

Konstruksi model pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dengan pendekatan *design thinking* pada materi energi terbarukan

Devie Febriansari^{1)*}, Sarwanto²⁾, Sri Yaminah³⁾

^{1,2,3}Pascasarjana Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Sebelas Maret, Jl Ir.Sutami No. 36A, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

febriansaridevie28@student.uns.ac.id*; sarwanto@fkip.uns.ac.id; jengtina@staff.uns.ac.id

*Penulis Koresponden

ABSTRAK

Revolusi industri 4.0 mengakselerasi kebutuhan sumber daya dengan keterampilan kontekstual yang relevan dengan kemajuan teknologi. Energi terbarukan menjadi salah satu isu global yang perlu ditindak lanjuti menjadi salah satu konsep dalam pendidikan. Konsep pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dipandang sebagai inovasi pembelajaran yang mengakomodir keterampilan yang dibutuhkan pada era revolusi industri 4.0. Selain itu, melalui pendekatan *design thinking*, peserta didik difasilitasi untuk mewujudkan kreatifitas atau gagasan dalam menyelesaikan permasalahan sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk merekonstruksi model pembelajaran STEAM dengan kombinasi pendekatan *design thinking* pada materi pembelajaran energi terbarukan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan sumber data dari literatur. Alat analisis yang digunakan adalah analisis data model interaktif Miles and Huberman. Ekspektasi dari penelitian ini adalah terformulasikannya kerangka kerja kombinasi antara model pembelajaran STEAM dan *design thinking* yang dapat diterapkan pada pembelajaran materi energi terbarukan.

Kata Kunci: *Design Thinking*; Energi Terbarukan; STEAM

ABSTRACT

Industrial revolution 4.0 accelerates the need for resources with contextual skills relevant to technological advances. Renewable energy is one of the global issues that need to be followed up into one of the concerns in education. The STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) learning concept is seen as a learning innovation that accommodates the skills needed in the era of the industrial revolution 4.0. In addition, through the design thinking approach, students are facilitated to realize creativity or ideas in solving surrounding problems. This study aims to reconstruct the STEAM learning model with a combination of design thinking approaches to renewable energy learning materials. This research uses a descriptive qualitative approach to data sources from the literature. The analysis tool used is Miles and Huberman interactive model data analysis. The purpose of this research is to formulate a combined framework of the STEAM learning model and design thinking that can be applied to renewable energy learning materials.

Keywords: *Design Thinking*; Renewable Energy; STEAM

diunggah: 2022/9/01, direvisi: 2022/9/30, diterima: 2022/11/17, dipublikasi: 2022/11/21

Copyright (c) 2022 Febriansari et al

This is an open access article under the CC-BY license



Cara Sitasi: Febriansari, D., Sarwanto, S., & Yaminah, S. (2022). Konstruksi Model Pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) dengan Pendekatan Design Thinking pada Materi Energi Terbarukan. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 8(2). 186-200. <https://doi.org/10.22219/jinop.v8i2.22456>

PENDAHULUAN

Kemunculan konsep pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) menjadi salah satu alternatif inovasi pembelajaran yang melibatkan seluruh aspek yang dibutuhkan untuk keterampilan abad 21. Fokus baru dalam dunia pendidikan yaitu membutuhkan penerapan aspek-aspek tersebut dalam kegiatan pembelajaran. Hal ini akan memungkinkan siswa untuk terhubung dengan STEAM dalam praktik belajarnya (Hawari & Noor, 2020; Hlukhaniuk et al., 2020). STEAM merupakan pembelajaran interdisipliner yang menggabungkan seni dan desain ke dalam STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) yang bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik (Chung et al., 2020). Adaptasi pembelajaran STEAM dinilai penting dilakukan bagi calon pendidik untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia Indonesia agar mampu bersaing di kancah dunia, terutama terkait kemampuan dan keterampilan untuk menghasilkan produk berbasis iptek (Ahmad et al., 2021; Ishartono et al., 2021).

