2022; Roche et al., 2021; Southworth, n.d.; Tran, Huang, Hsiao, et al., 2021a; Wilson et al., 2021).

STEAM *Education* adalah pendekatan pendidikan yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika untuk membekali peserta didik dengan keterampilan kreatif, keterampilan investigasi, keterampilan debat, keterampilan berpikir kritis, serta kreativitas dan inovasi. Hasilnya adalah peserta didik memiliki keterampilan berpikir, berpartisipasi dalam pengalaman belajar serta pemecahan masalah, kolaborasi, dan penggunaan proses berpikir kreatif di tempat kerja. Ciri-ciri tersebut akan muncul pada inovator, pendidik, pemimpin dan karakteristik yang diinginkan peserta didik di abad 21.

Teknologi sains telah berkembang di abad 21, dan sangat penting untuk mengintegrasikan pendidikan dengan pembelajaran berbasis kompetensi, kreativitas, dan keterampilan pemecahan masalah agar negara tetap inovatif dan kompetitif. Selain itu, ia menyediakan apa yang dibutuhkan dalam ekonomi sosial. Pendidikan STEM dianggap sebagai strategi nasional di AS, yang diterapkan untuk menumbuhkan bakat interdisipliner bagi negara. Yakman menyebutkan bahwa peserta didik akan memahami budaya dengan lebih baik dan menghargai estetika melalui STEAM, dengan penambahan seni (*Art*) dari STEM. Hal ini dapat dicapai dengan membangun sains dan matematika, disampaikan kepada peserta didik melalui teknologi, pemikiran logis, dan sentuhan seni.

Dalam pandangan pendidikan multikultural, mengarahkan peserta didik untuk menemukan metode belajar yang efektif atau bahkan sendiri adalah cara yang paling mudah untuk meningkatkan hasil belajarnya. Pendidikan STEAM dapat memenuhi persyaratan

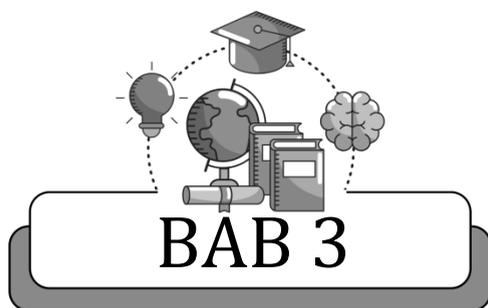
tersebut, karena menyediakan lingkungan belajar yang beragam dan inovatif. Peserta didik dengan kebutuhan pendidikan khusus dapat menemukan teknik belajar mereka sendiri untuk memperoleh keterampilan.

Di era posmodern, pendidikan dihadapkan pada tantangan kompleks yakni perubahan yang serba cepat, globalisasi, disrupsi digital, masalah sosial-ekonomi, krisis ekologi, dan berbagai persoalan lainnya. Konsekuensinya, pendidikan didorong untuk mampu mengembangkan kemampuan peserta didik agar dapat beradaptasi dan mampu menjawab tantangan tersebut. Salah satu pedagogi mutakhir yang dipandang relevan untuk mengembangkan keterampilan abad 21 adalah STEAM education. Pendidikan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics*) merupakan turunan dari STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dengan menambahkan muatan seni (Aróstegui et al., 2019).

Dengan berkembangnya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi telah mengubah banyak profesi di masyarakat dan dampak ini akan semakin kuat di masa depan. Telah banyak penelitian di negara maju menunjukkan bahwa profesi yang berkaitan dengan bidang ilmu pengetahuan dan teknologi memiliki tingkat pertumbuhan yang kuat dibandingkan dengan pekerjaan lainnya. Menghadapi perubahan ini, permintaan tenaga kerja dengan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan dalam penguasaan teknologi di masa depan semakin meningkat. STEAM telah menjadi kata kunci yang paling dicari dan topik pendidikan yang paling diminati dalam beberapa tahun terakhir. Peneliti pendidikan telah membuat hubungan antara sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika melalui kurikulum STEAM. Sebelumnya, seni dan sains diajarkan sebagai mata pelajaran yang terpisah, dan hanya sedikit metode yang menunjukkan hubungan antar disiplin ilmu. Meskipun konsep atau teori saling berkaitan satu sama lain dalam setiap isi dan waktu pembelajaran. Namun pertanyaannya adalah bagaimana menggabungkan sains, teknik, dan seni menjadi satu kesatuan yang dapat diterapkan dalam kehidupan nyata.

STEAM dapat mengintegrasikan lebih dari satu pelajaran yang terkait yang masuk dalam kategori multidisipliner. Namun STEAM juga dapat dikembangkan sebagai transdisipliner. STEAM menjadi sarana pendidikan untuk menjembatani berbagai perubahan diluar pelajaran tersebut (M. K. Kim et al., 2019). STEAM berkembang dan populer di Amerika sebagai pusat pendidikan STEAM, tetapi di Malaysia belum sepenuhnya menggunakan STEAM yang fokus pada penggabungan seni dan pendidikan STEM (Talib et al., 2019). Namun demikian, perkembangan STEAM tidak seluas spektrum pendidikan STEM. Pergeseran STEAM dari STEM secara konten dan disiplin dilakukan untuk memperoleh pendidikan holistik sepanjang hayat.

Walaupun demikian, pilihan pendekatan disesuaikan dengan tujuan yang akan dicapai. Intinya STEAM berbeda dengan pembelajaran tradisional yang biasanya menggunakan pendekatan multidisipliner. Pembelajaran tradisional bersifat konvergensi yang ditandai dengan muatan kognitif lebih banyak. Selain itu, pelaksanaan pembelajaran yang seolah-olah seperti STEAM dikritik oleh (Gettings, 2016) padahal sebetulnya pembelajarannya masih bersinggungan dengan pembelajaran tradisional.



## KARAKTERISTIK STEAM

Pendidikan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics*) diperlukan untuk mengakuisisi keterampilan abad 21. Peserta didik harus siap dengan bekal pemahaman dan keterampilan untuk memecahkan masalah kompleks (Singh, 2021). Pembelajaran ini mengajarkan tentang fleksibilitas dalam memilih metodologi yang tepat sangat penting untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan ilmiah, matematika, teknologi, dan teknik yang signifikan (S. Kim, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa integrasi seni dalam STEAM secara signifikan meningkatkan kualitas pembelajaran dengan merangsang dorongan kreatif dan melibatkan peserta didik dalam menulis dan berpikir (Khine & Areepattamannil, 2019; Sousa & Pilecki, 2013).

Definisi tentang STEAM beragam dan divergen. Kecenderungan penulis mendefinisikan STEAM dengan mencantumkan unsur *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*. STEAM sebagai turunan dari STEM dengan penambahan “art” dan berbagai bentuk posisi STEAM dalam pembelajaran dan integrasinya dengan model pembelajaran. STEAM masih memiliki ketidakjelasan perbedaan dengan STEM, bahkan STEAM dan STEAM dianggap sama sehingga

perbedaan ciri antara STEM dan STEAM menjadi kabur. Perbedaan keduanya yaitu STEAM lebih mengembangkan konteks untuk proses EA, sedangkan STEM sudah berpusat pada analisis produk peserta didik (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021). Namun demikian, STEAM mencoba membangun kreativitas peserta didik melalui ekosistem yang sesuai. Para peneliti tidak terlalu mempermasalahkan dan justru STEAM menjadi luwes dan fleksibel terkait dengan batasan-batasan sehingga memberikan implikasi-implikasi baru untuk ditindaklanjuti. Penambahan “Art” mewarnai pembelajaran yang bermakna, didukung dengan komponen “teknik” memberikan peluang untuk terus dikembangkan dan diterapkan. Oleh karenanya, STEAM diyakini menjadi pilihan pembelajaran masa kini dan masa depan.

Salah satu tujuan Pendidikan STEAM adalah mengembangkan kemampuan pemecahan masalah secara kreatif melalui berkolaborasi (Erol et al., 2022). STEAM menekankan pada penerapan pengetahuan dalam konteks dunia nyata dan mengembangkan keterampilan adaptif, sehingga mempersiapkan peserta didik untuk keberhasilan di abad 21 (Singh, 2021). STEAM sebagai turunan dari STEM (Aróstegui et al., 2019) terlihat pada kegiatan pengembangan profesional *makerspace* berdampak pada persepsi pendidik dalam mengintegrasikan teknologi dengan STEM, menunjukkan peningkatan signifikan dalam tingkat kompetensi dan kepercayaan diri terhadap integrasi teknologi, serta peningkatan sikap terhadap matematika, teknologi, sains, dan STEM. Hal ini juga mengeksplorasi dampak kreativitas dan seni pada pembelajaran STEM tradisional dan sikap peserta didik terhadap kegiatan STEAM berbasis kelas (Abdurrahman et al., 2023; Khine & Areepattamannil, 2019).

STEAM mengintegrasikan lebih dari satu bagian yang terkait yaitu *Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematic*. Definisi tentang STEAM beragam dan divergen. Kecenderungan penulis mendefinisikan STEAM dengan mencantumkan unsur *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*. STEAM sebagai turunan dari STEM dengan penambahan “art” dan berbagai bentuk posisi STEAM dalam pembelajaran dan integrasinya dengan model

pembelajaran. STEAM masih memiliki ketidakjelasan perbedaan dengan STEM, bahkan STEAM dan STEM dianggap sama sehingga perbedaan ciri antara STEM dan STEAM menjadi kabur. Perbedaan keduanya yaitu STEAM lebih mengembangkan konteks untuk proses EA, sedangkan STEM sudah berpusat pada analisis produk peserta didik (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021). Namun demikian, STEAM mencoba membangun kreativitas peserta didik melalui ekosistem yang sesuai. Para peneliti tidak terlalu mempermasalahkan dan justru STEAM menjadi luwes dan fleksibel terkait dengan batasan-batasan sehingga memberikan implikasi-implikasi baru untuk ditindaklanjuti. Penambahan “seni” mewarnai pembelajaran yang bermakna, didukung dengan komponen “teknik” memberikan peluang untuk terus dikembangkan dan diterapkan. Oleh karenanya, STEAM diyakini menjadi pilihan pembelajaran masa kini dan masa depan.

Pembelajaran STEAM mengintegrasikan lebih dari satu pelajaran yang terkait. Pada akhirnya STEAM menjadi sarana pendidikan untuk menjembatani berbagai perubahan diluar pelajaran tersebut (M. K. Kim et al., 2019). STEAM berkembang dan populer di Amerika sebagai pusat pendidikan STEAM, tetapi di Malaysia belum sepenuhnya menggunakan STEAM yang fokus pada penggabungan seni dan pendidikan STEM (Talib et al., 2019). Namun demikian, perkembangan STEAM tidak seluas spektrum pendidikan STEM. Pergeseran STEAM dari STEM secara konten dan disiplin dilakukan untuk memperoleh pendidikan holistik sepanjang hayat.

STEAM dapat diterapkan sebagai strategi pembelajaran (Talib et al., 2019), sebagai model pedagogis (Anito Jr. & Morales, 2019; Belbase et al., 2021; Rahmawati et al., 2022), sebagai metode pendidikan (Ahmad et al., 2021; Belbase et al., 2021; Hoi, 2021; Yungkeun, 2022), dan STEAM based curriculum (Tran, Huang, Hsiao, et al., 2021a), serta sebagai pendekatan pembelajaran (Bassachs et al., 2020, 2020; Bin Amiruddin et al., 2022; Liao, 2016). Semua bentuk penerapan di kelas tentunya disesuaikan dengan pertimbangan kelebihan dan kekurangan instruksional serta tujuan pembelajaran.

STEAM adalah pendekatan pengajaran multi disiplin dengan landasan logika matematika untuk membelajarkan sains dan teknologi yang bermuatan seni. Selain multi disiplin STEAM juga dikatakan sebagai pendekatan pengajaran transdisiplin atau interdisiplin yang membelajarkan suatu kajian keilmuan dengan melibatkan unsur STEAM. STEAM sebagai multidisipliner (Conradty & Bogner, 2019; P. W. Kim, 2016; S.-W. Kim & Lee, 2022), sebagai interdisipliner (Diego-Mantecon et al., 2021; M. K. Kim et al., 2019; Stenard, 2021; Tkachenko et al., 2022), dan sebagai transdisipliner (Burnard et al., n.d.; Diego-Mantecon et al., 2021; Lage-Gómez & Ros, 2021; Liao, 2016; Wilson et al., 2021, 2021). Pendekatan multidisipliner dilakukan dengan mengintegrasikan dan membuat koneksi diseluruh area konten. Pendekatan interdisipliner fokus pada area konten yang tumpang tindih, sedangkan pendekatan transdisipliner membelajarkan dengan kerangka konseptual, epistemologi, dan penerapannya (Marshall, 2014).

Walaupun demikian, pilihan pendekatan disesuaikan dengan tujuan yang akan dicapai. Intinya STEAM berbeda dengan pembelajaran tradisional yang biasanya menggunakan pendekatan multidisipliner. Pembelajaran tradisional bersifat konvergensi yang ditandai dengan muatan kognitif lebih banyak. Selain itu, pelaksanaan pembelajaran yang seolah-olah seperti STEAM dikritik oleh (Gettings, 2016) padahal sebetulnya pembelajarannya masih bersinggungan dengan pembelajaran tradisional sehingga muncul skema transdisipliner yaitu komponen-komponen STEAM tergabung dalam suatu pendekatan yaitu STEAM.

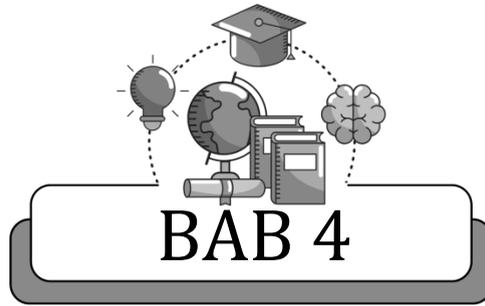
Skema transdisipliner STEAM untuk menghasilkan hasil belajar yang baik (Huffman et al., 2020). Cakupan kegiatan diuraikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Cakupan Kegiatan Pendidikan STEAM sebagai Transdisipliner

No	Cakupan kegiatan
1	Merancang instrumen prosedur, penilaian, dan kelengkapan pembelajaran lainnya
2	Menciptakan lingkungan belajar STEAM yang memupuk situasi inklusif
3	Menggunakan teknologi untuk menerapkan prinsip desain
4	Memahami dan menggunakan ide-ide inti disiplin ilmiah, konsep lintas disiplin, praktik sains dan teknik untuk menciptakan pengalaman belajar yang bermakna bagi peserta didik dalam penguasaan konten
5	Menggunakan berbagai strategi penilaian yang sesuai yang melibatkan peserta didik, memantau kemajuan belajar, mengomunikasikan umpan balik, mengevaluasi keefektifan instruksional, dan memandu keputusan pembelajaran
6	Merencanakan dan melaksanakan pembelajaran dengan pendekatan yang mendukung rasa ingin tahu, kreativitas dan meningkatkan keterampilan dalam praktik sains dan teknik peserta didik
7	Memberi dukungan pembelajaran yang dipersonalisasi
8	Menggunakan teknologi untuk kebutuhan setiap peserta didik

STEAM memiliki karakteristik sebagai pembelajaran masa depan. Pendidikan STEAM memiliki prospek sangat tinggi dan berekselerasi untuk tujuan pedagogi (Belbase et al., 2021). STEAM memiliki banyak manfaat yaitu terhubungannya dalam kehidupan nyata antara matematika, sains, teknologi, dan teknik melalui seni dan budaya. Hal ini akan menjadi dasar pemikiran yang inovatif bagi masa depan peserta didik (Gettings, 2016). Pendidikan STEAM melalui pendekatannya dapat merepon dengan tentang perubahan sosial dan teknologi yang dibutuhkan peserta didik sebagai keterampilannya di abad 21 (Tkachenko et al., 2022). Melalui STEAM, peserta didik dapat mengembangkan kreativitas dan imajinasinya sehingga kedepan menjadi individu kreatif dan inovatif. STEAM terkait dengan semua

kegiatan kreatif menjadi solusi bagi permasalahan pendidikan (Anisimova et al., 2022).



## ***ENGINEERING DESIGN PROCESS (EDP): MENGISI RUANG DAN BERSINERGI DENGAN STEAM DALAM PEMBELAJARAN***

**E**DP merujuk pada *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET) adalah proses merancang suatu sistem, komponen, atau proses untuk memenuhi kebutuhan yang diinginkan. Proses dalam pengambilan keputusan (seringkali berulang menggunakan ilmu-ilmu dasar, matematika, dan ilmu teknik diterapkan untuk mengubah sumber daya menjadi lebih optimal guna mencapai tujuan (Haik & Shahin, 2011).

Komponen desain teknik dalam kurikulum harus mencakup sebagian besar fitur berikut: pengembangan kreativitas peserta didik, penggunaan masalah terbuka, pengembangan dan penggunaan teori dan metodologi desain modern, perumusan pernyataan masalah dan spesifikasi desain, proses produksi, rekayasa bersamaan desain, dan deskripsi sistem secara rinci. Selain itu, penting untuk memasukkan berbagai kendala yang realistis, seperti faktor ekonomi, keselamatan, keandalan, estetika, etika, dan dampak sosial (Haik & Shahin, 2011). EDP memiliki tahapan proses yang dikembangkan oleh (Abdurrahman et al., 2023; Carberry et al., 2010; Crotty et al., 2017; Haik & Shahin,

2011; Johnston et al., 2019; Lie et al., 2021; Massachusetts Department of Education, 2001) dalam Tabel 2.

Tabel 2. Tahapan Proses EDP

No	Tahapan	Deskripsi
1	Menentukan tujuan dan permasalahan	Menentukan tujuan dari kegiatan EDP. Mengidentifikasi permasalahan yang akan diselesaikan melalui EDP. Peserta didik menggali dan menghimpun informasi dan fenomena yang berkembang dan perlu penyelesaian secara cepat terkait permasalahannya
2	Mensintesis solusi	Peserta didik berkolaborasi dalam membangun ide untuk menentukan solusi terhadap permasalahan. Solusi yang dihasilkan dapat lebih dari satu. Kelompok menganalisis berbagai macam ide dan diakhir tahapan ini kelompok menentukan ide terbaik sebagai solusi akhir
3	Mengkonstruksi <i>prototype</i>	Sebelum merancang <i>prototype</i> , kelompok membuat desain dan mengembangkannya menjadi <i>prototype</i> sebagai visualisasi dari ide terbaik. Dalam mengonstruksi <i>prototype</i> , kelompok mempertimbangkan efektivitas desain yang dirancang
4	Menguji dan mengevaluasi	Rancangan <i>prototype</i> diuji dan dievaluasi ketepatan produk dengan permasalahan dan tujuan kegiatan EDP
5	Redesain	Merancang ulang <i>prototype</i> berdasarkan analisis dan evaluasi. Penyempurnaan desain berdasarkan hasil uji dan evaluasi yang merujuk pada solusi terpilih dari permasalahan.

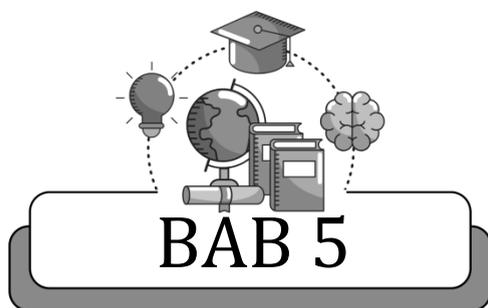
Penggunaan EDP menjadi tidak efektif dijelaskan oleh Walton yang dirangkum oleh (Haik & Shahin, 2011) apabila terdapat asumsi

yang salah, pemahaman yang tidak baik tentang masalah yang harus dipecahkan, salah dalam membuat spesifikasi desain, kesalahan dalam manufaktur dan perakitan. Selain itu, kesalahan dalam perhitungan desain, eksperimen yang tidak lengkap dan pengumpulan data yang tidak memadai, kesalahan dalam gambar, dan membuat alasan yang keliru dari asumsi yang benar berperan penting menyebabkan kegagalan dalam membelajarkan EDP (Haik & Shahin, 2011). Perancangan *prototype* memiliki standar setidaknya memenuhi empat prinsip yaitu persyaratan, konsep produk, konsep solusi, serta rancangan dan rincian desain. Dalam merancang, sering terjadi kegagalan bila tidak jelas tujuan awal dan akhir rancangan. Namun demikian dalam prosesnya, EDP memandu peserta didik dalam mengembangkan kreativitas dan pemecahan masalah sesuai tujuan (Haik & Shahin, 2011).