Pendidik menghadapi sebuah tantangan untuk menciptakan sebuah inovasi pembelajaran yang menarik dan interaktif. Ketertarikan peserta didik dapat dinilai dari minat dan motivasi belajar selama mengikuti pembelajaran. Penelitian empiris telah menunjukkan bahwa pembelajaran di bidang seni dapat meningkatkan kreativitas peserta didik, pemikiran kritis, inovasi, kolaborasi, dan keterampilan komunikasi antar pribadi. Pembelajaran seni juga dapat meningkatkan keterampilan kognitif seperti penalaran spasial, pemikiran abstrak, pemikiran divergen, kreativitas diri, keterbukaan terhadap pengalaman, dan rasa ingin tahu (Swaminathan & Schellenberg, 2015). Berbagai kajian bahkan telah menghubungkan penerima Nobel dengan upaya artistik seperti fotografi, musik, seni pertunjukan, seni visual, kerajinan seperti pertukangan kayu, dan penulisan kreatif (Root-Bernstein, 2015).

Hasil dan manfaat yang diakui dari pembelajaran seni tersebut menjadi inspirasi untuk konsep STEAM, yang diperkenalkan di Amerika Serikat pada tahun 2007 (Daugherty, 2013). Konsep tersebut diperkenalkan untuk membantu mengimbangi peningkatan fokus pada pembelajaran STEM dan penurunan pembelajaran seni di AS selama dekade terakhir (Martin et al., 2013). Pendidik non-seni telah berjuang dengan berbagai strategi untuk memperkenalkan seni untuk tujuan meningkatkan kreativitas peserta didik dan pemikiran inovatif dalam kurikulum STEM (Rabkin & Hedberg, 2011).

Terlepas dari munculnya STEAM sebagai pendekatan pedagogis yang populer untuk meningkatkan kreativitas peserta didik, keterampilan memecahkan masalah, dan minat pada bidang STEM, definisi dan tujuan STEAM masih beragam (Perignat & Katz-Buonincontro, 2018). Konsep STEAM dijelaskan dengan berbagai cara, setidaknya dengan empat jenis integrasi disiplin: transdisipliner, interdisipliner, multi-disiplin, dan lintas disiplin (Marshall, 2014). STEAM sebagai transdisipliner mencakup penggabungan berbagai disiplin ilmu tersebut secara penuh dan pembelajarannya berakar pada masalah autentik atau inkuiri (Quigley et al., 2017). STEAM sebagai interdisipliner menggabungkan beberapa disiplin ilmu di bawah tema umum, tetapi setiap disiplin ilmu tetap terpisah (Thuneberg, et al., 2017). STEAM sebagai multidisipliner mencakup kolaborasi di antara dua atau lebih disiplin ilmu tetapi tidak digabungkan (Payton et al., 2017). Terakhir, STEAM lintas-disiplin berfokus pada pengamatan satu

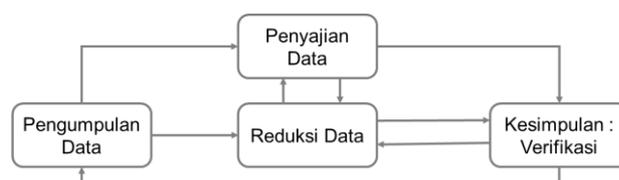
disiplin ilmu melalui perspektif ilmu yang lain, misalnya: fisika musik (Gates, 2017).

British Educational Research Association on STEAM Education menemukan ketidak konsistenan dan kurangnya kejelasan konseptual dalam hal istilah, pedagogik, dan penelitian STEAM (Colucci-Gray et al., 2017). Titik utama kesimpang siuran adalah tentang definisi “arts” dalam akronim STEAM. Beberapa pakar menganggap “arts” untuk mewakili “Art Education” (“art” kata tunggal) yang spesifik untuk seni visual (melukis, menggambar, fotografi, seni patung, seni media, dan desain), sementara pakar yang lain merujuk pada “Arts Education” (“arts” kata jamak) yang mengacu pada berbagai seni termasuk visual, pertunjukan (tari, musik, teater), media digital, estetika, dan kerajinan; sementara pakar yang lainnya memperluas definisi dengan memasukkan seni liberal dan disiplin ilmu humaniora (Quigley et al., 2017). Terakhir, beberapa pakar menggunakan istilah “arts” sebagai sinonim untuk pembelajaran berbasis proyek, pembelajaran berbasis teknologi, atau pembelajaran berbasis desain. Kesimpangsiuran seputar konsep dan istilah pembelajaran STEAM semakin diperparah dalam praktiknya. Secara umum, pendidik non-seni di Amerika Serikat yang mengakui manfaat dari pembelajaran berbasis seni, namun mereka kesulitan untuk menemukan strategi yang efektif untuk mengintegrasikan seni ke dalam kurikulum mereka.