Implementasi EDP yang populer adalah bidang robotika dan bidang biologi yaitu bioteknologi. Implementasi dalam pendidikan STEM menunjukkan efektivitas yang positif (Hafiz & Ayop, 2019). Integrasi STEAM dan EDP menunjukkan efek positif terhadap kreativitas dan pemecahan masalah pada peserta didik (Erol et al., 2022). Hal ini membuka peluang STEAM-EDP diimplementasikan dalam pembelajaran dengan karakteristik yang serupa seperti Pengetahuan Lingkungan materi Pencemaran Lingkungan dapat menstimulus CPS peserta didik. Kelemahan dalam proses STEAM diatasi dengan karakteristik EDP untuk menstimulus CPS. Selain itu, materi-materi lainnya yang dapat direayasa menghasilkan produk (*prototype*) dapat dikembangkan menggunakan pembelajaran ini. Terbuka peluang untuk mengembangkan pembelajaran lebih lanjut pada materi lainnya sehingga kreativitas peserta didik mendapatkan ruang kreatif dan pembelajaran tidak hanya sebagai beban kognitif.

Selain Biologi, bidang Matematika, Fisika, Kimia, dan Ilmu Sosial Budaya lainnya dapat menggunakan model pembelajaran yang berkembang dari STEAM-EDP. STEAM-EDP memberi ruang dalam pembelajaran sehingga belajar dapat mencapai *Deep Learning*. Peluang-peluang ini dapat digunakan oleh pendidik dalam mengkreasi pembelajaran dan menciptakan pembelajaran yang *Joyful*,

*Meaningful*, dan *Mindful*. Kebutuhan pembelajaran abad 21 dapat terpenuhi dengan proses-proses yang menstimulus berpikir peserta didik misalnya CPS.



## PERKEMBANGAN PENELITIAN EVALUATIF STEAM DAN EDP

Penelitian STEAM yang bersifat evaluatif di Amerika masih jarang, sedangkan di Korea pendidikan STEAM sejak tahun 2011 menjadi prioritas nasional (Anderson, 2021) sehingga lebih bersifat evaluatif dan menjadi tidak jelas asal mula berkembangnya STEAM antara US dan Korea Selatan. Kesulitan dalam menerapkan dan mengintegrasikan komponen STEAM dan ambiguitas antara STEM dan STEAM menjadikan penelitian evaluatif STEAM masih jarang terutama di US (Anderson, 2021). Sebaran kajian evaluatif STEAM lebih berkembang di negara-negara Asia dan Eropa. Banyak peneliti menggunakan pendekatan STEAM dalam pembelajaran dan menggali keterampilan peserta didik seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kemampuan kognitif, kemampuan berkomunikasi, kemampuan berkolaborasi, dan kreativitas peserta didik, serta *sustainability thinking* (Houghton et al., 2022; Hsiao et al., 2022; Perignat & Katz-Buonincontro, 2019; Rahmawati et al., 2022; Roche et al., 2021; Southworth, n.d.; Tran, Huang, Hsiao, et al., 2021a; Wilson et al., 2021).

Kurun waktu satu dekade (2013-2022), negara yang paling sering terlibat dalam penelitian STEAM evaluatif adalah Taiwan 6 artikel, Thailand 3 artikel, Finlandia dan China masing-masing 2 artikel, dan negara lainnya mempublikasikan masing-masing 1 artikel (Turki, Jerman, Indonesia, China, dan Korea) serta ada 2 artikel lintas negara. Ditinjau dari *Education Stage* paling banyak penelitian pada jenjang *primary education* dan *University*. *Study design* didominasi oleh quasi-experimental. Penelitian evaluatif tentang STEAM didominasi publikasi dari salah satu negara maju di Asia yaitu Taiwan. Akan tetapi, negara berkembang seperti Thailand dan Indonesia juga ikut berkontribusi dalam pengkajian STEAM. Kecenderungan penerapan STEAM saat ini adalah penggunaan STEAM dengan berbagai strategi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kreativitas. Penggunaan STEAM di negara-negara maju terintegrasi dengan berbagai model, metode, maupun sebagai basis kurikulum. Sedangkan negara berkembang menggunakan STEAM sebagai metode dan pembelajaran online. Kontribusi negara-negara berkembang akan terus bertambah mengingat STEAM dapat diterapkan dengan berbagai strategi dan bersifat divergen. Tuntutan keterampilan abad 21, peserta didik menjadi kreatif menjadi alasan utama STEAM banyak dikaji dan diterapkan diberbagai negara.

Kreativitas dan berpikir kreatif peserta didik telah diterbitkan dalam beberapa artikel dengan berbagai jenjang pendidikan. Penelitian menggunakan subjek tingkat Sekolah Dasar (Bassachs et al., 2020; Bureekhampun & Mungmee, 2020; Cheng et al., 2022a; Conradty & Bogner, 2020a; Hoi, 2021; Lage-Gómez & Ros, 2021; Lu, Lo, et al., 2022a; H. S. Salmi et al., 2020; Seron Torrecilla & Murillo Ligorred, 2020; Tran, Huang, Hsiao, et al., 2021b; Yliverronen et al., 2021), Sekolah menengah (Conradty & Bogner, 2020a; Hsiao et al., 2022; S.-W. Kim & Lee, 2022; Tran, Huang, & Hung, 2021), dan pendidikan tinggi (Anito Jr. & Morales, 2019; Hawari & Noor, 2020; Henze et al., 2022). Namun demikian, penelitian terkait kreativitas di Perpustakaan Tinggi masih jarang dilakukan ditunjukkan dengan kelangkaan publikasi terkait hal tersebut.

Perkembangan penelitian STEAM dan EDP dalam kurun waktu tahun 2016 sampai 2022 tersaji pada Tabel 3. Kajian tentang STEAM telah banyak dilakukan dengan berbagai jenjang pendidikan dan bidang keilmuan. Namun, defenisi dari STEAM masih ambigu dengan STEM. Beberapa peneliti menganggap ini menjadi kelebihan dari STEAM yang luwes dan luas penerjemahannya, tetapi penelaahan lebih lanjut mengungkapkan bahwa bagian “E” dan “A” pada STEAM kurang kokoh. Hal ini menjadi dapat diperkuat dengan EDP sehingga menumbuhkan kekuatan baru. Penelitian tentang EDP-STEAM telah ada namun melihat pemecahan masalah dan berpikir kreatif secara terpisah. Peluang penelitian terkait dengan STEAM-EDP yang melahirkan model pembelajaran instruksional baru yaitu model pembelajaran Primmer. Hasil analisis perkembangan penelitian STEAM dan EDP dijelaskan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil penelitian terdahulu tentang penggunaan STEAM dan EDP

No	Authors	Hasil penelitian
1	(Liao et al., 2016; Ruiz Vicente et al., 2020; P. C. Taylor, 2016)	STEAM dapat mengembangkan keterampilan berpikir kreatif kreatif dan inovatif peserta didik melalui media digital, misalnya membuat animasi dan proyek STEAM pembuatan robot ‘ <i>Sustainability City</i> ’ untuk anak sekolah dasar. Pendidik STEM ditantang untuk merancang kurikulum dan pedagogi untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilan disiplin peserta didik serta kemampuan mereka sebagai konsumen kritis, warga negara yang kreatif dan cerdas secara etis, perancang inovatif, komunikator yang baik, dan pembuat keputusan kolaboratif.
2	(Thuneberg et al., 2018)	Penggunaan Modul matematika berbasis penyelidikan langsung STEAM digunakan untuk mengukur kreativitas, kemandirian, dan penalaran visual dapat berkontribusi pada pembelajaran kognitif. Hasilnya menunjukkan bahwa pengetahuan secara signifikan

No	Authors	Hasil penelitian
		dipengaruhi oleh kedua subskala kreativitas: tindakan dan aliran. Namun, otonomi relatif, penalaran visual, dan operasi formal juga berkontribusi. Akibatnya, pembelajaran kognitif dalam modul STEAM ditunjukkan bergantung pada pemicu eksternal.
3	(Chung et al., 2018)	STEAM-6E dapat digunakan untuk mengasah keterampilan kooperatif, pengetahuan profesional, dan kemandirian belajar peserta didik sekolah keperawatan dan terbukti berpengaruh positif terhadap variabel-variabel endogennya.
4	(P. C. Taylor & Taylor, 2019)	STEAM untuk mencapai SDGs. Mengintegrasikan STEM dengan Seni memungkinkan terciptanya ruang kurikulum STEAM interdisipliner untuk merancang pedagogi transformatif yang mengembangkan pengetahuan/ keterampilan disiplin peserta didik dan membangkitkan kesadaran diri kreatif mereka, meningkatkan kesadaran moral/etis dan spiritual mereka, dan memberdayakan mereka untuk mempraktikkan keadilan lingkungan
5	(Conradty et al., 2020; Conradty & Bogner, 2020b)	Pengembangan pendidik profesional dengan membangun STEAM dalam kelas mempengaruhi motivasi ilmiah dan kreativitas peserta didik. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa kreativitas STEAM berdampak positif terhadap motivasi peserta didik. Selain itu, penelitian (Conradty et al., 2020) menunjukkan bahwa modul STEAM mengintervensi <i>self-efficacy</i> dan motivasi peserta didik
6	(Bureekhampun & Mungmee, 2020)	Penelitian ini dilakukan pada peserta didik usia pra-sekolah dengan mengintegrasikan STEAM dan bidang pengetahuan lainnya menunjukkan bahwa prestasi belajar peserta didik meningkat,

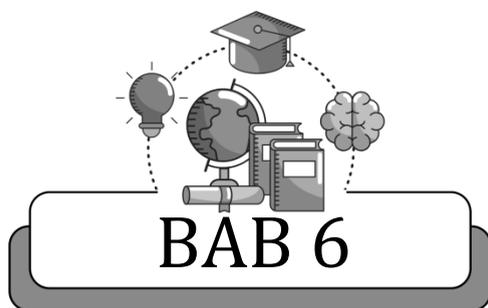
No	Authors	Hasil penelitian
		artinya STEAM membantu memperbaiki proses dalam berpikir peserta didik
7	(Mierdel & Bogner, 2020)	Penelitian menggunakan pendekatan berbasis STEAM pada peserta didik Biologi pada materi genetika pada materi: memecah kode struktur DNA”, peserta didik dapat secara mandiri membuat model DNA dari bahan-bahan yang mudah diperoleh. Hasilnya menunjukkan ada efek jangka pendek dan menengah pada kelas eksperimen
8	(Cheng et al., 2022b; Hoi, 2021; Tran, Huang, Hsiao, et al., 2021b)	Penelitian ini menginvestigasi pengaruh Kurikulum berbasis STEAM terhadap Kreativitas Ilmiah peserta didik Sekolah Dasar. Hasilnya kelompok kontrol dan eksperimen telah menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kreativitas ilmiah. Namun, hanya komponen kefasihan dan keluwesan kreativitas ilmiah (terdiri dari kefasihan, keluwesan, dan orisinalitas) yang menunjukkan perkembangan cukup baik, sedangkan komponen orisinalitas tetap tidak berubah. Penelitian ini juga menemukan bahwa setelah mengikuti kurikulum berbasis STEAM, tidak ada perbedaan substansial dalam kreativitas ilmiah antara laki-laki dan perempuan. Selain itu program pendidikan STEAM berbasis proyek juga meningkatkan kreativitas peserta didik sekolah dasar.
9	(H. Salmi et al., 2021)	Penelitian ini mengkaji kreativitas individu dan Pilihan Karir Praremaja dalam Konteks Pembelajaran Matematika-Seni. Hasilnya menunjukkan modul STEAM terbukti memicu tingkat kreativitas dan preferensi pilihan karier.
10	(Ahmad et al., 2021)	Pendidikan STEAM dapat meningkatkan berpikir kreatif peserta didik melalui organisasi belajar. Metode pembelajaran menggunakan

No	Authors	Hasil penelitian
		STEAM dalam pembelajaran memberikan dampak positif pada pembelajaran menggunakan metode STEAM dengan memberikan pengalaman langsung melalui proses pengerjaan proyek
11	(Park et al., 2021)	Peneliti mencoba membandingkan antara kemampuan berpikir kritis dan kreativitas antara peserta didik di China dan Amerika menggunakan <i>Creative Problem Solving</i> (CPS) terkait STEAM melalui tugas-tugas penalaran. Hasilnya menunjukkan bahwa peserta didik di China unggul dalam kemampuan berpikir Kritis, dan peserta didik di Amerika unggul di kreativitas.
12	(Tran, Huang, & Hung, 2021)	Studi ini menggali keefektifan pembelajaran berbasis STEAM terhadap kreativitas ilmiah Peserta didik SMP. Hasilnya pembelajaran berbasisw STEAM lebih tinggi kreativitas ilmiahnya dibandingkan kelas kontrol. Hal ini menyiratkan bahwa pembelajaran berbasis STEAM dapat membantu peserta didik mempertahankan atau melanjutkan kreativitas ilmiah peserta didik.
13	(Herro et al., 2019; ÖZKAN & UMDU TOPSAKAL, 2020)	Tantangan pembelajaran STEAM bagi pendidik perlu adanya pengembangan profesional intensif selama setahun, waktu, pemahaman peserta didik tentang isi dan proses, isu-isu yang berkaitan dengan perencanaan, dan kekhawatiran tentang kebijakan sekolah, integrasi teknologi dan masalah terkait penilaian. Sebagai hasil implementasi, disimpulkan bahwa kegiatan yang dikembangkan efektif dalam memperbaiki miskonsepsi peserta didik pada materi IPA berjudul kekekalan energi. Selain itu STEAM dapat digunakan sebagai desain pengajaran

No	Authors	Hasil penelitian
		praktis yang dapat dengan mudah digunakan di kelas yang padat.
14	(Rahmawati et al., 2019, 2023; Wilson et al., 2021)	STEAM dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif peserta didik pada pembelajaran kimia disekolah menengah pada materi asam basa. Penerapan STEAM pada peserta didik sekolah dasar dan menengah di tujuh negara menunjukkan peningkatan kreativitas, penerapan, pemecahan masalah, dan kolaborasi, memberikan bukti efektivitas pelajaran STEAM untuk meningkatkan pemikiran kritis dan kreatif peserta didik.
15	(Ozkan & Umdu Topsakal, 2021)	Implementasi pendekatan STEAM dapat mengasah kreativitas verbal dan figuratif peserta didik dibandingkan kelas yang menggunakan kurikulum sains dan buku teks sains pada peserta didik sekolah menengah.
16	(Wannapiroon & Petsangsri, 2020; Wannapiroon & Pimdee, 2022)	Peneliti ini mengembangkan lingkungan belajar secara virtual ( <i>virtual classroom learning environment/ VCLE</i> ) dengan desain VCLE STEAM-ification, hasilnya dapat meningkatkan berpikir kreatif dan inovasi peserta didik dibandingkan kelas kontrol. Desain STEAM-ification juga diterapkan menggunakan model <i>Flipped classroom</i> berpengaruh terhadap berpikir kreatif dan <i>creative innovation</i> .
17	(Lu, Lo, et al., 2022b; Lu, Wu, et al., 2022)	Temuan empiris penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang menggabungkan aktivitas STEAM memiliki pengaruh signifikan positif terhadap perkembangan pengenalan kreatif peserta didik sekolah dasar. Implikasi Interdisipliner <i>Lamp of Paper Carving</i> dengan Micro: Bit dapat dikembangkan lebih lanjut sehingga dapat berkontribusi untuk pengembangan

No	Authors	Hasil penelitian
		pembenajaran STEAM. Selain itu, penelitian ini juga digunakan pada peserta didik berkebutuhan khusus, dan hasilnya menunjukkan pengaruh yang positif terhadap kreativitas peserta didik
18	(S.-W. Kim & Lee, 2022)	<i>Science, Mathematics, and Informatics Convergence Education</i> (SMICE) digunakan untuk mengkaji berpikir konvergensi dan <i>Creative Problem Solving</i> (CPS) pada peserta didik sekolah menengah. Hasilnya berpengaruh positif dan model pendidikan multidisiplin ini dapat dikembangkan dengan fokus pada sains, matematika, dan informatika, dan membuktikan efek pendidikan dari model yang dikembangkan ketika diterapkan di kelas.
19	(Suhardi & Utama, 2022)	Pendekatan STEAM dan 4Dframe sebagai pendampingan pengajaran dapat mengembangkan kemampuan <i>Computational Thinking</i> peserta didik SMP.
20	(Erol et al., 2022)	Pendidikan EDP-STEAM meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan kreativitas peserta didik. Efek positif dari pendidikan EDP-STEAM diperoleh menggunakan cerita sehingga meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan kreativitas peserta didik
21	(Khamhaengpol et al., 2021, 2022)	Kegiatan STEAM dalam pembuatan Biodiesel dapat mengembangkan berpikir kreatif dan keterampilan proses sains dasar peserta didik SMA. Proses ini mendorong keefektifan dalam mengkomunikasikan ide-ide ilmiah dan pemikiran kreatif peserta didik saat mempraktikkan keterampilan laboratorium sainsnya
22	(Gjedde, 2022; Kùpeli et al., 2022)	Penggunaan STEAM dapat menggali kesadaran lingkungan peserta didik. Proyek ini mengeksplorasi potensi media dan seni

No	<i>Authors</i>	Hasil penelitian
		<p>partisipatif untuk mempromosikan kesadaran lingkungan yang lebih besar pada anak-anak dan remaja. Selain kesadaran lingkungan, kegiatan STEAM berbasis <i>Design Process</i> juga berdampak positif terhadap persepsi dan keterampilan kewirausahaan pada peserta didik SMP.</p>



## ***PEERAGOGY*: PERKEMBANGAN PEDAGOGI DALAM PEMBELAJARAN STEAM-EDP**

**D**itinjau dari perkembangan pedagogi, pembelajaran ini merujuk pada teori kolaborativisme dari *Peeragogy*. Teori kolaboratif ini menggunakan akar teori Vygotsky, dan Piaget. Definisi pembeda disampaikan oleh Linn & Bulbules (1993) dan kesimpulannya bahwa antara pembelajaran kooperatif dan kolaboratif yaitu pembelajaran kooperatif membagi tugas menjadi beberapa bagian dan setiap anggota kelompok menyelesaikan bagiannya tersebut sedangkan pembelajaran kolaboratif menghendaki anggota kelompok mengerjakan secara bersama-sama sehingga dihasilkan sebuah solusi dari suatu masalah (Gilmer, 2010). Pembelajaran kolaboratif merupakan ruhnya pembelajaran STEAM (Boice et al., 2021; Guyotte et al., 2015; Herro et al., 2017).

Tinjauan ini berangkat dari latar belakang peserta didik sebagai individu dewasa awal yang memiliki pengalaman, kemampuan, dan kecakapan, serta berasal dari daerah yang berbeda-beda. Ini menjadi bekal peserta didik saling melengkapi dalam prosesnya guna menghasilkan ide-ide kreatif dalam pemecahan masalah yang ada

dilingkungan sekitar peserta didik. Pembelajaran kolaboratif memudahkan pencapaian tujuan program (Ansari & Khan, 2020) yang menuntut adanya ide-ide baru dalam pemecahan masalah (Laal & Ghodsi, 2012; Zygouris-Coe, 2012). Dengan bantuan teknologi informasi (*online learning*), peserta didik dapat menggabungkan pengetahuan, pengalaman, dan fakta dengan perkembangan ide-ide orang lain yang telah ada sehingga dihasilkan sebuah inovasi dan bermanfaat bagi kehidupan dan lingkungannya (Gros, 2001; Isotani et al., 2013; Zygouris-Coe, 2012).

*Peeragogy* merupakan kegiatan pembelajaran teman sebaya yang potensial untuk pembelajaran di perpendidikan tinggi. Kemampuan peserta didik dalam organisasi belajar memudahkan pembelajaran secara *peeragogy*. Oleh karenanya diperlukan perencanaan yang cermat, dinamika yang memadai untuk membentuk kelompok kolaboratif, relevansi praktik peserta didik terkait dengan penggunaan teknologi sehari-hari, perubahan peran pengajaran, dan otonomi dalam pengelolaan pembelajaran (Herrera-Pavo, 2021). Pembelajaran ini dapat difasilitasi oleh smartphone (Chuang, 2015), komputer (Alavi, 1994), atau bahkan menggunakan format kelas tradisional (Reilly, 2000).

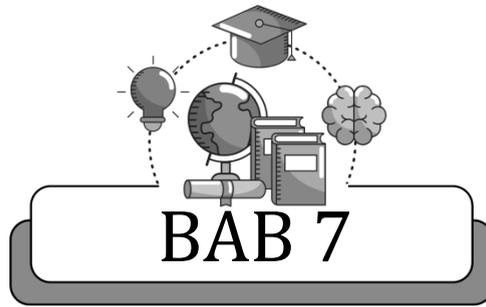
Peserta didik dapat berkolaborasi melalui kegiatan *peeragogy* dengan menggunakan EDP dan STEM (Abbott, 2016; Ata-Aktürk & Demircan, 2021). Kolaborasi dilakukan seperti membentuk kelompok diskusi, menyelidiki literatur penelitian, mengadakan presentasi, dan sesi kolaboratif untuk menciptakan karya seni visual yang menggambarkan penyelesaian masalah. Selain itu, peserta didik dapat berpartisipasi dalam desain tim untuk merancang dan membangun *prototype* solusi permasalahan, menganalisis data eksperimen, serta menggunakan pengetahuan matematika untuk mengevaluasi hasil. Melalui *peeragogy*, peserta didik dapat saling belajar, memberikan umpan balik, dan memperkaya pemahaman mereka tentang pemecahan masalah dengan kolaborasi dalam tim. Berikut ini implementasi *peeragogy* terhadap kajian penggunaan STEAM-EDP untuk menstimulus CPS dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4. *Peeragogy* dalam pembelajaran STEAM-EDP

No	Komponen	Penjelasan Komponen STEAM	Kegiatan EDP	Pembelajaran dengan <i>Peeragogy</i>
1	<i>Science</i>	Penguasaan konsep ilmiah, bekerja secara ilmiah dengan menganalisis permasalahan	Mengidentifikasi masalah: mengidentifikasi permasalahan atau dampak negatif yang terkait dengan permasalahan yang akan ditangani	Diskusi kelompok yang telah dibentuk untuk menentukan masalah yang akan ditangani.
			Pengumpulan informasi: mengumpulkan data dan informasi tentang materi permasalahan	Bersama kelompok, dengan pembagian tugas secara kolaboratif untuk mengumpulkan data dan informasi yang relevan tentang masalah yang akan dikaji
			Analisis: menganalisis data dan informasi yang terkumpul untuk memahami penyebab, efek, dan solusi dan kreativitas penyelesaian yang mungkin dilakukan.	Berdiskusi dalam kelompok untuk menganalisis data dan informasi yang dikumpulkan serta memahami dampak yang perlu ditangani. Selain itu, kelompok juga menentukan solusi kreatifnya dalam penanganan masalah
2	<i>Techno-logy</i>	Mencakup penggunaan dan pemahaman teknologi yang relevan dengan permasalahan	Perancangan: merancang dan memilih teknologi serta perangkat yang tepat untuk proses	Berdiskusi tentang pengetahuan dan pengalamannya dalam kelompoknya untuk menentukan teknologi yang paling sesuai dengan tujuan.

No	Komponen	Penjelasan Komponen STEAM	Kegiatan EDP	Pembelajaran dengan <i>Peeragogy</i>
		seperti mesin pengolahan, perangkat lunak, dan sensor.	Pembuatan prototipe: membuat prototipe menggunakan teknologi yang telah dirancang.  Pengujian dan evaluasi: menguji prototipe untuk memastikan efektivitasnya dan melakukan evaluasi terhadap hasil pengujian.	Kolaborasi dalam kelompok untuk membangun prototipe berdasarkan desain yang telah dipilih.  Peserta didik berbagi informasi dan pengalaman dalam kelompok untuk menguji prototype ini layak digunakan dan memberikan umpan balik untuk perbaikan prototipe
3		Melibatkan desain, konstruksi, dan pemecahan masalah berdasarkan prinsip-prinsip rekayasa dalam pengembangan sistem.	Ideasi: menghasilkan berbagai ide dan konsep desain yang mungkin dirancang.  Desain: memilih dan mengembangkan desain yang paling optimal berdasarkan kriteria dan kendala yang telah ditetapkan.  Konstruksi: membangun sistem berdasarkan desain yang telah dikembangkan.	Berdiskusi dalam kelompok untuk menghasilkan ide dan konsep desain yang inovatif/invensi.  Berkolaborasi dalam kelompok untuk memilih dan mengembangkan desain yang paling sesuai dengan kebutuhan dan identifikasi kendala yang akan dihadapi  Pembagian tugas dan kolaborasi dalam kelompok untuk membangun sistem berdasarkan desain yang telah dipilih/rancang
4	<i>Arts</i>	Mencakup ekspresi	Kreativitas: Menggabungkan	Kolaborasi dalam kelompok untuk

No	Komponen	Penjelasan Komponen STEAM	Kegiatan EDP	Pembelajaran dengan <i>Peeragogy</i>
		<p>kreatif dan estetika dalam mengkomunikasikan informasi melalui seni visual, multimedia, dan lain-lain.</p>	<p>elemen seni dan estetika dalam komunikasi informasi melalui karya seni visual atau multimedia.</p> <hr/> <p>Presentasi: mengkomunikasikan informasi dan konsep melalui presentasi visual yang menarik dan informatif.</p>	<p>menghasilkan karya seni visual atau multimedia yang mengkomunikasikan informasi dengan kreatif.</p> <hr/> <p>Mempresentasikan karya seni visual atau multimedia kepada kelompok lain (dalam kelas) dan memberikan penjelasan tentang konsep yang diungkapkan.</p>
5	<i>Mathematics</i>	<p>Memanfaatkan pemahaman matematika dan penerapannya dalam pemodelan dan analisis data.</p>	<p>Pemodelan: menerapkan konsep matematika dalam pemodelan proses kinerja dan efisiensi sistem.</p> <hr/> <p>Analisis data: menganalisis data untuk memperoleh informasi penting dan membuat keputusan berdasarkan analisis tersebut.</p>	<p>Kolaborasi dalam kelompok untuk menerapkan konsep matematika dalam pemodelan proses dan menganalisis hasilnya.</p> <hr/> <p><i>Sharing</i> pengetahuan dan pengalaman dalam kelompok untuk menganalisis data dan memecahkan masalah yang kreatif sehingga CPS terstimulus dengan baik</p>



## **DESAIN MODEL PEMBELAJARAN PRIMMER BERLANDASKAN STEAM-EDP**

**P**embelajaran pada hakikatnya untuk membantu peserta didik dalam belajarnya. Suatu pembelajaran menjadi efektif bila terdiri atas seperangkat cara untuk menjangkau peserta didik dan membantunya membangun sumber pengetahuan, keterampilan, dan nilai-nilai (B. R. Joyce et al., 2014). Dalam belajar, perlu pemilihan model yang tepat untuk merancang pengalaman pembelajaran peserta didik dan selalu menyadari tujuan dari pembelajaran. Namun, pendidik penting menyadari bahwa tidak semua model yang tersedia efektif digunakan, tergantung tujuan pembelajarannya.

Ciri pembelajar yang sukses diantaranya memiliki fleksibilitas untuk menerapkan strategi optimal pada waktu optimal. Faktor pendukung lainnya yaitu kemampuan beradaptasi tentang cara, strategi, waktu, tempat, dan kombinasinya yang menjadi seni dalam membelajarkan (Illeris, 2018). Jadi, pola praktik pembelajaran yang koheren didasarkan pada model pembelajaran, dan model pembelajaran didasarkan pada perspektif teoretis tentang pembelajaran (Rogoff, 1996).

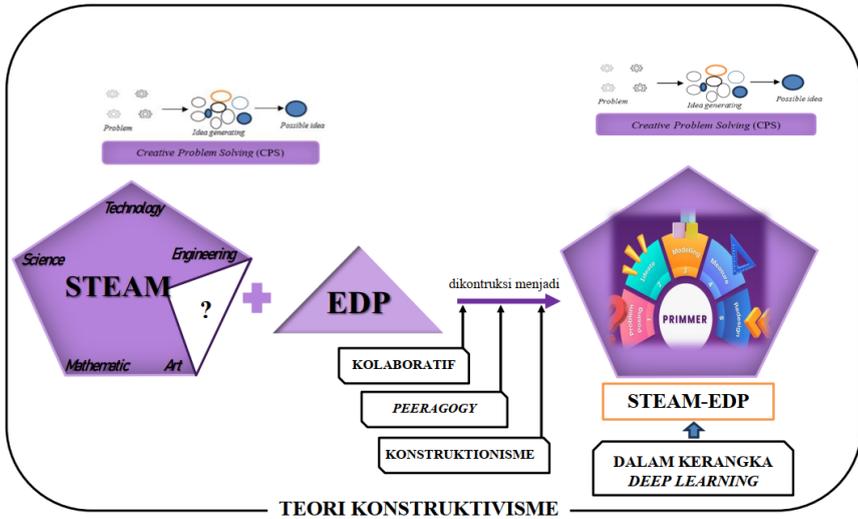
Model pembelajaran menjadi menarik jika pendidik memulai pembelajarannya dengan menggambarkan ide-ide peserta didik, maka pendidik akan menemukan ide-ide yang benar dan salah. Ide-ide tersebut dapat dimodifikasi dan dikembangkan secara bertahap melalui siklus evaluasi dan revisi. Hal ini menyebabkan kelas menghasilkan rangkaian evolusi model perantara yang dapat mendekati model target. Namun, membiarkan peserta didik menghasilkan ide dapat memungkinkan beberapa kesalahpahaman sekaligus masuk ke dalam diskusi. Penanganannya mengharuskan pendidik untuk menyusun agenda guna memandu diskusi ke permasalahan yang lebih mudah terlebih dahulu sehingga dapat ditangani dalam “zona penalaran” peserta didik yang dikenal dengan “konstruksi pendidik-peserta didik” (Clement & Rea-Ramirez, 2008).

#### **A. Tujuan Pengembangan Model Pembelajaran Primmer Berlandaskan STEAM-EDP**

Upaya-upaya untuk memperbaiki pembelajaran guna pemenuhan keterampilan abad 21 terus dilakukan, salah satunya adalah pengembangan model pembelajaran Primmer yang berlandaskan pada STEAM-EDP. Secara umum tujuan pengembangan model pembelajaran ini adalah: 1) menciptakan model pembelajaran yang memberikan ruang kreatif bagi peserta didik, sehingga dapat mengakomodasi kreativitas peserta didik dalam belajar. 2) menciptakan model pembelajaran yang menghargai kreativitas setiap individu yang mampu melahirkan ide-ide kreatif terutama terkait dengan permasalahan yang dihadapi. 3) menstimulasi keterampilan *Creative Problem Solving* (CPS) sebagai bagian dari keterampilan penting dalam abad 21. 4) mengembangkan pembelajaran *peeragogy* yang mengasah keterampilan kolaboratif peserta didik.

## B. Konstruksi Sintaks Model Pembelajaran Primmer Berlandaskan STEAM-EDP

Terdapat ruang kosong dalam tren pembelajaran saat ini. STEAM memiliki prospek sangat tinggi dan berakselerasi untuk tujuan pedagogi (Belbase et al., 2021). Selain itu, STEAM juga mampu merespon dengan tentang perubahan sosial dan teknologi yang dibutuhkan siswa dalam keterampilannya (Tkachenko et al., 2022). Namun, kajian literatur disimpulkan bahwa Perlu penguatan pada aspek E (*Engineering*) dan A (*Art*). EDP dapat menguatkan pembelajaran STEAM sehingga tidak lagi ambigu dengan STEM. Kekuatan ini mampu menjawab tantangan abad 21 dan kebutuhannya sehingga ditindaklanjuti adalah pengembangan model pembelajaran STEAM-EDP. Model ini dapat menstimulasi keterampilan CPS mahasiswa. Proses pengembangan model pembelajaran STEAM-EDP terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses pengembangan model pembelajaran STEAM-EDP

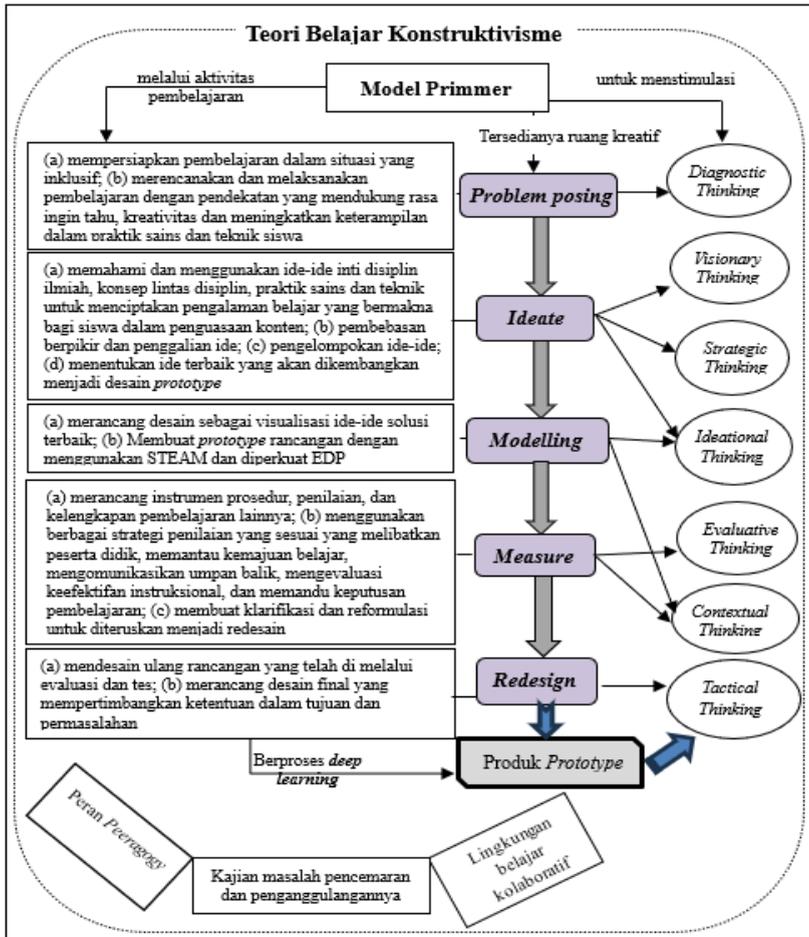
Pengembangan pembelajaran melalui pendekatan STEAM-EDP menghasilkan sebuah model pembelajaran instruksional hipotetik. Model hipotetik ini dikembangkan dari proses yang diformulasikan dari

STEAM dan EDP. EDP sebagai strategi yang setara dapat mengisi kelemahan STEAM sehingga menghasilkan model instruksional dinamakan dengan model pembelajaran *Primmer*. Model ini memiliki langkah-langkah pembelajaran yaitu *problem posing* (mengajukan masalah), *ideate* (membangun ide), *modelling* (membuat pemodelan), *measure* (mengukur dan mengevaluasi), dan *redesign* (mendesain ulang).

Pengembangan pembelajaran melalui pendekatan STEAM-EDP menghasilkan sebuah model pembelajaran instruksional hipotetik. Model ini dikembangkan dari proses yang diformulasikan dari STEAM dan EDP. Selama ini awal pembelajaran STEAM belum dimulai dengan “masalah” sebagai kunci eksplorasi solusi sehingga pembelajarannya tidak fokus pada pemecahan masalah (Huffman et al., 2020). Padahal kreatif dalam pemecahan masalah dibutuhkan peserta didik abad sekarang dan akan datang (Amran et al., 2019; Güven & Alpaslan, 2022). Selain itu, lemahnya unsur “E” dan “A” menyebabkan STEAM tidak kokoh. EDP sebagai pendekatan yang setara dapat mengisi kelemahan STEAM sehingga menghasilkan model instruksional. Setiap langkah model ini dapat membangun keterampilan berpikir CPS peserta didik dalam bentuk indikator berpikir.

Pengembangan model pembelajaran STEAM-EDP mengintegrasikan proses dan komponen-komponen yang terdapat dalam STEAM dengan proses pada EDP. Komposisi ini mendasari dan memunculkan sintaks model pembelajaran baru yaitu *Primmer*. Sintaks dalam model pembelajaran berperan penting dalam membangun upaya kolaboratif dengan pendekatan *peeragogy*. Melalui model pembelajaran ini, setiap sintaksnya mampu menjadikan mahasiswa engage terhadap pembelajaran. Pembelajaran yang menghasilkan produk *prototype* pada setiap sub materinya memenuhi kebutuhan pembelajaran mendalam yang menekankan pada kesadaran dan fokus penuh saat pembelajaran (*mindful learning*). Keterlibatan penuh mahasiswa bertujuan untuk menciptakan pengalaman yang menyeluruh sehingga memiliki perspektif baru dan berpikir terbuka (*joyful learning*). Selain itu, sub materi yang terkait langsung dengan

kehidupan mahasiswa menjadikan pembelajaran bermakna (*meaningful learning*). Desain model pembelajaran digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain model pembelajaran STEAM-EDP

Model berpikir *diagnostic thinking* diperlukan pemahaman yang komprehensif tentang berbagai aspek masalah yang dikaji. Berpikir diagnostik memungkinkan peserta didik untuk mengidentifikasi dan menganalisis unsur-unsur kunci dari masalah (D. H. Jonassen, 2010). Selanjutnya dalam merumuskan/ mensintesis ide atau solusi sebagai

proses kunci dalam pemecahan masalah. Proses sintesis solusi mengintegrasikan informasi dari berbagai sumber dan disiplin, yang memungkinkan peserta didik untuk melihat gambaran besar dan merumuskan visi. Hal ini memerlukan kemampuan untuk melihat keterkaitan antar elemen dan memproyeksikan implikasi jangka panjang dari solusi tersebut. Selain itu, analisis situasi yang kompleks dan membuat keputusan strategis berdasarkan analisis tersebut yang melibatkan evaluasi risiko, pengelolaan sumber daya, dan pemahaman terhadap dinamika pasar atau lingkungan. Proses sintesis ini memacu pemikiran kreatif dan inovatif, peserta didik dapat menggabungkan konsep dan ide secara unik maupun solusi baru (Amabile, 2018; Mintzberg, 2000; Salman & Broten, 2017).

Saat membangun *prototype*, peserta didik dapat menerapkan ide-ide dan konsep dalam bentuk fisik. Proses ini membutuhkan pemikiran *ideational* yang kuat, karena melibatkan eksplorasi kreatif dari berbagai solusi dan pendekatan. Dalam kegiatan ini, peserta didik dapat mencoba kombinasi baru, menyesuaikan dan memodifikasi desain berdasarkan umpan balik, dan eksperimen dengan bahan atau teknologi. Mengkonstruksi prototipe memungkinkan peserta didik untuk memahami bagaimana produk atau solusi akan beroperasi dalam konteks nyata yang melibatkan pemikiran kontekstual untuk memastikan bahwa desain memenuhi kebutuhan pengguna, sesuai dengan lingkungan penggunaannya, dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti ergonomi, estetika, dan keberlanjutan. Pemikiran kontekstual penting untuk memastikan bahwa solusi tidak hanya teoretis tetapi juga praktis dan berlaku dalam situasi nyata (Norman, 2013; Ulrich & Eppinger, 2016).