Metode pembelajaran STEAM menjadi sangat populer saat ini dikarenakan kemampuannya dalam memfasilitasi peserta didik untuk memahami pelajaran dan memecahkan masalah secara kritis (Febriansari et al., 2021; Shatunova et al., 2019). Selain itu, peserta didik akan menjadi mampu untuk menganalisa data dan berinovasi dalam memecahkan masalah yang ada. Metode STEAM dipercaya mampu meningkatkan motivasi peserta didik agar berpartisipasi secara aktif dalam proses belajar mengajar yang efektif di kelas (Henriksen, 2017; Long & Davis, 2017). Di dalam pembelajaran dengan metode STEAM, guru menyampaikan pelajaran melalui eksperimen untuk menumbuhkan kemampuan peserta didik dalam berpikir secara logis, matematis, praktis, dan ilmiah untuk memahami pelajaran. Metode STEAM digunakan dalam pelajaran karena motivasi belajar peserta didik dapat ditingkatkan dengan cara membuat rasa penasaran tentang hubungan antara pelajaran yang peserta didik dapatkan di sekolah dengan kondisi nyata di kehidupan sehari-hari (Bybee, 2010). Sehingga, perlunya inovasi penggunaan media pembelajaran berupa *Science Kit* yang memfasilitas model pembelajaran STEAM sebagai sarana kegiatan belajar mengajar. Walaupun metode pembelajaran STEAM sangat populer saat ini, metode STEAM masih tergolong baru di Indonesia dan tidak banyak sekolah-sekolah yang mengadopsi model pembelajaran STEAM.

METODE

Dalam upaya mengkaji permasalahan, penulis menggunakan model analisis data mengacu pada pendekatan analisis deskriptif yang dikembangkan oleh Miles and Huberman. Analisis deskriptif terdiri dari tiga komponen utama analisis yang dilaksanakan secara simultan sejak atau bersamaan dengan proses pengumpulan data (Moleong, 2018). Komponen-komponen tersebut adalah reduksi data, penyajian data, dan kesimpulan seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Analisis Data Model Interaktif

Analisis deskriptif memiliki beberapa tahapan mulai dari pengumpulan data hingga penegasan kesimpulan atau verifikasi argumentasi (hasil analisis). Pengumpulan data sekunder dilakukan melalui instrumen yang telah dijelaskan sebelumnya. Selanjutnya data diuraikan (reduksi) untuk menemukan pengaruh atau hubungan antar variabel. Penyajian data dilakukan seiring dengan penguraian data untuk mempermudah analisis. Sehingga berikutnya dari hasil penyajian data dan penguraian diperoleh kesimpulan analisis. Langkah terakhir adalah menghubungkannya dengan teori atau verifikasi atas temuan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya.