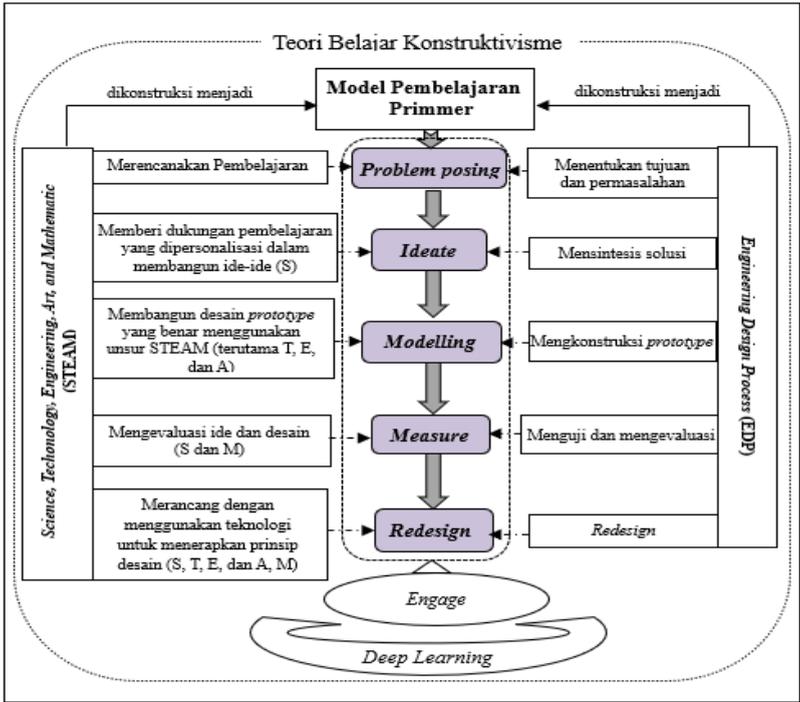
Evaluasi desain memerlukan penilaian kritis terhadap ide-ide dan solusi, mengasah kemampuan untuk menilai keefektifan, kelayakan, dan kualitas solusi. Ini melibatkan menimbang kekuatan dan kelemahan desain, potensi risiko, dan hasil yang diharapkan. Evaluasi desain mempertimbangkan bagaimana produk atau solusi akan berfungsi dalam konteks nyata misalnya memahami kebutuhan pengguna, kondisi lingkungan, dan faktor sosial-ekonomi yang mempengaruhi

penggunaan. Pemikiran kontekstual ini esensial untuk memastikan bahwa desain tidak hanya teoritis tetapi juga praktis dan relevan. *Tactical thinking* juga diperlukan untuk memastikan bahwa solusi tidak hanya dirancang dengan baik tetapi juga dapat diterapkan dengan efektif (Cross, 2023; Norman, 2013; Ulrich & Eppinger, 2016).

Dalam proses *redesign*, pemikiran evaluatif diperlukan untuk menilai secara kritis aspek-aspek desain yang ada, mengidentifikasi area yang membutuhkan perbaikan, dan menentukan solusi untuk masalah yang diidentifikasi. Proses ini melibatkan evaluasi terhadap efektivitas, kegunaan, dan keberlanjutan desain saat ini, serta identifikasi potensi peningkatan. Setelah mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan, pemikiran taktis menjadi penting dalam merencanakan dan menerapkan perubahan. Pemikiran ini melibatkan perencanaan strategis tentang bagaimana dan kapan mengimplementasikan modifikasi, mengelola sumber daya, dan menyesuaikan rencana berdasarkan kendala dan sumber daya yang tersedia. Pemikiran taktis membantu dalam mengoptimalkan proses *redesign* untuk mencapai hasil yang diinginkan dengan cara yang efisien (Schön, 2017; Ulrich & Eppinger, 2016).

Guna menciptakan pembelajaran yang kondusif, perlu menyediakan lingkungan belajar yang mendukung. Proses pembelajaran STEAM-EDP membutuhkan lingkungan belajar yang menyediakan ruang-ruang kreatif agar peserta didik memiliki ruang gerak dalam mengembangkan kreativitas. Stimulasi CPS dalam pembelajaran diperlukan pendidik yang mampu memfasilitasi kegiatan kolaboratif dalam upaya pemecahan masalah. Pola hubungan antara pendidik dan peserta didik dalam pembelajaran model Primmer berlandaskan STEAM-EDP menunjukkan adanya peran pendidik sebagai fasilitator dan moderator. Pendidik memfasilitasi peserta didik dalam menggali ide-ide yang akan divisualisasikan dalam bentuk *prototype*. Dalam prosesnya, pendidik menjadi moderator untuk menjembatani diskusi peserta didik agar desain *prototype* yang dihasilkan valid.

Pendidik dapat membangun iklim belajar menghargai pendapat dan menyampaikan pendapat dengan cara yang santun baik dalam diskusi kelompok maupun diskusi kelas. Proses ini dapat membangun iklim belajar kolaborasi dalam konteks *peeragogy* sehingga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berinteraksi dengan peserta didik lain ataupun pendidik.



Gambar 3. Struktur model pembelajaran Primmer untuk menstimulasi CPS

Penjabaran proses di atas menghasilkan model pembelajaran instruksional yaitu model Pembelajaran Primmer. Model ini memiliki lima sintaks yaitu *Problem pose*, *Ideate*, *Modelling*, *Measure*, dan *Redesign*. Sintaks pembelajaran yang terbentuk dijabarkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Sintaks/ Tahap-tahap Model Pembelajaran Primmer

Tahapan Model	Aktivitas Pendidik	Aktivitas Peserta didik
---------------	--------------------	-------------------------

<i>Problem Posing</i> (mengajukan masalah)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mempersiapkan pembelajaran dalam situasi yang inklusif</li> <li>- Merencanakan dan melaksanakan pembelajaran dengan pendekatan yang mendukung rasa ingin tahu, kreativitas dan meningkatkan keterampilan dalam praktik sains dan teknik peserta didik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengidentifikasi masalah: mengidentifikasi permasalahan atau dampak negatif yang terkait yang akan ditangani</li> <li>- Pengumpulan informasi: mengumpulkan data dan informasi tentang sifat, metode pengolahan yang ada, dan dampaknya terhadap lingkungan dan manusia</li> <li>- Analisis: menganalisis data dan informasi yang terkumpul untuk memahami penyebab, efek, dan solusi dan kreativitas penyelesaian yang mungkin dilakukan.</li> </ul>
<i>Ideate</i> (merancang ide)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menstimulasi dan menggali ide-ide peserta didik tentang inti disiplin ilmiah, konsep lintas disiplin, praktik sains dan teknik untuk menciptakan pengalaman belajar yang bermakna bagi peserta didik dalam penguasaan konten</li> <li>- membebaskan berpikir dan penggalan ide</li> <li>- membimbing pengelompokan ide-ide</li> <li>- mengarahkan peserta didik dalam menentukan ide terbaik yang akan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memahami dan menggunakan ide-ide inti disiplin ilmiah, konsep lintas disiplin, praktik sains dan teknik untuk menciptakan pengalaman belajar yang bermakna bagi peserta didik dalam penguasaan konten</li> <li>- pembebasan berpikir dan penggalan ide</li> <li>- pengelompokan ide-ide dalam kelompoknya</li> <li>- menentukan ide terbaik yang akan dikembangkan menjadi desain <i>prototype</i></li> </ul>

	dikembangkan menjadi desain <i>prototype</i>	
<i>Modelling</i> (membuat pemodelan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memantau kegiatan peserta didik dalam merancang desain sebagai visualisasi ide-ide solusi terbaik.</li> <li>- Membimbing peserta didik dalam membuat <i>prototype</i> rancangan dengan menggunakan STEAM dan diperkuat EDP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Merancang desain sebagai visualisasi ide-ide solusi terbaik.</li> <li>- Membuat <i>prototype</i> rancangan dengan menggunakan STEAM dan diperkuat EDP</li> </ul>
<i>Measure</i> (Mengevaluasi rancangan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Membimbing peserta didik dalam merancang instrumen prosedur, penilaian, dan kelengkapan pembelajaran lainnya</li> <li>- Menggunakan berbagai strategi penilaian yang sesuai yang melibatkan peserta didik, memantau kemajuan belajar, mengomunikasikan umpan balik, mengevaluasi keefektifan instruksional, dan memandu keputusan pembelajaran</li> <li>- Membimbing kelompok dalam membuat klarifikasi dan reformulasi untuk diteruskan menjadi redesain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Merancang instrumen prosedur, penilaian, dan kelengkapan pembelajaran lainnya</li> <li>- Mengevaluasi rancangan <i>prototype</i> tentang keefektifan alat, kesesuaian dengan politik, sosial, dan budaya masyarakat setempat, serta keterpakaian alat rancangan terhadap permasalahan lingkungan yang ada</li> <li>- Mempresentasikan alat <i>Prototype</i> di depan kelas untuk mendapatkan umpan balik</li> <li>- Membuat klarifikasi dan reformulasi untuk diteruskan menjadi redesain</li> </ul>

<i>Redesign</i> (mendesain ulang)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Membimbing dan memantau kegiatan kelompok dalam mendesain ulang rancangan yang telah di melalui evaluasi dan tes</li> <li>- Membimbing kelompok dalam merancang desain final yang mempertimbangkan ketentuan dalam tujuan dan permasalahan</li> <li>- Memandu peserta didik dalam melakukan perbaikan sesuai dengan umpan balik setelah dipresentasikan di depan kelas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mendesain ulang rancangan yang telah di melalui evaluasi dan tes</li> <li>- Merancang desain final yang mempertimbangkan ketentuan dalam tujuan dan permasalahan</li> <li>- Memamerkan hasil karya</li> </ul>
--------------------------------------	--	--

Model Pembelajaran ini merupakan hasil dari pengembangan dan kontruksi kerangka kerja dari STEAM dan EDP. Model ini menjawab kelemahan yang dimiliki oleh STEAM dan kelemahan itu dilengkapi oleh EDP. Model ini dapat digunakan dalam berbagai bidang pembelajaran, namun dalam buku ini kerangka kerja difokuskan pada stimulasi *Creative Problem Solving (CPS)*.

Model pembelajaran Primmer mengacu pada STEAM-EDP dan didasari oleh teori belajar konstruktivisme. Selain itu, model instruksional ini dalam prosesnya dibangun secara *deep learning* (pembelajaran mendalam). Setiap langkah dalam pembelajaran ini menyediakan lingkungan belajar yang menginspirasi dan membuat peserta didik (merasa) terlibat dalam proses pembelajaran (*joyful learning*) (Shernoff, 2013; Wood-Kofonow, 2015). Mulai dari langkah pertama yaitu *problem pose*, peserta didik dilibatkan dalam merumuskan masalah dan menentukan masalah yang paling mendesak untuk diselesaikan sampai pada merancang ulang (*redesign*) *prototype* hasil rekayasa yang telah mereka lakukan. Penyediaan ruang kreatif ini dapat

membangun *joyful learning* sehingga keterlibatan ini menjadi poin yang menyenangkan bagi peserta didik.

Model ini juga menyediakan sintaks agar belajar menjadi bermakna (*meaningful learning*). Pembelajaran yang menggunakan materi yang erat dengan kehidupan peserta didik menjadikan pembelajaran bermakna (Priniski et al., 2018). Penentuan materi yang dikaji dalam pembelajaran mempengaruhi kebermaknaan pembelajaran. Kebutuhan untuk beralih dari pengajaran didaktik tradisional dalam program pendidikan tinggi ke arah yang lebih baik yaitu pembelajaran yang bermakna (Vargas-Hernández & Vargas-González, 2022). Dalam model pembelajaran Primmer, proses yang dilakukan dan pemilihan materi yang tepat menjadikan pembelajaran lebih bermakna.

Proses dalam model pembelajaran Primmer mendorong peserta didik untuk terlibat penuh dalam proses pembelajaran. Proses ini menekankan pada kesadaran dan fokus, sehingga peserta didik dapat memahami materi secara lebih dalam (*mindful learning*) (Hensley, 2020; Langer, 2016). Peserta didik melakukan rangkaian pembelajaran yang diawali dengan pemecahan masalah dan diakhiri dengan merancang produk final sebagai solusi dari permasalahan terlatih untuk fokus dan memahami materi secara mendalam agar produk yang dihasilkan tepat dan efisien.

### **C. Sistem Sosial Model Pembelajaran Primmer**

Guna menciptakan pembelajaran yang kondusif, perlu menyediakan lingkungan belajar yang mendukung. Proses pembelajaran STEAM-EDP membutuhkan lingkungan belajar yang menyediakan ruang-ruang kreatif agar peserta didik memiliki ruang gerak dalam mengembangkan kreativitas. Stimulasi CPS dalam pembelajaran diperlukan pendidik yang mampu memfasilitasi kegiatan kolaboratif dalam upaya pemecahan masalah.

Pola hubungan antara pendidik dan peserta didik dalam pembelajaran model Primmer berlandaskan STEAM-EDP menunjukkan adanya peran pendidik sebagai fasilitator dan moderator. Pendidik memfasilitasi peserta didik dalam menggali ide-ide yang akan

divisualisasikan dalam bentuk *prototype*. Dalam prosesnya, pendidik menjadi moderator untuk menjembatani diskusi peserta didik agar desain *prototype* yang dihasilkan valid.

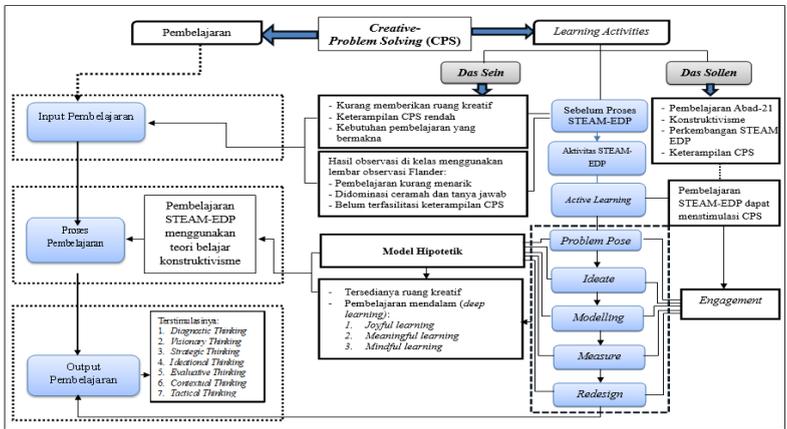
Pendidik dapat membangun iklim belajar menghargai pendapat dan menyampaikan pendapat dengan cara yang santun baik dalam diskusi kelompok maupun diskusi kelas. Proses ini dapat membangun iklim belajar kolaborasi dalam konteks *peeragogy* sehingga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berinteraksi dengan peserta didik lain ataupun pendidik.

Proses pembelajaran abad 21 menuntut peserta didik memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi diantaranya adalah berpikir kreatif. Namun tentu saja tidak cukup berpikir kreatif sehingga perlu kemampuan dalam pemecahan masalah. Keterampilan tersebut terdapat pada keterampilan CPS. Proses dalam membangun CPS tidak terbatas dengan kurikulum apapun. Kreativitas peserta didik menjadi hal penting dan menjadi titik awal untuk mengembangkan kreativitas lainnya. Kreativitas menjadi dasar peserta didik untuk berpikir kreatif, kritis, fokus pada proses berinovasi, dan menjangkau semua keterampilan di abad 21 dan bermuara pada keterampilan CPS. Pengembangan CPS peserta didik sebetulnya dapat didorong oleh pendidik. Peserta didik harus memiliki pengetahuan yang cukup terhadap domain tersebut dan pendidik memfasilitasi hal tersebut. Selain itu, peserta didik dilatih menghargai dan membangun kreativitasnya dalam konteks belajarnya. Usaha dalam proses membangun makna merupakan hal yang paling penting dalam pengembangan personal pedagogi.

Ditinjau dari aspek pedagogi, pengembangan CPS peserta didik dapat dilaksanakan secara *peeragogy*. Tinjauan ini berangkat dari latar belakang peserta didik sebagai individu dewasa awal yang memiliki pengalaman, kemampuan, dan kecakapan, serta berasal dari daerah yang berbeda-beda. Ini menjadi bekal peserta didik saling melengkapi dalam prosesnya guna menghasilkan ide-ide kreatif dalam pemecahan masalah yang ada dilingkungan sekitar peserta didik. Pembelajaran kolaboratif memudahkan pencapaian tujuan program yang menuntut

adanya ide-ide baru dalam pemecahan masalah. Dengan bantuan teknologi informasi, peserta didik dapat menggabungkan pengetahuan, pengalaman, dan fakta dengan perkembangan ide-ide orang lain yang telah ada sehingga dihasilkan sebuah inovasi dan bermanfaat bagi kehidupan dan lingkungannya.

STEAM-EDP yang berlandaskan *grand theory* konstruktivisme dan mengacu pada perkembangan pembelajaran *peeragogy* tentang pembelajaran kolaboratif menjadi hal baru dalam pembelajaran sehingga produk yang dihasilkan dapat mengatasi permasalahan dalam dunia pendidikan. Proses stimulasi CPS melalui pembelajaran STEAM-EDP digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 4. Proses Stimulasi Keterampilan *Creative Problem Solving* (CPS) melalui Pembelajaran STEAM-EDP

#### D. Prinsip Reaksi dalam Model Pembelajaran Primmer

Prinsip reaksi dalam pembelajaran berkaitan dengan bagaimana pendidik memperhatikan dan memperlakukan peserta didik, termasuk saat memberikan tanggapan atas pertanyaan, jawaban, dan sebagainya (B. Joyce et al., 2015; B. Joyce & Weil, 2003). Dalam model pembelajaran ini, prinsip reaksi pendidik terhadap peserta didik didasarkan pada pendekatan pembelajaran *peeragogy*. Pendidik memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk menginisiasi proses pembelajaran dan pembicaraan, serta terus didorong untuk berkolaborasi dan berkomunikasi secara efektif selama pembelajaran

untuk memecahkan masalah bersama-sama. Pendidik memberikan arahan yang jelas agar peserta didik dapat membangun atau mengembangkan ide, dan berupaya memahami dinamika kelompok peserta didik, menyelidiki pemahaman masing-masing kelompok, memperhatikan hal-hal yang menjadi kendala peserta didik, membantu mengonstruksi pengetahuan peserta didik, memberikan umpan balik, apresiasi, kesempatan yang sama untuk bertanya, berpendapat, maupun mengkritik proses pembelajaran.

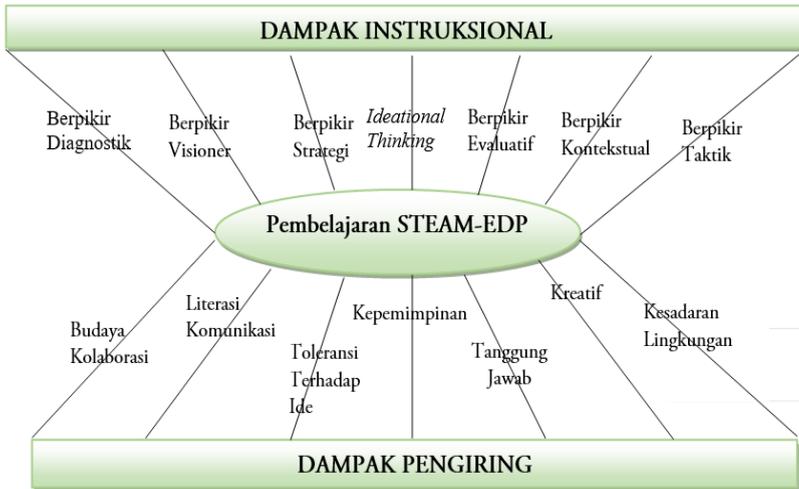
### **E. Sistem Pendukung dalam Model Pembelajaran Primmer**

Sistem pendukung pedagogi dalam pembelajaran terdiri atas seluruh bahan, sarana, dan alat yang terlibat dalam proses pembelajaran. Sistem pendukung pembelajaran berupa kurikulum KKNI, silabus, RPS, media pembelajaran yang relevan, instrumen pengukuran model pembelajaran (usabilitas dan praktikabilitas), dan instrumen untuk mengukur keterampilan *Creative Problem Solving* (CPS). Elemen-elemen ini dirancang untuk mendukung proses pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dan mendorong partisipasi aktif peserta didik dalam membangun pengetahuan dan keterampilan. Selain itu sistem pendukung yang dikembangkan menunjukkan orientasi pada upaya stimulasi keterampilan CPS peserta didik. Elemen-elemen pendukung lainnya berupa perangkat teknologi informasi yang mendukung pembelajaran STEAM-EDP.

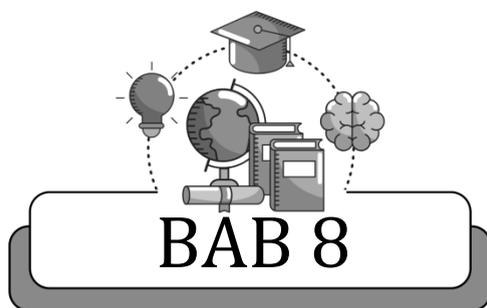
Pendukung penting lainnya seperti ketersediaan jaringan internet, *wifi*, perangkat laptop/tablet/telepon pintar menjadi elemen pendukung ekosistem pembelajaran. Selain itu, berbagai program maupun aplikasi pendukung diskusi seperti *WhatsApp*, *Zoom Meeting*, *Google Meet*, *Wiki* dan sebagainya juga harus tersedia. Berbagai perangkat lunak aplikasi untuk membantu menemukan ide seperti *ChatGPT* dan aplikasi untuk membuat karya digital seperti *Canva*, *Video Editor*, *Corel Draw* dan sejenisnya serta aplikasi media sosial seperti *Youtube*, *Instagram* dan sejenisnya juga merupakan sistem pendukung yang diperlukan agar pembelajaran dapat berjalan dengan baik.

## F. Dampak Instruksional dan Dampak Pengiring dalam Model Pembelajaran Primmer

Dampak yang diakibatkan dalam kegiatan ini meliputi dampak pembelajaran dan dampak pengiring. Dampak pembelajaran menjadi dampak utama yang diharapkan mampu tercapai dalam proses pembelajaran. Dampak pengiring menjadi dampak secara tidak langsung saat dan setelah proses pembelajaran. Dampak pembelajaran terdiri atas pengembangan keterampilan berpikir secara ilmiah yaitu berpikir diagnostik, berpikir visioner, berpikir strategi, berpikir menghasilkan ide-ide kreatif, berpikir evaluatif, berpikir kontekstual, dan berpikir taktis. Sedangkan dampak pengiring yang diperoleh dalam pembelajaran STEAM-EDP yaitu budaya kolaborasi, literasi komunikasi, budaya toleransi terhadap ide orang lain, kepemimpinan, sikap bertanggung jawab, kreatif dalam memvisualisasikan ide-ide, kreatif dalam memanfaatkan bahan-bahan ramah lingkungan, dan kesadaran lingkungan. Dampak-dampak ini disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 5. Dampak Instruksional dan Dampak Pengiring Pembelajaran STEAM-EDP



## **KREATIVITAS DAN *CREATIVE PROBLEM SOLVING* (CPS): KONSEP DASAR DAN MENSTIMULASINYA MELALUI STEAM-EDP**

Jenis kreativitas menurut Rhodes dibedakan menjadi empat yaitu kreativitas peserta didik, produk, konteks, dan *press* (Firestien, n.d.). Sebagian besar mengevaluasi *creativity of the person* dan *process*, tetapi sedikit sekali yang menilai *creativity of the product and press*. Perkembangan tipe kreativitas dapat diukur dalam penelitian evaluatif. Kecenderungan mengukur *creativity of the person* karena pada dasarnya peserta didik memiliki sisi kreatif. Proses pembelajaran yang *mindful*, maka ada atau tanpa pendidik tetap memusatkan perhatian pada pembelajarannya. Proses ini tidak terbatas dengan kurikulum apapun (Craft, 2004). Abad-21 melalui tantangan dan peluangnya bisa dikatakan abad kreativitas (Ordóñez Camacho & Romero Martínez, 2022). Kreativitas peserta didik menjadi hal penting dan menjadi titik awal untuk mengembangkan kreativitas lainnya. Kreativitas menjadi dasar peserta didik untuk berpikir kreatif, kritis, fokus pada proses berinovasi, dan menjangkau semua keterampilan pada abad 21.

Pengembangan kreativitas peserta didik sebetulnya dapat didorong oleh pendidik. Peserta didik harus memiliki pengetahuan yang cukup terhadap domain tersebut dan pendidik mencontohkan kreativitasnya. Selain itu, peserta didik dilatih menghargai dan membangun kreativitasnya dalam konteks belajarnya. Pencarian, proses membangun makna dan pemahaman merupakan hal yang paling penting dalam pengembangan *personal pedagogy* (Jackson et al., 2006). Tipe kreativitas yang masih jarang diteliti dalam penelitian evaluatif satu dekade terakhir adalah kreativitas produk dan Press. Peluang dan tantangan dalam mengukurnya melalui penelitian evaluatif. Kreativitas sebagai produk (Torrance, 1969) merupakan hasil dari proses penemuan atau produk yang diimprovisasi. Ketika ide yang ada divisualisasikan dalam bentuk produk dan apabila dilacak balik maka produk tersebut menggambarkan ide si pembuatnya (Rhodes, 1961).

Kreativitas berperan penting dalam keterampilan *Creative Problem Solving* (CPS). CPS merupakan sebuah model keterampilan berpikir. CPS adalah 'perangkat' untuk berpikir kreatif, 'mengajarkan' kreativitas meskipun kreativitas adalah kualitas yang melekat pada seseorang. Pengukuran CPS didasarkan pada cara berpikir membantu peserta didik membuat hubungan lateral atau asosiasi yang menarik dalam pemikiran mereka. Latihan berpikir kreatif yang populer dengan tahapan: 1) persiapan, 2) perumusan pertanyaan, klarifikasi dan reformulasi, 3) pembebasan berpikir, penggalian ide, dan inkubasi ide, dan 4) pengelompokan ide, evaluasi dan perencanaan tindakan (Zhou, 2017).

Kreativitas dibutuhkan dalam setiap proses kehidupan termasuk dalam pembelajaran. Salah satu bentuk kreativitas yaitu kreatif dalam pemecahan masalah (*Creative Problem Solving/ CPS*). Perkembangan dunia pengetahuan dan teknologi mengharuskan peserta didik mampu dalam mencari solusi dalam menghadapi persoalannya secara kreatif. Namun, keterampilan CPS masih perlu dikembangkan dan belum bertumbuh dengan baik. Banyak faktor yang menyebabkan tumbuhnya

keterampilan CPS peserta didik belum maksimal, salah satunya adalah pembelajaran yang belum sesuai dengan kebutuhan peserta didik.

Namun, penelitian menunjukkan CPS belum tergal dengan baik. Hasil observasi menggunakan format Flanders (Bennett & McNamara, 1979) diperoleh gambaran pembelajaran yang dilakukan didominasi oleh kegiatan ceramah dan tanya jawab. Proses pembelajaran hasil observasi belum memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengembangkan keterampilan-keterampilan berpikir kreatif dan pemecahan masalah. Kegiatan tersebut belum mengarah pada stimulasi keterampilan CPS sehingga ide-ide kreatif untuk menghasilkan gagasan dalam pemecahan masalah belum nampak. Padahal keterampilan CPS sangat diperlukan di abad ini (Güven & Alpaslan, 2022; Lin & Cho, 2011; Puccio, 2017). Ide-ide kreatif dalam CPS perlu mendapat perhatian serius. Peserta didik perlu ruang untuk mengembangkan sisi kreatifnya (Abdurrahman et al., 2023). Ruang kreatif peserta didik untuk mengembangkan CPS-nya melalui pedagogi yang mutakhir.

Pentingnya CPS bagi peserta didik, karena kreativitas dalam CPS dapat membantu peserta didik membentuk pengetahuan baru, menemukan solusi baru terhadap masalah, dan terlibat dalam aktivitas kolaboratif ketika tantangan yang muncul dapat diatasi. Menstimulasi kreativitas dengan serangkaian teknik berpikir dalam CPS kepada peserta didik secara eksplisit, serta latihan atau kesempatan untuk menerapkannya. CPS dapat membentuk peserta didik cerdas dengan kombinasi kecerdasan emosional, spritual, dan instuisi dan dikaitkan dengan kognitifnya agar menghasilkan inovasi. Paradigma pembelajaran dikembangkan melalui tiga pilar yaitu proses pemecahan masalah yang kreatif, ruang kerja yang kreatif, dan kolaborasi dalam tim multiperspektif (Zhou, 2017). Rangkaian CPS menurut Puccio dan Cabra (2014) yang disarikan (Zhou, 2017) yaitu:

1. *Diagnostic thinking/DT* (menilai situasi): membuat pemeriksaan situasi yang cermat, menggambarkan sifat masalah, dan membuat keputusan tentang langkah-langkah proses yang tepat untuk diambil (rasa ingin tahu).

2. *Visionary thinking*/VT (menjelajahi visi): mengartikulasikan gambaran yang jelas tentang apa yang ingin diciptakan (bermimpi).
3. *Strategic thinking*/ST (merumuskan tantangan): mengidentifikasi isu-isu kritis yang harus ditangani dan jalur yang diperlukan untuk bergerak menuju masa depan yang diinginkan (merasakan kesenjangan).
4. *Ideational thinking*/IT (menjelajahi ide): menghasilkan gambaran mental dan pemikiran orisinal yang menjawab tantangan penting.
5. *Evaluative thinking*/ET (*formulating solutions*): menilai kewajaran dan kualitas ide untuk mengembangkan solusi yang bisa diterapkan (menghindari penutupan yang prematur).
6. *Contextual thinking*/CT (*exploring acceptance*): memahami kondisi dan keadaan yang saling berkaitan yang akan mendukung atau menghambat keberhasilan (sensitivitas terhadap lingkungan).
7. *Tactical thinking*/TT (merumuskan rencana): menyusun rencana yang mencakup langkah-langkah spesifik dan terukur untuk mencapai tujuan akhir yang diinginkan dan metode untuk memantau keefektifannya (toleransi risiko).

STEAM memberikan pengaruh yang positif terhadap kreativitas peserta didik. Penerapan STEAM melalui berbagai aktivitas memberikan efek terhadap kreativitas peserta didik. Besarnya pengaruh menggunakan rumus Cohens'd, beberapa artikel tidak menuliskan data yang cukup atau bahkan beberapa artikel tidak menyediakan data untuk mencari besarnya pengaruh STEAM dalam mengembangkan kreativitas peserta didik. Penerapan STEAM dengan berbagai strategi memberikan pengaruh yang positif terhadap kreativitas peserta didik. Beragamnya strategi yang terintegrasi dengan STEAM. Meskipun demikian, tidak semua artikel menyajikan data lengkap untuk menghitung effect size menggunakan Cohen's d, bahkan sebagian artikel tidak menyediakannya.

Sebagian peneliti mengungkap peran internet/mobile/online dalam pembelajaran STEAM. Hal tersebut rupanya tidak mempengaruhi hasil implementasi STEAM dan pengaruhnya terhadap

kegiatan kreativitas peserta didik. Perkembangan teknologi jaringan dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran STEAM. Teknologi jaringan dapat memperluas dan secara sinkron meningkatkan kreativitas peserta didik. Upaya STEAM untuk menuntun anak menjadi kreatif menjadi alasan STEAM terus berkembang meski tahun 2022 mengalami penurunan riset evaluatif.

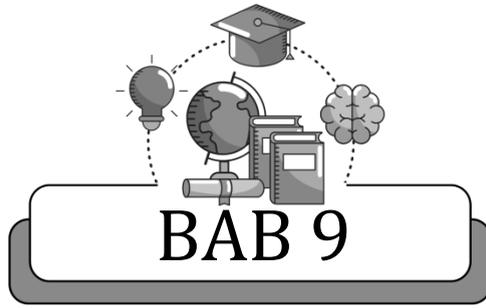
Upaya untuk mengasah kreativitas peserta didik telah dilakukan dengan berbagai cara dalam STEAM. Hal ini sangat penting dilakukan, karena menjadi insan yang memiliki kreativitas sesuai dengan tuntutan keterampilan abad 21. Besarnya pengaruh STEAM beragam, sebaran sebagian besar memiliki *effect size* berkategori sedang dan tinggi, meskipun beberapa diantaranya tidak bisa ditentukan besaran *effect size*-nya karena tidak tersedianya data yang cukup. Namun demikian, secara keseluruhan penggunaan STEAM dalam pembelajaran berpengaruh positif terhadap kreativitas peserta didik.

Literatur evaluatif ini memberikan gambaran tentang peluang dan tantangan yang dapat gali oleh penelitian yang akan datang. STEAM memang masih menjadi ambigu dengan STEM, bahkan ada peneliti yang menyamakannya. Walaupun demikian, STEAM memiliki definisi yang divergen dan kurang kokoh dibanding STEM, namun STEAM terbukti berpengaruh positif dalam pembelajaran. Berbagai strategi telah digunakan dalam penelitian evaluatif STEAM, hasil dan keterbatasan penelitian yang dikemukakan dapat memberikan peluang untuk diteliti lebih lanjut.

Perkembangan STEAM juga belum meluas terutama di negara-negara berkembang termasuk Indonesia. Pemahaman dan membangun makna terhadap pengetahuan dapat digunakan untuk membangkitkan motivasi dalam kreativitas. Ini merupakan peluang bagi peneliti untuk mengembangkan STEAM dalam pembelajaran. STEAM dapat dilakukan tiap level pendidikan, mulai dari pra-sekolah sampai (Torrance, 1969) sehingga menjadi peluang bagi siapa saja yang berminat dalam meneliti STEAM di sekolah. Ditinjau dari type kreativitasnya, penelitian evaluatif yang masih langka adalah type produk dan *press*. Padahal produk merupakan visualisasi dari ide unik

dari *personal creativity*. Lalu bagaimana mendorong peserta didik kreatif melalui berbagai metode.

Perkembangan STEAM selama ini memiliki pencapaian yang baik. Tuntutan abad 21 menjadi pijakan STEAM sebagai bagian strategi pembelajaran yang dapat membangun kreativitas peserta didik. Hal yang menjadi acuan dalam untuk mengembangkan STEAM lebih lanjut. Tentunya banyak faktor yang mempengaruhi dan harus disadari bahwa penerapan STEAM dilakukan menggunakan subjek manusia. Manusia sebagai makhluk sosial dengan latar belakang, rentang usia, dan jenis kelamin menjadi bagian faktor yang mempengaruhi pelaksanaan STEAM. Selain itu, keadaan sebuah negara, level pendidikan, studi desain, dan instrumen sebagai alat ukur yang digunakan juga penting dipertimbangkan sesuai dengan tujuan penelitian. Penggunaan pendekatan multi-metoda, adanya pengamatan yang komprehensif terkait pelaksanaan STEAM, potensi penggunaan internet dalam STEAMification, kolaborasi, dan pertimbangan gender menjadi sorotan dalam penerapan STEAM.



## ARAH PEMBELAJARAN DI PERGURUAN TINGGI INDONESIA

**F**okus pembelajaran pada abad 20 menekankan pada pemahaman peserta didik dan bagaimana mereka membangun pengetahuan. Konstruktivisme sebagai perubahan besar dalam pendidikan, menekankan pada pentingnya pembelajaran berbasis proyek, kolaborasi, dan penilaian autentik. Perkembangan teknologi yang diadopsi dalam pendidikan pada abad 21 memungkinkan konstruktivisme terfasilitasi dalam pembelajaran, bahkan membuka peluang pendidikan *online* dan *blended learning* untuk pembelajaran konstruktivistik dengan menekankan pada kolaborasi, pemecahan masalah, dan pembelajaran berbasis proyek.

Dalam kedua era tersebut, pendidikan perguruan tinggi telah melihat pergeseran dari pengajaran tradisional berbasis kuliah menuju metode yang lebih partisipatif dan berorientasi pada peserta didik yang sejalan dengan prinsip konstruktivistik. Ini mencerminkan pengakuan akan pentingnya mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan pemecahan masalah di antara peserta didik perpendidikan tinggi. Ada penekanan yang semakin besar pada pendekatan interdisipliner dan transdisipliner dalam pendidikan tinggi.

Literasi digital, pemikiran kritis, dan keterampilan kolaboratif menjadi komponen penting dalam kurikulum pendidikan tinggi. Kebijakan pemerintah seperti "Merdeka Belajar" mendorong fleksibilitas dalam pendidikan dan mempromosikan pendekatan belajar sepanjang hayat.

Pergeseran juga terjadi dalam lingkup pendidikan di perguruan tinggi. Penggunaan teori konstruktivisme pada abad 20 menekankan pada pemahaman konseptual dan pemecahan masalah (Barr & Tagg, 1995), pembelajaran berbasis masalah (Boud & Feletti, 1997), dan pembelajaran kolaboratif yang menekankan pada pentingnya interaksi antar peserta didik dalam proses pembelajaran (Bruffee, 1999). Abad 21, pembelajaran konstruktivisme yang difasilitasi oleh teknologi (Gilakjani et al., 2013; Makewa, 2019). Dengan meningkatnya teknologi, kelas virtual, forum diskusi, dan alat kolaboratif lainnya memungkinkan penerapan prinsip konstruktivistik dalam lingkungan *online* (Duffys & Jonassen, 2013; D. Jonassen et al., 2003), terjadi pergeseran menuju metode pembelajaran aktif agar peserta didik berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran melalui diskusi, simulasi, proyek, dan lainnya (Prince, 2004).

Pembelajaran di perguruan tinggi mendorong peserta didik untuk merefleksikan pembelajarannya dan mengumpulkan portofolio yang menunjukkan pencapaiannya (Zubizarreta, 2009). Selain itu, pembelajarannya menekankan pada pencapaian kompetensi tertentu sebagai hasil dari proses pembelajaran (Banta & Palomba, 2014). Pergeseran ini memungkinkan perubahan belajar dari pembelajaran berbasis kuliah menuju strategi yang lebih partisipatif dan berorientasi pada peserta didik dan sejalan dengan prinsip konstruktivistik. Hal ini mencerminkan pengakuan akan pentingnya mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan pemecahan masalah di antara peserta didik perpendidikan tinggi. Di Indonesia penggunaan literasi digital, pemikiran kritis, dan keterampilan kolaboratif menjadi komponen penting dalam kurikulum pendidikan tinggi (Nizam, 2004). Dengan berbagai perkembangan dan tantangan yang ada, pendidikan tinggi di Indonesia terus beradaptasi dan berevolusi. Teori belajar modern seperti konstruktivisme memainkan peran penting dalam

menginformasikan praktek-praktek pendidikan yang terbaru dan relevan dengan kebutuhan kontemporer.

Peraturan Presiden yang mengatur Standar Nasional Pendidikan Tinggi yang tertuang dalam Perpres No.8 tahun 2012 tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) sebagai berikut.

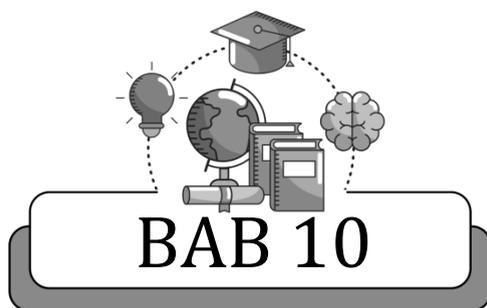
“Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia, yang selanjutnya disingkat KKNI, adalah kerangka penjenjangan kualifikasi kompetensi yang dapat menyandingkan, menyetarakan, dan mengintegrasikan antara bidang pendidikan dan bidang pelatihan kerja serta pengalaman kerja dalam rangka pemberian pengakuan kompetensi kerja sesuai dengan struktur pekerjaan di berbagai sektor” (Perpres No 8 tahun 2012 tentang KKNI pasal 1, 2012).