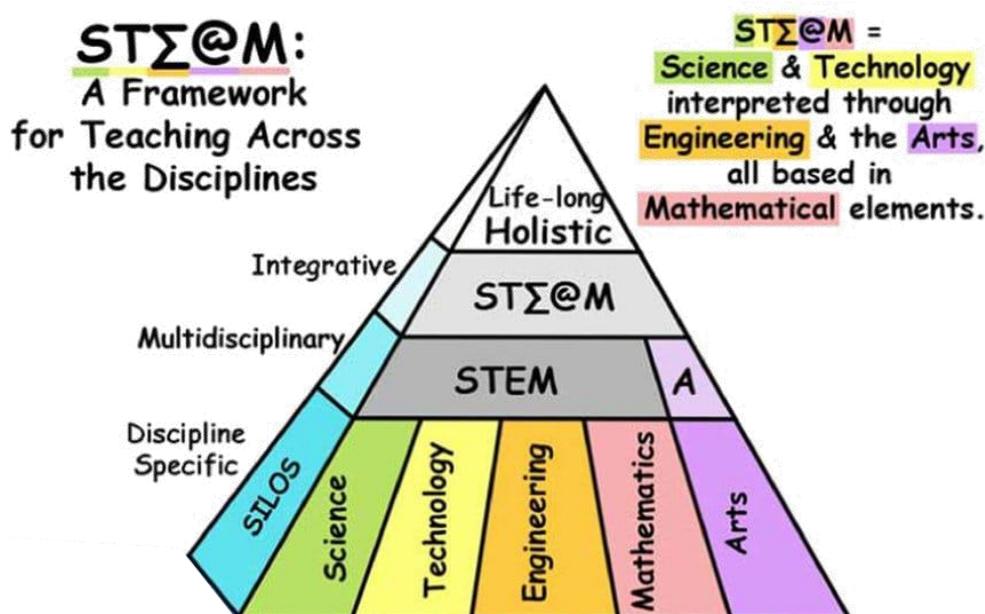
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum adanya model pembelajaran berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*), terdapat model pembelajaran berbasis STEM yang merupakan inovasi pembelajaran yang berfokus pada ilmu (*science*), teknologi (*technology*), rekayasa (*engineering*), dan matematika (*mathematics*). Model ini merupakan sebuah terobosan pada di Amerika untuk mendorong inovasi karena ilmu dan teknologi merupakan kunci utama kemajuan pada saat itu. Belakangan, kata *art* (seni) ditambahkan menjadi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) oleh Georgette Yakman di *Rhode Island School of Design* karena menurutnya, ilmu dan teknologi dapat dimaknai dengan teknik dan seni dan semua itu mengandung unsur matematika. Lebih jauh, pembelajaran berbasis STEAM kemudian dimaknai dengan pendekatan pembelajaran yang membantu terwujudnya *experiential learning* dan kemampuan menyelesaikan masalah yang dilandasi pada anggapan bahwa *science*, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika adalah saling berhubungan. Hal ini juga senada dengan Maeda (2013) yang menambahkan *art* pada STEM menjadi STEAM karena percaya bahwa pada abad 21, desain dan seni lah yang akan mengubah perekonomian sebagaimana ilmu dan teknologi telah memerankannya pada abad-abad sebelumnya. Oleh karena itu, pendekatan STEAM merupakan kesempatan besar untuk menyiapkan generasi yang siap dengan kondisi tersebut.

Mengacu pada Kamienski dan Radziwill (2018), STEAM dapat dilakukan dengan: (1) mengidentifikasi aktifitas utama; (2) mengidentifikasi sub-aktifitas; (3) mendefinisikan keuntungan khusus yang bisa diraih; (4) memilih matrik/mengembangkan pengambilan data; (5) mengeksplor aspek-aspek sosial yang terlibat; (6) mengeksplor kemanfaatan perseorangan. Menurut Uswah (2019), komponen STEAM dirinci dengan lebih operasional, terdiri dari: (1) pemecahan masalah melalui inovasi dan desain; (2) keterkaitan antara asesmen, rencana belajar dan standar pembelajaran; (3) kombinasi lebih dari satu subjek dalam STEAM dan kegunaannya dalam seni; (4) lingkungan pembelajaran yang kolaboratif dan *process based learning*; dan (5) fokus pada hal – hal yang terjadi di kehidupan (Kamienski & Radziwill, 2018).

Thibaut et al., (2018) menyimpulkan bahwa kerangka kerja (*framework*) STEAM terdiri dari 5 hal, yaitu: (1) pengintegrasian konten STEAM; (2)

pembelajaran berbasis masalah; (3) pembelajaran berbasis *inquiry*; (4) pembelajaran berbasis desain; dan (5) pembelajaran kooperatif seperti pada Gambar 2. Dalam pembelajaran STEAM, tidak dikenal isolasi mata pelajaran. Ilmu dan teknologi dapat dimaknai melalui seni dan rekayasa, dan termasuk juga matematika. Masing-masing bidang ilmu saling menjelaskan satu dan yang lainnya (Thibaut et al., 2018). Sebuah permasalahan pembelajaran dipandang secara komprehensif lintas mata pelajaran dalam kurikulum (Long & Davis, 2017). Perlu diingat juga oleh pada pendidik, pendekatan STEAM pada dasarnya merupakan pembelajaran berbasis penyelidikan (*inquiry based*) sehingga *assessment* tetap harus fokus pada ketercapaian ilmu atau keterampilan. Untuk mengetahui ketercapaian pengintegrasian *art* pada STEM maka dimanakah dan sejauh manakah kebermaknaan proyek yang dikerjakan hendaknya menjadi yang utama (Radziwill et al., 2015).