KKNI untuk kualifikasi Sarjana masuk pada level 6 berbunyi:

“Mampu mengaplikasikan bidang keahliannya dan memanfaatkan IPTEKS pada bidangnya dalam penyelesaian masalah serta mampu beradaptasi terhadap situasi yang dihadapi. Menguasai konsep teoritis bidang pengetahuan tertentu secara umum dan konsep teoritis bagian khusus dalam bidang pengetahuan tersebut secara mendalam, serta mampu memformulasikan penyelesaian masalah prosedural. Mampu mengambil keputusan yang tepat berdasarkan analisis informasi dan data, dan mampu memberikan petunjuk dalam memilih berbagai alternatif solusi secara mandiri dan kelompok. Bertanggung jawab pada pekerjaan sendiri dan dapat diberi tanggung jawab atas pencapaian hasil kerja organisasi”.

Penerapan STEAM disesuaikan dengan kebutuhan dan tingkat pendidikannya antara *primary education, secondary education, and university*. Searah dengan karakteristik pembelajaran abad 21 yang semakin beraneka ragam dan kompleks, ada beberapa masukan yang dapat dipertimbangkan ketika akan mengembangkan pembelajaran bagi peserta didik di Indonesia. Salah satu pembelajaran yang berkembang sesuai kebutuhan abad 21 yaitu pembelajaran yang berfokus pada pengembangan kreativitas. Salah satu pembelajaran yang konsen

terhadap kreativitas adalah STEAM. Kecenderungan ini menandakan bahwa penggunaan STEAM di lembaga pendidikan formal sangat dibutuhkan dalam setiap jenjang pembelajaran. Selain jenjang pendidikan formal, STEAM juga dapat diterapkan pada pra-sekolah (Torrance, 1969). STEAM menghendaki peserta didik aktif dalam pembelajaran mulai dari pra-sekolah sampai perpendidikan tinggi. Level perguruan tinggi termasuk kelompok kreativitas inovatif. Menurut (I. A. Taylor, 1971) kreativitas ini berkaitan dengan peningkatan dan penemuan kembali kreativitas tentang suatu objek yang telah ada melalui pemanfaatan keterampilan konseptualisasi dan ini sifatnya *emergentive* sebagai paradigma terbaru.



## **MODEL PEMBELAJARAN STEAM-EDP DALAM KERANGKA *DEEP LEARNING***

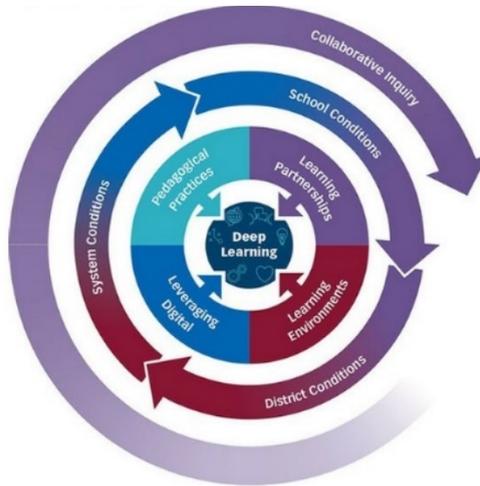
**M**odel pembelajaran Primmer mengacu pada STEAM-EDP dan didasari oleh teori belajar konstruktivisme. Selain itu, model instruksional ini dalam prosesnya dibangun secara *deep learning* (pembelajaran mendalam). Setiap langkah dalam pembelajaran ini menyediakan lingkungan belajar yang menginspirasi dan membuat peserta didik (merasa) terlibat dalam proses pembelajaran (*joyful learning*) (Shernoff, 2013; Wood-Kofonow, 2015). Mulai dari langkah pertama yaitu *problem pose*, peserta didik dilibatkan dalam merumuskan masalah dan menentukan masalah yang paling mendesak untuk diselesaikan sampai pada merancang ulang (*redesign*) *prototype* hasil rekayasa yang telah mereka lakukan. Penyediaan ruang kreatif ini dapat membangun *joyful learning* sehingga keterlibatan ini menjadi poin yang menyenangkan bagi peserta didik.

Model ini juga menyediakan sintaks agar belajar menjadi bermakna (*meaningful learning*). Pembelajaran yang menggunakan materi yang erat dengan kehidupan peserta didik menjadikan pembelajaran bermakna (Priniski et al., 2018). Penentuan materi yang dikaji dalam pembelajaran mempengaruhi kebermaknaan pembelajaran.

Kebutuhan untuk beralih dari pengajaran didaktik tradisional dalam program pendidikan tinggi ke arah yang lebih baik yaitu pembelajaran yang bermakna (Vargas-Hernández & Vargas-González, 2022). Dalam model pembelajaran Primmer, proses yang dilakukan dan pemilihan materi yang tepat menjadikan pembelajaran lebih bermakna.

Proses dalam model pembelajaran Primmer mendorong peserta didik untuk terlibat penuh dalam proses pembelajaran. Proses ini menekankan pada kesadaran dan fokus, sehingga peserta didik dapat memahami materi secara lebih dalam (*mindful learning*) (Hensley, 2020; Langer, 2016). Peserta didik melakukan rangkaian pembelajaran yang diawali dengan pemecahan masalah dan diakhiri dengan merancang produk final sebagai solusi dari permasalahan terlatih untuk fokus dan memahami materi secara mendalam agar produk yang dihasilkan tepat dan efisien. Berikut penjelasan kerangka kerja *deep learning*.

*Deep learning* dalam prosesnya memiliki kerangka terdiri dari empat lapisan yang saling terhubung untuk mentransformasi pendidikan tradisional menjadi pembelajaran mendalam yang mengembangkan kompetensi global pada peserta didik. *Deep Learning* dalam *Framework* yang dirancang oleh "New Pedagogies for Deep Learning" (NPDL). *Framework* ini menekankan hubungan antara berbagai elemen sistem pendidikan untuk menciptakan pembelajaran yang mendalam dan bermakna bagi peserta didik. *Framework* ini dirancang untuk membangun sistem pendidikan yang komprehensif dengan menghubungkan semua elemen, dari peserta didik, pendidik, hingga kebijakan nasional. Fokusnya adalah menciptakan pembelajaran yang relevan, mendalam, dan kontekstual untuk membantu peserta didik berkembang di dunia yang kompleks (Fullan et al., 2018). Kerangka *Deep Learning* seperti gambar dibawah ini.



Source: Copyright © 2014 by New Pedagogies for Deep Learning™ (NPDL)

Gambar 6. *Framework Deep Learning*  
Fullan, M., Quinn, J., & McEchen, J. (2018)

*Deep Learning* menjadi relevan dengan abad ke-21, di mana peserta didik tidak hanya belajar untuk menghafal informasi tetapi juga mengembangkan keterampilan yang mendalam seperti kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan berpikir kritis. Berikut adalah penjelasan elemen-elemen utama dalam kerangka kerja *deep learning* dalam Tabel 6.

Tabel 6. Penjelasan elemen-elemen utama dalam  
*Framework Deep Learning*

No.	Lapisan Framework	Deskripsi
1.	Inti: <i>Deep Learning</i>	<i>Deep Learning</i> menjadi tujuan akhir dari <i>framework</i> ini. Ini mencakup pembelajaran yang mendalam, di mana peserta didik tidak hanya memahami konsep-konsep dasar tetapi juga mencapai kompetensi 6C global dapat dimiliki peserta didik setelah pembelajaran yaitu <i>character</i> (karakter), <i>citizenship</i>

No.	Lapisan Framework	Deskripsi
		(kewarganegaraan), <i>critical thinking</i> (berpikir kritis), <i>creativity</i> (kreatif), <i>collaboration</i> (kolaborasi), dan <i>communication</i> (komunikasi)
2.	Lingkaran Dalam: Elemen-Elemen Pembelajaran	<p>a. <i>Pedagogical practices</i> (praktik pedagogi): strategi pembelajaran yang dirancang untuk melibatkan peserta didik secara aktif, mendorong peserta didik berpikir secara mendalam, dan memaksimalkan potensinya.</p> <p>b. <i>Learning partnerships</i> (kemitraan pembelajaran): kolaborasi antara guru, peserta didik, orang tua, dan komunitas untuk mendukung pembelajaran peserta didik.</p> <p>c. <i>Learning environments</i> (lingkungan pembelajaran): suasana dan tempat belajar yang dirancang untuk memotivasi, mendukung, dan menantang peserta didik.</p> <p>d. <i>Leveraging digital</i> (pemanfaatan digital): penggunaan teknologi digital untuk memperluas peluang pembelajaran dan mendukung inovasi.</p>
3.	Lingkaran Tengah: Kondisi Sistem	<p>a. <i>School Conditions</i> (Kondisi Sekolah): Faktor di lingkungan sekolah yang mendukung keberhasilan pembelajaran, seperti kepemimpinan yang kuat, budaya kolaborasi, dan kurikulum yang relevan.</p> <p>b. <i>District Conditions</i> (Kondisi Distrik): Kebijakan dan praktik tingkat distrik yang mendukung sekolah-sekolah dalam melaksanakan pembelajaran mendalam.</p> <p>c. <i>System Conditions</i> (Kondisi Sistem): Kebijakan, sumber daya, dan dukungan di</p>

No.	Lapisan Framework	Deskripsi
		tingkat nasional atau regional yang memungkinkan sekolah dan distrik untuk menciptakan ekosistem pembelajaran mendalam.
4.	Lingkar Luar: Prinsip Panduan	<i>Collaborative Inquiry</i> (Inkuiri Kolaboratif): pembelajaran berbasis kolaborasi untuk mengeksplorasi praktik terbaik, memecahkan masalah, dan terus memperbaiki proses pembelajaran. Peserta didik yang mampu berkolaborasi dengan baik dapat terus berkembang dan pembelajarannya semakin bermakna.

NPDJ juga mengulas tentang *coherence framework*. *Coherence framework* dirancang oleh (Fullan & Quinn, 2016) untuk memandu transformasi sistem pendidikan secara menyeluruh dengan memastikan keselarasan visi, strategi, dan tindakan. *Coherence framework* digambarkan pada Gambar 5.



Source: Fullan, M., & Quinn, J. (2016). *Coherence: The Right Drivers in Action for Schools, Districts, and Systems*. Thousand Oaks, CA: Corwin.

Gambar 7. *Framework Coherence*

Fullan, M., & Quinn, J. (2016).

Kerangka ini dijelaskan dalam (Fullan et al., 2018) terdiri dari empat aspek utama yang saling mendukung untuk menciptakan perubahan yang bermakna:

1. *Focusing Direction*, yaitu memusatkan arah dengan menetapkan visi bersama, tujuan yang jelas, dan strategi yang terarah;
2. *Cultivating Collaborative Cultures*, yaitu membangun budaya kolaborasi yang mendukung pertumbuhan bersama melalui hubungan yang kuat dan lingkungan yang memungkinkan inovasi. Menciptakan lingkungan di mana pembelajaran terjadi melalui kemitraan, diskusi terbuka, dan inovasi bersama;
3. *Deepening Learning*, yaitu memperdalam pembelajaran dengan memastikan praktik pedagogis yang tepat, mendukung pengembangan kompetensi global, dan memperkuat kapasitas pendidik serta peserta didik. Selain itu, Tujuan ini dapat membantu peserta didik mencapai potensi maksimal mereka dengan berfokus pada hasil pembelajaran bermakna yang relevan dengan kehidupan nyata;
4. *Securing Accountability*, yaitu menciptakan akuntabilitas internal melalui transparansi, evaluasi berbasis bukti, dan tanggung jawab kolektif terhadap hasil pembelajaran.

*Deep Learning* memiliki peran penting dalam pembelajaran STEAM-EDP karena mendorong peserta didik untuk memahami konsep-konsep lintas disiplin secara mendalam. Dengan pendekatan ini, peserta didik tidak hanya mempelajari fakta atau teori, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah kompleks, dan kreativitas. Hal ini relevan dalam EDP, di mana peserta didik harus melalui langkah-langkah seperti identifikasi masalah, desain, prototipe, dan evaluasi untuk menciptakan solusi inovatif. Pendekatan ini memastikan pembelajaran tidak hanya bersifat teoritis tetapi juga praktis dan aplikatif.

Sementara itu, konstruktivisme memberikan landasan pedagogis yang memungkinkan peserta didik belajar melalui pengalaman

langsung dan interaksi dengan lingkungannya. Dalam konteks STEAM-EDP, peserta didik menjadi pembelajar aktif yang membangun pengetahuan dari proyek-proyek berbasis masalah. Konstruktivisme mendorong pembelajaran kolaboratif, di mana peserta didik bekerja dalam tim untuk berbagi ide, menguji solusi, dan memodifikasi desain mereka. Selain itu, pendekatan ini menekankan refleksi, sehingga peserta didik dapat menganalisis hasil kerjanya dan memperbaiki solusi berdasarkan pengalamannya.

Model pembelajaran Primmer dapat diimplementasikan mulai dari perguruan tinggi sampai pada sekolah menengah dan dasar. Prosesnya yang menghendaki ruang kreatif perlu ditindaklanjuti oleh semua pihak agar peserta didik mampu menguasai kompetensi global. Dengan mengintegrasikan *Deep Learning* dan konstruktivisme, pembelajaran STEAM-EDP menjadi lebih efektif dan bermakna. Peserta didik tidak hanya memahami teori tetapi juga mampu menghubungkannya dengan aplikasi nyata, mengembangkan keterampilan abad 21 seperti kolaborasi, kreativitas, dan komunikasi. Pendekatan ini menciptakan lingkungan belajar yang relevan dan kontekstual, mempersiapkan peserta didik untuk menghadapi tantangan dunia nyata sekaligus mendorong mereka untuk menjadi inovator di masa depan.



## GLOSARIUM

- Berpikir kreatif : Proses mental yang digunakan untuk mengembangkan, menganalisis, dan mengeksekusi ide-ide tersebut. Ini melibatkan cara berpikir yang inovatif, fleksibel, dan tidak terbatas, yang memungkinkan individu untuk mengatasi hambatan dan menemukan solusi yang kreatif.
- Dampak Instruksional : Efek atau hasil dari implementasi instruksi atau pengajaran terhadap pembelajaran peserta didik. Ini mencakup perubahan dalam pengetahuan, keterampilan, sikap, dan perilaku peserta didik sebagai respons terhadap pengajaran yang diberikan oleh pendidik atau instruktur.
- Dampak Pengiring : Efek samping atau konsekuensi yang timbul sebagai hasil dari suatu tindakan, kebijakan, atau proyek yang mungkin tidak langsung terkait dengan tujuan utama tindakan tersebut. Dampak pengiring bisa positif atau negatif, dan sering kali terjadi secara tidak terduga atau tidak diantisipasi saat perencanaan atau implementasi suatu kegiatan.
- Deep Learning* :

Kegiatan atau proses pembelajaran yang menekankan pemahaman konsep dan penguasaan kompetensi secara mendalam melalui proses *Meaningful Learning*, siswa dapat memaknai hal-hal yang sedang ia pelajari. Kemudian, melalui proses *Mindful Learning*, siswa dapat menjadi agen aktif yang secara sadar berniat untuk mengembangkan pemahaman dan kompetensinya. Proses *Joyful Learning* membuat siswa menjadi termotivasi dalam menjalani proses pembelajarannya.

Ekosistem kelas : Lingkungan belajar di dalam kelas yang mencakup interaksi antara pendidik, peserta didik, materi pembelajaran, teknologi, dan faktor-faktor lainnya. Konsep ini mengadopsi istilah "ekosistem" dari biologi yang mengacu pada hubungan yang kompleks antara organisme dan lingkungannya. Dalam konteks pembelajaran, ekosistem kelas merujuk pada dinamika kompleks yang terjadi di dalam ruang kelas yang mempengaruhi proses pembelajaran.

*Engineering Design Process* (EDP) : Proses dalam merancang suatu sistem, komponen, atau proses untuk merekayasa dan mencari solusi terhadap permasalahan dalam mata kuliah pengetahuan lingkungan. Elemen dasar EDP yang digunakan yaitu: penetapan tujuan dan kriteria, sintesis, analisis, konstruksi, pengujian, dan evaluasi.

Kebutuhan kontemporer : Kebutuhan atau tuntutan yang muncul dalam konteks zaman atau era saat ini. Ini mencerminkan perubahan, tantangan, dan pergeseran dalam masyarakat, teknologi,

- budaya, dan lingkungan yang mempengaruhi cara kita hidup, belajar, bekerja, dan berinteraksi.
- Keterampilan abad 21 : Keterampilan yang dianggap penting bagi individu untuk berhasil dan berkembang dalam masyarakat kontemporer yang terus berubah dengan cepat. Keterampilan ini mencakup berbagai kemampuan, sikap, dan pengetahuan yang melampaui hanya penguasaan materi akademis tradisional, dan mereka mempersiapkan individu untuk menghadapi tuntutan dunia kerja yang modern dan dinamis
- Keterampilan *Creative Problem Solving* (CPS) : Model keterampilan berpikir dalam pemecahan masalah. CPS adalah 'perangkat' untuk berpikir kreatif, 'mengajarkan' kreativitas meskipun kreativitas adalah kualitas yang melekat pada seseorang dalam memecahkan masalah. Pengukuran CPS didasarkan pada cara berpikir membantu peserta didik membuat hubungan lateral atau asosiasi yang menarik dalam pemikiran mereka
- Kolaborasi : Proses kerjasama antara dua atau lebih individu atau kelompok untuk mencapai tujuan bersama atau menyelesaikan suatu tugas atau proyek. Ini melibatkan berbagi ide, sumber daya, dan tanggung jawab antara semua pihak yang terlibat. Kolaborasi sering kali menjadi kunci dalam mencapai keberhasilan dalam berbagai konteks, baik dalam lingkungan kerja, pendidikan, maupun proyek-proyek social

- Komponen Art* : Menekankan pentingnya kreativitas, ekspresi, dan estetika dalam mengintegrasikan seni dengan disiplin ilmiah dan teknologi
- Komponen Engineering* : Penerapan pengetahuan ilmiah untuk merancang, menciptakan, dan membangun solusi untuk masalah yang kompleks.
- Komponen Mathematics* : Pemahaman tentang konsep-konsep matematika dan penerapannya dalam konteks ilmiah dan teknologi. Peranannya dalam dasar-dasar logika dan pemikiran analitis, penerapan matematika dalam sains dan rekayasa, pemecahan masalah kompleks, keterampilan kritis dalam memahami data, pengembangan keterampilan berhitung
- Komponen Science* : Meliputi konsep, teori, metode, dan praktik yang digunakan untuk memahami dunia fisik dan alamiah di sekitar kita. Dalam konteks STEAM, unsur "Science" menempati posisi penting karena memberikan landasan bagi pemahaman tentang prinsip-prinsip dasar alam semesta dan fenomena alam
- Komponen Technology* : Penerapan pengetahuan dan keterampilan dalam pengembangan alat, produk, atau sistem yang memanfaatkan sains dan rekayasa.
- Komunikasi* : Proses penyampaian dan pertukaran pesan antara dua orang atau lebih dengan tujuan untuk memahami, berbagi informasi, mempengaruhi, atau menciptakan hubungan. Ini merupakan aspek penting dari interaksi manusia yang terjadi dalam berbagai konteks, termasuk di tempat kerja, dalam keluarga, di sekolah, dan dalam situasi sosial lainnya
- Konstruktivisme sosial* : Pengetahuan sebagai apa yang peserta didik lakukan dalam kolaborasi dengan peserta

- didik lain, pendidik, dan teman sebaya. Konstruktivisme sosial terbentuk dari berbagai konstruktivisme kognitif yang menekankan sifat kolaboratif belajar dibawah bimbingan seorang fasilitator atau bekerja sama dengan peserta didik lain
- Kreativitas : Kemampuan untuk menghasilkan ide-ide baru, solusi yang inovatif, dan ekspresi yang unik. Kegiatan ini melibatkan proses mental yang kompleks di mana individu menggabungkan atau memodifikasi ide-ide yang ada untuk menciptakan sesuatu yang baru dan berbeda.
- Metode diskusi : Pembelajaran yang melibatkan interaksi antara peserta didik untuk berbagi ide, pengalaman, dan pandangan mereka tentang suatu topik tertentu. Diskusi dapat dilakukan dalam berbagai konteks pendidikan, mulai dari ruang kelas hingga kelompok studi, seminar, atau lokakarya.
- Model Primmer : Model pembelajaran instruksional yang memiliki tahapan: *Problem Posing-Ideate-Modelling-Measure-Redesign*. Model ini dikembangkan dan dilandasi oleh STEAM-EDP.
- Paradigma konstruktivisme : Menekankan pada bagaimana individu membangun pengetahuan melalui interaksi dengan lingkungan dan pengalaman sebelumnya. Konsep dasar konstruktivisme didasarkan pada gagasan bahwa pengetahuan bukanlah sesuatu yang tetap dan dapat disalurkan dari satu individu ke individu lain, tetapi sesuatu yang terus-menerus dibangun dan direkonstruksi oleh pembelajar itu sendiri

- Peeragogy* : Kegiatan pembelajaran teman sebaya yang potensial untuk pembelajaran di perpendidikan tinggi. Kemampuan peserta didik dalam organisasi belajar memudahkan pembelajaran secara *peeragogy*
- Pemahaman konseptual : Tingkat pemahaman yang mendalam dan menyeluruh tentang konsep atau prinsip tertentu dalam suatu bidang pengetahuan atau disiplin ilmu. Ini melibatkan kemampuan untuk memahami esensi, hubungan, dan aplikasi konsep tersebut secara luas dan mendalam, bukan hanya menghafal fakta atau informasi yang terkait.
- Pembelajaran berbasis proyek : Pembelajaran yang melibatkan peserta didik dalam menjalani proyek nyata atau simulasi proyek yang menuntut keterlibatan aktif, kolaborasi, dan pemecahan masalah. Dalam PBL, peserta didik tidak hanya mempelajari materi secara teoritis, tetapi mereka juga menerapkan pengetahuan dan keterampilan yang mereka pelajari dalam konteks tugas atau proyek yang relevan dengan kehidupan nyata.
- Pembelajaran interdisipliner : Pendekatan pendidikan di mana peserta didik belajar tentang konsep, isu, atau topik melalui integrasi dari dua atau lebih disiplin ilmu yang berbeda. Tujuan utamanya adalah untuk menghubungkan pengetahuan dan keterampilan dari berbagai bidang studi untuk memberikan pemahaman yang lebih dalam dan menyeluruh tentang suatu subjek atau topik tertentu. Fokusnya pada area konten yang tumpang tindih

- Pembelajaran multidisipliner : Pendekatan pendidikan di mana peserta didik mempelajari satu topik atau masalah dari berbagai perspektif atau disiplin ilmu yang berbeda. Dalam konteks ini, topik atau masalah yang dipelajari diuraikan ke dalam berbagai komponen atau aspek, dan setiap aspek tersebut dipelajari secara terpisah menggunakan pendekatan disiplin ilmu yang relevan. Pembelajaran ini dilakukan dengan mengintegrasikan dan membuat koneksi diseluruh area konten
- Pembelajaran transdisipliner : Pendekatan pendidikan yang melampaui batasan-batasan tradisional antara disiplin ilmu dan mengintegrasikan konsep-konsep dari berbagai bidang studi tanpa memandang batasan tersebut. Tujuannya adalah untuk mendukung pemahaman yang lebih dalam dan holistik tentang masalah atau topik tertentu. Pembelajaran ini membelajarkan dengan kerangka konseptual, epistemologi, dan penerapannya
- Pemecahan masalah : Proses kognitif yang digunakan individu untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menyelesaikan masalah yang dihadapi. Ini melibatkan serangkaian langkah sistematis yang dilakukan untuk mencapai solusi yang memuaskan atau efektif terhadap suatu tantangan atau situasi yang rumit
- Pencemaran lingkungan : Masuknya zat-zat atau energi ke lingkungan alam yang menyebabkan perubahan atau gangguan terhadap kondisi alamiahnya. Ini dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk aktivitas manusia, alam, atau peristiwa alam.
- Pendekatan STEAM : Pendekatan pembelajaran dengan komponen *Science, technology, Engineering, Art, and*

- Mathematic* yang mementingkan stimulasi kreativitas peserta didik melalui komponen-komponen tersebut. Pembelajarannya menekankan pada proses dibandingkan produknya
- Pendidik : Seseorang yang menjadi fasilitator dalam pembelajaran baik di sekolah atau perpendidikan tinggi
- Pengukuran kegiatan CPS : 1) persiapan, 2) perumusan pertanyaan, klarifikasi dan reformulasi, 3) pembebasan berpikir, penggalian ide, dan inkubasi ide, dan 4) pengelompokkan ide, evaluasi, dan perencanaan tindakan.
- Penilaian CPS : Menilai: 1) *diagnostic thinking* (menilai situasi); 2) *visionary thinking* (menjelajahi visi); 3) *strategic thinking* (merumuskan tantangan); 4) *ideational thinking* (menjelajahi ide); 5) *evaluative thinking (formulating solutions)*; 6) *contextual thinking (exploring acceptance)*; 7) *tactical thinking* (merumuskan rencana).
- Peserta didik : Subyek pembelajaran, mengembangkan keterampilan berpikirnya sehingga pola pikirnya berkembang lebih baik
- Prototype* : Model awal atau contoh pertama dari suatu produk, sistem, atau desain yang digunakan untuk menguji, mengevaluasi, dan mengembangkan konsep sebelum diproduksi secara massal atau diimplementasikan secara penuh. Ini adalah representasi kasar dari produk atau sistem yang dirancang untuk memvalidasi fitur, fungsi, dan kegunaan sebelum diluncurkan ke pasar atau digunakan dalam lingkungan nyata.

*Sustainability thinking* : Pendekatan dalam memahami, merencanakan, dan bertindak yang mempertimbangkan efek jangka panjang terhadap lingkungan alam, sosial, dan ekonomi. Fokus utamanya adalah untuk mencapai keseimbangan antara memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, A. (2016). Chemical connections: A problem-based learning, STEM experience. *Science Scope*, 39(7), 33. [https://doi.org/10.2505/4/ss16\\_039\\_07\\_33](https://doi.org/10.2505/4/ss16_039_07_33)
- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukamto, I., Umam, A. N., & Mulyana, K. M. (2023). Impacts of integrating engineering design process into STEM makerspace on renewable energy unit to foster students' system thinking skills. *Heliyon*, 9(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15100>
- Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). Stem vs. Steam education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Ahmad, D. N., Astriani, M. M., Alfahnum, M., & Setyowati, L. (2021). Increasing creative thinking of students by learning organization with steam education. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(1), 103–110. <https://doi.org/10.15294/jpii.v10i1.27146>
- Alavi, M. (1994). Computer-mediated collaborative learning: An empirical evaluation. *MIS Quarterly*, 159–174. <https://doi.org/10.2307/249763>
- Amabile, T. M. (2018). *Creativity in context: Update to the social psychology of creativity*. Routledge.

- Amran, A., Perkasa, M., Satriawan, M., Jasin, I., & Irwansyah, M. (2019). Assessing students 21<sup>st</sup> century attitude and environmental awareness: Promoting education for sustainable development through science education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(2), 022025.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022025>
- Anderson, N. (2021). A Systematic Review of STEAM Education Research: Comparing American and Korean Studies. *Academia Letters*. <https://doi.org/10.20935/AL1039>
- Anisimova, T., Sabirova, F., Shatunova, O., Bochkareva, T., & Vasilev, V. (2022). The Quality of Training Staff for the Digital Economy of Russia within the Framework of STEAM Education: Problems and Solutions in the Context of Distance Learning. *Education Sciences*, 12(2), 87.  
<https://doi.org/10.3390/educsci12020087>
- Anito Jr., J. C., & Morales, M. P. E. (2019). The Pedagogical Model of Philippine STEAM Education: Drawing Implications for the Reengineering of Philippine STEAM Learning Ecosystem. *Universal Journal of Educational Research*, 7(12), 2662–2669.  
<https://doi.org/10.13189/ujer.2019.071213>
- Ansari, J. A. N., & Khan, N. A. (2020). Exploring the role of social media in collaborative learning the new domain of learning. *Smart Learning Environments*, 7(1), 1–16.  
<https://doi.org/10.1186/s40561-020-00118-7>
- Aróstegui, J. L., Perales, F. J., & Bautista, A. (2019). Redefining academic curricula by breaking down barriers: The STEAM proposal (Science-Technology-Engineering-Arts-Mathematics) / *Redefinir los currículos académicos rompiendo fronteras: la propuesta STEAM (Science-Technology-Engineering-Arts-Mathematics)*: Special Issue Editors. *Infancia y Aprendizaje*, 42(2), 459–464.  
<https://doi.org/10.1080/02103702.2019.1579450>

- Ata-Aktürk, A., & Demircan, H. Ö. (2021). Supporting preschool children's STEM learning with parent-involved early engineering education. *Early Childhood Education Journal*, *49*, 607–621. <https://doi.org/10.1007/s10643-020-01100-1>
- Banta, T. W., & Palomba, C. A. (2014). *Assessment essentials: Planning, implementing, and improving assessment in higher education*. John Wiley & Sons.
- Barr, R. B., & Tagg, J. (1995). From teaching to learning—A new paradigm for undergraduate education. *Change: The Magazine of Higher Learning*, *27*(6), 12–26. <https://doi.org/10.1080/00091383.1995.10544672>
- Bassachs, M., Cañabate, D., Nogué, L., Serra, T., Bubnys, R., & Colomer, J. (2020). Fostering Critical Reflection in Primary Education through STEAM Approaches. *Education Sciences*, *10*(12), 384. <https://doi.org/10.3390/educsci10120384>
- Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2021). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: Prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1–37. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943>
- Bennett, N., & McNamara, D. (Eds.). (1979). *Focus on teaching: Readings in the observation and conceptualisation of teaching*. Longman.
- Bin Amiruddin, M. Z., Magfiroh, D. R., Savitri, I., & Binti Rahman, S. M. I. (2022). Analysis of The Application of The STEAM Approach to Learning In Indonesia: Contributions to Physics Education. *International Journal of Current Educational Research*, *1*(1), 1–17. <https://doi.org/10.53621/ijocer.v1i1.139>
- Boice, K. L., Jackson, J. R., Alemdar, M., Rao, A. E., Grossman, S., & Usselman, M. (2021). Supporting Teachers on Their STEAM

- Journey: A Collaborative STEAM Teacher Training Program. *Education Sciences*, 11(3), 105. <https://doi.org/10.3390/educsci11030105>
- Boud, D., & Feletti, G. (1997). Changing problem-based learning: Introduction to the second edition. *The Challenge of Problem-Based Learning*, 1–14.
- Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1999). *In search of understanding: The case for constructivist classrooms*. Ascd.
- Bruffee, K. A. (1999). *Collaborative Learning: Higher Education, Interdependence, and The Authority of Knowledge*. Johns Hopkins University Press.
- Bureekhampun, S., & Mungmee, T. (2020). STEAM education for preschool students: Patterns, activity designs and effects. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(3), 1201–1212. <https://doi.org/10.17478/JEGYS.775835>
- Burnard, P., Colucci-Gray, L., & Cooke, C. (n.d.). Transdisciplinarity: Re-Visioning How Sciences and Arts Together Can Enact Democratizing Creative Educational Experiences. *Review of Research in Education*, 46(1), 166–197. <https://doi.org/10.3102/0091732X221084323>
- Carberry, A. R., Lee, H.-S., & Ohland, M. W. (2010). Measuring Engineering Design Self-Efficacy. *Journal of Engineering Education*, 99(1), 71–79. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2010.tb01043.x>
- Cheng, L., Wang, M., Chen, Y., Niu, W., Hong, M., & Zhu, Y. (2022a). Design My Music Instrument: A Project-Based Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics Program on The Development of Creativity. *Frontiers in Psychology*, 12, 763948. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.763948>
- Cheng, L., Wang, M., Chen, Y., Niu, W., Hong, M., & Zhu, Y. (2022b). Design My Music Instrument: A Project-Based Science,

- Technology, Engineering, Arts, and Mathematics Program on The Development of Creativity. *FRONTIERS IN PSYCHOLOGY*, 12.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.763948>
- Chuang, Y.-T. (2015). SSCLS: A smartphone-supported collaborative learning system. *Telematics and Informatics*, 32(3), 463–474.  
<https://doi.org/10.1016/j.tele.2014.10.004>
- Chung, C.-C., Lin, C.-L., & Lou, S.-J. (2018). Analysis of the Learning Effectiveness of the STEAM-6E Special Course A Case Study about the Creative Design of IoT Assistant Devices for the Elderly. *SUSTAINABILITY*, 10(9).  
<https://doi.org/10.3390/su10093040>
- Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (Eds.). (2008). *Model based learning and instruction in science*. Springer.
- Conrady, C., & Bogner, F. X. (2019). From STEM to STEAM: Cracking the Code? How Creativity & Motivation Interacts with Inquiry-based Learning. *Creativity Research Journal*, 31(3), 284–295.  
<https://doi.org/10.1080/10400419.2019.1641678>
- Conrady, C., & Bogner, F. X. (2020a). STEAM teaching professional development works: Effects on students' creativity and motivation. *Smart Learning Environments*, 7(1).  
<https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9>
- Conrady, C., & Bogner, F. X. (2020b). STEAM teaching professional development works: Effects on students' creativity and motivation. *Smart Learning Environments*, 7(1), 26.  
<https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9>
- Conrady, C., Sotiriou, S. A., & Bogner, F. X. (2020). How creativity in STEAM modules intervenes with self-efficacy and motivation. *Education Sciences*, 10(3).  
<https://doi.org/10.3390/educsci10030070>
- Craft, A. (Ed.). (2004). *Creativity in education* (reprinted). Continuum.

- Cross, N. (2023). *Design thinking: Understanding how designers think and work*. Bloomsbury Publishing.
- Crotty, E. A., Guzey, S. S., Roehrig, G. H., Glancy, A. W., Ring-Whalen, E. A., & Moore, T. J. (2017). Approaches to integrating engineering in STEM units and student achievement gains. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 7(2), 1. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1148>
- Diego-Mantecon, J.-M., Prodromou, T., Lavicza, Z., Blanco, T. F., & Ortiz-Laso, Z. (2021). An attempt to evaluate STEAM project-based instruction from a school mathematics perspective. *ZDM – Mathematics Education*, 53(5), 1137–1148. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01303-9>
- Duffys, T. M., & Jonassen, D. H. (2013). Constructivism: New implications for instructional technology. In *Constructivism and the technology of instruction* (pp. 1–16). Routledge.
- Erol, A., Erol, M., & Başaran, M. (2022). The effect of STEAM education with tales on problem solving and creativity skills. *European Early Childhood Education Research Journal*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2081347>
- Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (1993). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 6(4), 50–72. <https://doi.org/10.1111/j.1937-8327.1993.tb00605.x>
- Firestien, R. L. (n.d.). What is Creativity? *Innovation Resources, Inc.*, 16.
- Fullan, M., & Quinn, J. (2016). *Coherence: The right drivers in action for schools, districts, and systems*. Corwin Press. [https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=Sd8vCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Coherence:+The+Right+Drivers+in+Action+for+Schools,+Districts,+and+Systems&ots=NxhaToV5e7&sig=2V1SkMJwQWBtAYJeLy8BBVgbb\\_g](https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=Sd8vCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Coherence:+The+Right+Drivers+in+Action+for+Schools,+Districts,+and+Systems&ots=NxhaToV5e7&sig=2V1SkMJwQWBtAYJeLy8BBVgbb_g)

- Fullan, M., Quinn, J., & McEchen, J. (2018). *Deep Learning: Engage the World Change the World*.
- Gettings, M. (2016). Putting It All Together: STEAM, PBL, Scientific Method, and the Studio Habits of Mind. *Art Education*, 69(4), 10–11. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1176472>
- Gilakjani, A. P., Lai-Mei, L., & Ismail, H. N. (2013). Teachers' use of technology and constructivism. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 5(4), 49.
- Gilmer, P. J. (2010). *Transforming University Biochemistry Teaching Using Collaborative Learning and Technology*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4981-1>
- Gjedde, L. (2022). Gather STEAM-fostering environmental awareness using participatory media and arts. *EdMedia+ Innovate Learning*, 677–681.
- Gros, B. (2001). Instructional design for computer-supported collaborative learning in primary and secondary school. In *Computers in Human Behavior* (Vol. 17, Issues 5–6, pp. 439–451). Elsevier.
- Güven, I., & Alpaslan, B. (2022). Investigation of the Effects of Interdisciplinary Science Activities on 5th Grade Students' Creative Problem Solving and 21st Century Skills. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 21(1), 80–96.
- Guyotte, K. W., Sochacka, N. W., Costantino, T. E., Kellam, N. N., & Walther, J. (2015). Collaborative creativity in STEAM: Narratives of art education students' experiences in transdisciplinary spaces. *International Journal of Education & the Arts*, 16(15).
- Hafiz, N., & Ayop, S. K. (2019). *Engineering Design Process in STEM Education: A Systematic Review*. 9, 676–697. <https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v9-i5/5998>

- Haik, Y., & Shahin, T. M. M. (2011). *Engineering design process* (2nd ed). Cengage Learning.
- Hawari, A. D. M., & Noor, A. I. M. (2020). Project Based Learning Pedagogical Design in STEAM Art Education. *Asian Journal of University Education*, 16(3), 102–111. <https://doi.org/10.24191/ajue.v16i3.11072>
- Hensley, N. (2020). Educating for sustainable development: Cultivating creativity through mindfulness. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118542. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118542>
- Henze, J., Schatz, C., Malik, S., & Bresges, A. (2022). How Might We Raise Interest in Robotics, Coding, Artificial Intelligence, STEAM and Sustainable Development in University and On-the-Job Teacher Training? *Frontiers in Education*, 7, 872637. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.872637>
- Herrera-Pavo, M. Á. (2021). Collaborative learning for virtual higher education. *Learning, Culture and Social Interaction*, 28, 100437. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2020.100437>
- Herro, D., Quigley, C., Andrews, J., & Delacruz, G. (2017). Co-Measure: Developing an assessment for student collaboration in STEAM activities. *INTERNATIONAL JOURNAL OF STEM EDUCATION*, 4. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0094-z>
- Herro, D., Quigley, C., & Cian, H. (2019). The challenges of STEAM instruction: Lessons from the field. *Action in Teacher Education*, 41(2), 172–190. <https://doi.org/10.1080/01626620.2018.1551159>
- Hoi, H. T. (2021). Applying STEAM Teaching Method to Primary Schools to Improve the Quality of Teaching and Learning for Children. *International Journal of Early Childhood Special Education*, 13(2), 1051–1055. <https://doi.org/10.9756/INT-JECSE/V13I2.211149>

- Houghton, T., Lavicza, Z., Diego-Mantecón, J.-M., Fenyvesi, K., Weinhandl, R., & Rahmadi, I. F. (2022). Hothousing: Utilising industry collaborative problem solving practices for STEAM in schools. *Journal of Technology and Science Education*, *12*(1), 274. <https://doi.org/10.3926/jotse.1324>
- Hsiao, H.-S., Chen, J.-C., Chen, J.-H., Zeng, Y.-T., & Chung, G.-H. (2022). An Assessment of Junior High School Students' Knowledge, Creativity, and Hands-On Performance Using PBL via Cognitive–Affective Interaction Model to Achieve STEAM. *Sustainability*, *14*(9), 5582. <https://doi.org/10.3390/su14095582>
- Huffman, D., Thomas, K., & Basham, J. D. (2020). The Transdisciplinary Nature of STEAM Education: Integrating STEAM in Pre-Service Teacher Education. In K. Thomas & D. Huffman (Eds.), *Advances in Educational Technologies and Instructional Design* (pp. 221–237). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-2517-3.ch009>
- Illeris, K. (Ed.). (2018). *Contemporary theories of learning: Learning theorists... in their own words* (Second edition). Routledge.
- Isotani, S., Mizoguchi, R., Isotani, S., Capeli, O. M., Isotani, N., De Albuquerque, A. R., Bittencourt, I. I., & Jaques, P. (2013). A Semantic Web-based authoring tool to facilitate the planning of collaborative learning scenarios compliant with learning theories. *Computers & Education*, *63*, 267–284. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.009>
- Jackson, N., Oliver, M., Shaw, M., & Wisdom, J. (Eds.). (2006). *Developing creativity in higher education: An imaginative curriculum*. Routledge.
- Johnston, A. C., Akarsu, M., Moore, T. J., & Guzey, S. S. (2019). Engineering as the integrator: A case study of one middle school science teacher's talk. *Journal of Engineering Education*, *108*(3), 418–440. <https://doi.org/10.1002/jee.20286>

- Jonassen, D. H. (2010). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. Routledge.
- Jonassen, D., Howland, J., Moore, J., & Marra, R. M. (2003). *Learning to solve problems with technology: A constructivist perspective* (2nd ed.). Upper Saddle River.
- Jones, M. G., & Brader-Araje, L. (2002). The impact of constructivism on education: Language, discourse, and meaning. *American Communication Journal*, 5(3), 1–10.
- Joyce, B. R., Weil, M., & Calhoun, E. (2014). *Models of teaching*. Pearson Education Inc.
- Joyce, B., & Weil, M. (2003). *Models of Teaching*. Prentice-Hall of India Private Limited.
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2015). *Models of teaching* (Ninth edition). Pearson.
- Khamhaengpol, A., Phewphong, S., & Chuamchaitrakool, P. (2021). STEAM Activity on Biodiesel Production: Encouraging Creative Thinking and Basic Science Process Skills of High School Students. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 736–744. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00874>
- Khamhaengpol, A., Phewphong, S., & Chuamchaitrakool, P. (2022). STEAM Activity on Biodiesel Production: Encouraging Creative Thinking and Basic Science Process Skills of High School Students. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 736–744. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00874>
- Khine, M. S., & Areepattamannil, S. (Eds.). (2019). *STEAM Education: Theory and Practice*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04003-1>
- Kim, H.-J., Lee, H.-S., Youn, J.-J., Eom, S.-J., & Lee, J.-K. (2015). A study on college students' demands for creativity and personality education as part of the general education curriculum. *Indian Journal of Science and Technology*, 8, 29.

- Kim, M. K., Lee, J. Y., Yang, H., Lee, J., Jang, J. N., & Kim, S. J. (2019). Analysis of elementary school teachers' perceptions of mathematics-focused STEAM education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(9), 1–13. <https://doi.org/10.29333/ejmste/108482>
- Kim, P. W. (2016). The Wheel Model of STEAM Education Based on Traditional Korean Scientific Contents. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(9). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1263a>
- Kim, S. (2021). Design Principles for Learning Environment based on STEAM Education. *International Journal of Advanced Culture Technology*, 9(3), 55–61.
- Kim, S.-W., & Lee, Y. (2022). Developing Students' Attitudes toward Convergence and Creative Problem Solving through Multidisciplinary Education in Korea. *Sustainability*, 14(16), 9929. <https://doi.org/10.3390/su14169929>
- Küpelı, M. A., Bilici, S. C., & selcen GUZEY, S. (2022). The Impact of Engineering Design-based Activities on Eighth-Grade Students' Environmental Awareness and Entrepreneurial Perceptions and Skills. *Journal of STEAM Education*, 6(1), 29–41.
- Laal, M., & Ghodsi, S. M. (2012). Benefits of collaborative learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 31, 486–490.
- Lage-Gómez, C., & Ros, G. (2021). Transdisciplinary integration and its implementation in primary education through two STEAM projects ( *La integración transdisciplinar y su aplicación en Educación Primaria a través de dos proyectos STEAM* ). *Journal for the Study of Education and Development*, 44(4), 801–837. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1925474>
- Langer, E. J. (2016). *The power of mindful learning*. Hachette UK. <https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=0o1KDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=Emphasis+on+awareness+and+focus,+so+that+students+can+understand+the+material+more+d>

eePLY+(mindful+learning)&ots=I33JXAtWZN&sig=mBao4gj  
7DbUa\_NWMQ0gKVr\_oQBE

- Lee, M., & McLoughlin, C. (2010). Beyond distance and time constraints: Applying social networking tools and Web 2.0 approaches in distance education. In *Emerging technologies in distance education* (pp. 61–87). Athabasca University Press.
- Liao, C. (2016). From Interdisciplinary to Transdisciplinary: An Arts-Integrated Approach to STEAM Education. *Art Education*, 69(6), 44–49. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224873>
- Liao, C., Motter, J. L., & Patton, R. M. (2016). Tech-savvy girls: Learning 21st-century skills through STEAM digital artmaking. *Art Education*, 69(4), 29–35. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1176492>
- Lie, R., Aranda, M. L., Guzey, S. S., & Moore, T. J. (2021). Students' views of design in an engineering design-based science curricular unit. *Research in Science Education*, 51, 663–683. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9813-9>
- Lin, C.-Y., & Cho, S. (2011). Predicting creative problem-solving in math from a dynamic system model of creative problem solving ability. *Creativity Research Journal*, 23(3), 255–261. <https://doi.org/10.1080/10400419.2011.595986>
- Lu, S.-Y., Lo, C.-C., & Syu, J.-Y. (2022a). Project-based learning oriented STEAM: The case of micro-bit paper-cutting lamp. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(5), 2553–2575. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09714-1>
- Lu, S.-Y., Lo, C.-C., & Syu, J.-Y. (2022b). Project-based learning oriented STEAM: the case of micro-bit paper-cutting lamp. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(5), 2553–2575. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09714-1>
- Lu, S.-Y., Wu, C.-L., & Huang, Y.-M. (2022). Evaluation of Disabled STEAM-Students' Education Learning Outcomes and

- Creativity under the UN Sustainable Development Goal: Project-Based Learning Oriented STEAM Curriculum with Micro:bit. *Sustainability (Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/su14020679>
- Makewa, L. N. (2019). Constructivism theory in technology-based learning. In *Technology-supported teaching and research methods for educators* (pp. 268–287). IGI Global.
- Marshall, J. (2014). Transdisciplinarity and Art Integration: Toward a New Understanding of Art-Based Learning across the Curriculum. *Studies in Art Education*, 55(2), 104–127. <https://doi.org/10.1080/00393541.2014.11518922>
- Massachusetts Department of Education. (2001). *Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework*. Massachusetts Department of Education.
- Mierdel, J., & Bogner, F. X. (2020). Simply InGEN(E)ious! How Creative DNA Modeling Can Enrich Classic Hands-On Experimentation. *JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIOLOGY EDUCATION*, 21(2). <https://doi.org/10.1128/jmbe.v21i2.1923>
- Mintzberg, H. (2000). *The rise and fall of strategic planning*. Pearson Education.
- Nizam. (2004). Pengembangan Kurikulum Pendidikan Tinggi dan Dinamika Perubahan Sosial Ekonomi. *Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional*.
- Norman, D. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic books.
- Ordóñez Camacho, X., & Romero Martínez, S. (2022). MEASUREMENT PROPERTIES OF ATTITUDES TOWARDS CREATIVE PERSONS QUESTIONNAIRE: A RELIABLE TOOL FOR UNDERSTANDING ATTITUDES TOWARDS CREATIVE PERSONS. *Creativity Studies*, 15(2), 435–450. <https://doi.org/10.3846/cs.2022.13917>

- ÖZKAN, G., & UMDU TOPSAKAL, Ü. (2020). A STEAM activity that can be used in science education. *Ulakbilge Dergisi*, 8(45).
- Ozkan, G., & Umdu Topsakal, U. (2021). Exploring the effectiveness of STEAM design processes on middle school students' creativity. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(1), 95–116. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09547-z>
- Park, J. H., Niu, W., Cheng, L., & Allen, H. (2021). Fostering Creativity and Critical Thinking in College: A Cross-Cultural Investigation. *FRONTIERS IN PSYCHOLOGY*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.760351>
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Perpres No 8 tahun 2012 tentang KKNi pasal 1. (2012). *Perpres 8 2012 KKNi*.
- Piaget, J. (1967). *Biology and knowledge*. Edinburgh University Press.
- Piaget, J., & Cook, M. (1952). *The origins of intelligence in children* (Vol. 8, Issue 5). International Universities Press New York.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Priniski, S. J., Hecht, C. A., & Harackiewicz, J. M. (2018). Making Learning Personally Meaningful: A New Framework for Relevance Research. *The Journal of Experimental Education*, 86(1), 11–29. <https://doi.org/10.1080/00220973.2017.1380589>
- Puccio, G. J. (2017). From the dawn of humanity to the 21st century: Creativity as an enduring survival skill. *The Journal of Creative Behavior*, 51(4), 330–334. <https://doi.org/10.1002/jocb.203>

- Quigley, C. F., Herro, D., & Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School Science and Mathematics*, 117(1–2), 1–12. <https://doi.org/10.1111/ssm.12201>
- Rahmawati, Y., Ridwan, A., & Hadinugrahaningsih, T. (2019). Developing critical and creative thinking skills through STEAM integration in chemistry learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1156(1), 012033.
- Rahmawati, Y., Taylor, E., Taylor, P. C., & Mardiah, A. (2023). Environmental sustainability in education: Integration of dilemma stories into a STEAM project in chemistry learning. *AIP Conference Proceedings*, 2540(1), 040003.
- Rahmawati, Y., Taylor, E., Taylor, P. C., Ridwan, A., & Mardiah, A. (2022). Students' Engagement in Education as Sustainability: Implementing an Ethical Dilemma-STEAM Teaching Model in Chemistry Learning. *Sustainability*, 14(6), 3554. <https://doi.org/10.3390/su14063554>
- Reilly, E. A. (2000). Dethroning the tyranny of extroverts: Collaborative learning in the traditional classroom format. *J. LeGal Educ.*, 50, 593.
- Rhodes, M. (1961). An Analysis of Creativity. *The Phi Delta Kappan*, 42(7), 305–310. JSTOR.
- Roche, J., Bell, L., Martin, I., Mc Loone, F., Mathieson, A., & Sommer, F. (2021). Science Communication Through STEAM: Professional Development and Flipped Classrooms in the Digital Age. *Science Communication*, 43(6), 805–813. <https://doi.org/10.1177/10755470211038506>
- Rogoff, B. (1996). Models of Teaching and Learning: Participation in a Community of Learners. *Oxford, UK: Blackwell*. <https://doi.org/10.1111/b.9780631211860.1998.00019.x>
- Ruiz Vicente, F., Zapatera Llinares, A., & Montés Sánchez, N. (2020). “Sustainable City”: A steam project using robotics to bring the

- city of the future to primary education students. *Sustainability*, 12(22), 9696. <https://doi.org/10.3390/su12229696>
- Salman, Y., & Broten, N. (2017). *An analysis of John P. Kotter's leading change*. Macat Library.
- Salmi, H. S., Thuneberg, H., & Bogner, F. X. (2020). Is there deep learning on Mars? STEAM education in an inquiry-based out-of-school setting. *Interactive Learning Environments*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1823856>
- Salmi, H., Thuneberg, H., Bogner, F. X., & Fenyvesi, K. (2021). Individual Creativity and Career Choices of Pre-teens in the Context of a Math-Art Learning Event. *Open Education Studies*, 3(1), 147–156. <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0147>
- Schön, D. A. (2017). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Routledge.
- Schunk, D. H. (2012). *Learning theories: An educational perspective* (6th ed). Pearson.
- Seron Torrecilla, F. J., & Murillo Ligorred, V. (2020). CONTEMPORARY ART AND STEAM IN THE TRAINING OF PRIMARY EDUCATION TEACHERS: ART AND SCIENCE INTERSECTIONS. *AUSART*, 8(1), 65–76. <https://doi.org/10.1387/ausart.21462>
- Shernoff, D. J. (2013). *Optimal Learning Environments to Promote Student Engagement*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7089-2>
- Singh, M. (2021). Acquisition of 21st century skills through STEAM education. *Academia Letters*, 2, 712.
- Sousa, D. A., & Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts*. Corwin Press.
- Southworth, J. (n.d.). Bridging critical thinking and transformative learning: The role of perspective-taking. *Theory and Research in Education*, 20(1), 44–63. <https://doi.org/10.1177/14778785221090853>

- Stenard, B. S. (2021). Interdisciplinary Skills for STEAM Entrepreneurship Education. *Entrepreneurship Education and Pedagogy*, 251512742110292.  
<https://doi.org/10.1177/25151274211029204>
- Suhardi, R. M., & Utama, G. Y. (2022). The Effect of Implementing STEAM and 4Dframe Learning in Developing Students' Computational Thinking Skills. *Southeast Asian Mathematics Education Journal*, 12(1), 51–64.  
<https://doi.org/10.46517/seamej.v12i1.138>
- Talib, C. A., Mohd Rafi, I. B., Rajan, S. T., Abd Hakim, N. W., Ali, M., & Thoe, N. K. (2019). STEAM TEACHING STRATEGIES IN RELATED SUBJECT. *Education, Sustainability And Society*, 2(4), 14–18. <https://doi.org/10.26480/ess.04.2019.14.18>
- Taylor, I. A. (1971). A Transactional Approach to Creativity and its Implications for Education\*. *The Journal of Creative Behavior*, 5(3), 190–198. <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.1971.tb00890.x>
- Taylor, P. C. (2016). *Why is a STEAM curriculum perspective crucial to the 21st century?*
- Taylor, P. C., & Taylor, E. (2019). Transformative STEAM education for sustainable development. In *Empowering science and mathematics for global competitiveness* (pp. 125–131). CRC Press.
- Thuneberg, H. M., Salmi, H. S., & Bogner, F. X. (2018). How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module. *Thinking Skills and Creativity*, 29, 153–160.  
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.07.003>
- Tkachenko, T., Yeremenko, O., Kozyr, A., Mishchanchuk, V., & Liming, W. (2022). Integration Aspect of Training Teachers of Art Disciplines in Pedagogical Universities. *Journal of Higher*

- Education Theory and Practice*, 22(6), 138–147.  
<https://doi.org/10.33423/jhetp.v22i6.5236>
- Torrance, E. P. (1969). *Creativity. 'What Research Says to the Teacher, Series No.28*. Washington DC: National Education Association.
- Tran, N.-H., Huang, C.-F., Hsiao, K.-H., Lin, K.-L., & Hung, J.-F. (2021a). Investigation on the Influences of STEAM-Based Curriculum on Scientific Creativity of Elementary School Students. *Frontiers in Education*, 6, 694516.  
<https://doi.org/10.3389/educ.2021.694516>
- Tran, N.-H., Huang, C.-F., Hsiao, K.-H., Lin, K.-L., & Hung, J.-F. (2021b). Investigation on the Influences of STEAM-Based Curriculum on Scientific Creativity of Elementary School Students. *Frontiers in Education*, 6.  
<https://doi.org/10.3389/educ.2021.694516>
- Tran, N.-H., Huang, C.-F., & Hung, J.-F. (2021). Exploring the Effectiveness of STEAM-Based Courses on Junior High School Students' Scientific Creativity. *Frontiers in Education*, 6.  
<https://doi.org/10.3389/educ.2021.666792>
- Turuk, M. C. (2008). The relevance and implications of Vygotsky's sociocultural theory in the second language classroom. *Arecls*, 5(1), 244–262.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2016). *Product design and development*. McGraw-hill.
- Vargas-Hernández, J. G., & Vargas-González, O. C. (2022). Strategies for meaningful learning in higher education. *JISTECH: Journal of Information Science and Technology*, 2(1), 47–64.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1999). *The collected works of L. S. Vygotsky. 6: Scientific legacy*. Plenum Press.
- Wannapiroon, N., & Petsangsri, S. (2020). Effects of Steamification Model in Flipped Classroom Learning Environment on

- Creative Thinking and Creative Innovation. *TEM Journal*, 9(4), 1647–1655. <https://doi.org/10.18421/TEM94-42>
- Wannapiroon, N., & Pimdee, P. (2022). Thai undergraduate science, technology, engineering, arts, and math (STEAM) creative thinking and innovation skill development: A conceptual model using a digital virtual classroom learning environment. *EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES*, 27(4), 5689–5716. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10849-w>
- Wilson, H. E., Song, H., Johnson, J., Presley, L., & Olson, K. (2021). Effects of transdisciplinary STEAM lessons on student critical and creative thinking. *The Journal of Educational Research*, 114(5), 445–457. <https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1975090>
- Wood-Kofonow, K. F. (2015). *The significance of joy in the learning process*. California Institute of Integral Studies. <https://search.proquest.com/openview/b28a314b52e88973936cd9d04642e070/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>
- Yliverronen, V., Rönkkö, M.-L., & Kangas, K. (2021). Learning everyday technologies through playful experimenting and cooperative making in pre-primary education. *FormAkademisk - Forskningstidsskrift for Design Og Designdidaktikk*, 14(2). <https://doi.org/10.7577/formakademisk.4198>
- Yungkeun, P. (2022). Analysis of Teachers' Questions in the STEAM Class for Students with Intellectual Disabilities. *Journal of Curriculum and Teaching*, 11(5), 205. <https://doi.org/10.5430/jct.v11n5p205>
- Zhou, C. (Ed.). (2017). *Handbook of Research on Creative Problem-Solving Skill Development in Higher Education*: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0643-0>
- Zubizarreta, J. (2009). *The learning portfolio: Reflective practice for improving student learning*. John Wiley & Sons.

Zygouris-Coe, V. (2012). Collaborative learning in an online teacher education course: Lessons learned. *ICICTE Proceedings*, 332–342.



## BIOGRAFI PENULIS



**Berti Yolida, S.Pd., M.Pd.** Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program studi Pendidikan Biologi Universitas Lampung (Unila) tahun 2005, Pendidikan S2 Pendidikan IPA di Sekolah Pasca Sarjana Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) Bandung tahun 2010, dan sedang menempuh studi S3 pada Program Studi Doktor Pendidikan di Universitas Lampung. Sebagai dosen di Pendidikan Biologi Universitas Lampung, fokus kajiannya pada Strategi Pembelajaran Biologi, STEM/STEAM, kearifan lokal dan etnosains, dan Media Pembelajaran Biologi.



**Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.** Menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Lampung (Unila) tahun 1992, S2 bidang Fisika di Institut Teknologi Bandung (ITB) Tahun 1997, dan S3 Pendidikan IPA di Sekolah Pasca Sarjana Universitas pendidikan Indonesia (UPI) Bandung tahun 2010. Beliau adalah profesor pada Program Pascasarjana Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung, Indonesia. Bidang penelitiannya adalah pendidikan STEM dan penerapannya. Selama 15 tahun, beliau menjadi konsultan ahli dalam *Science Education Quality Improvement Project* (SEQIP) dan *Disaster Awareness in Primary School Project* (DAPSP) di Indonesia. Beliau juga telah mempublikasikan artikel di berbagai jurnal internasional bereputasi.



**Dr. Dina Maulina, M.Si.** Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Pendidikan Biologi di Universitas Lampung (Unila) tahun 2008, S2 bidang Biologi di Institut Teknologi Bandung (ITB) tahun 2013, dan S3 Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Malang (UM) tahun 2019. Beliau adalah dosen di Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Lampung. Fokus penelitiannya meliputi Desain Pembelajaran Biologi, Literasi Sains, Pendidikan, dan Model-model Pembelajaran.