Gambar 2. Framework Pembelajaran Multidisiplin

Semangat yang dibawa pada pendekatan STEAM tersebut sejalan dengan pengimplementasian pembelajaran tematik di sekolah dasar (Wijayanti et al., 2015). Pembelajaran tematik dimulai saat pengimplementasian Kurikulum 2013 khususnya bagi siswa kelas 1, 2, dan 3 Sekolah Dasar. Pembelajaran tematik merupakan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, mengintegrasikan beberapa mata pelajaran, memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik, bersifat fleksibel, dan memberi kesempatan peserta didik berkembang sesuai dengan bakat minatnya (Sungkono, 2006). Dengan demikian, diharapkan pembelajaran dapat lebih menstimulus kemampuan mahasiswa untuk menghadapi tantangan abad 21 yang menuntut dimilikinya kompetensi 4C: *creative, critical thinking, communicative, dan collaboration* (Bruri, 2017; Syarif, 2020). Dari uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis STEAM sejalan dengan pembelajaran tematik yang dilaksanakan khususnya di SD (Sekolah Dasar) setelah diberlakukannya Kurikulum 2013 (Menteri Pendidikan dan Kebudayaan, 2013). Dalam pembelajaran tematik, pembelajaran tidak didasarkan pada mata pelajaran,

melainkan dengan diberikan satu tema yang kemudian ditinjau dari dari sejumlah mata pelajaran. Dengan demikian, pembelajaran berbasis STEAM diharapkan lebih memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna kepada peserta didik. Hal ini sejalan dengan ruh pembelajaran berbasis STEAM. Oleh karena itu, kemampuan dan kesanggupan guru di tingkat Sekolah Dasar untuk mengintegrasikan STEAM ke dalam pembelajarannya diharapkan dapat lebih mengoptimalkan pengalaman belajar peserta didik.

Tahapan *Design Thinking* dalam Menyusun Proyek STEAM

Design thinking merupakan proses berpikir untuk memecahkan masalah kompleks dengan solusi sederhana. *Design thinking* adalah tahapan berpikir yang melibatkan akal (*Head*), perasaan (*Heart*), dan keterampilan (*Hand*) sehingga hasil pikirannya merupakan perpaduan antara logika, imajinasi, intuisi, dan seni. *Design thinking* adalah pendekatan pola pikir baru yang bertujuan untuk melatih kreativitas seseorang dalam memecahkan masalah kontekstual dan berorientasi pada kebutuhan pengguna dengan tahapan tertentu (Melles et al., 2015; Sajidan et al., 2020). Singkatnya, *design thinking* adalah metodologi pola pikir untuk merancang produk inovatif yang tidak hanya efektif dari segi fungsi tetapi juga mengutamakan estetika.

Tahapan proses berpikir dalam *design thinking* menurut Plattner (2018), terdapat 5 tahapan dalam design thinking yang harus dilalui seseorang/kelompok untuk bisa menghasilkan sebuah produk inovatif yang telah disesuaikan dengan kebutuhan para pengguna. Tentunya, semua tahapan dalam *design thinking* harus dilalui secara bertahap, sistematis dan menyeluruh. Kelima tahapan tersebut adalah: (1) *empathy*, (2) *define*, (3) *ideate*, (4) *prototype*, dan (5) *test* (Plattner, 2018). Pengaplikasian tahapan *design thinking* dalam menyusun proyek STEAM, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tahapan *Design Thinking* dalam Menyusun Proyek STEAM Berbasis Mata Pelajaran IPA di Sekolah Dasar

No	Tahapan	Deskripsi Kegiatan
1.	<i>Empathy</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik untuk mengamati aktivitas sehari-hari. 2. Peserta didik dipandu guru mengamati kebutuhan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari. 3. Peserta didik melakukan wawancara kepada orang tua berapa biaya listrik dalam sebulan. 4. Peserta didik mencatat keluhan atau keinginan orang tua terkait masalah yang dihadapi dalam memenuhi kebutuhan energi listrik. 5. Peserta didik membuat peta empati dari permasalahan yang dihadapi.
2.	<i>Define</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peserta didik menyampaikan pokok permasalahan berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara. 2. Guru memandu peserta didik untuk menemukan penyebab permasalahan mengapa energi listrik menjadi langka atau mahal. 3. Guru menampung pendapat peserta didik terkait solusi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah
3.	<i>Ideate</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru dan peserta didik menentukan teknologi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah tersebut dengan menggunakan beberapa seri media pembelajaran yang relevan. 2. Guru mengaitkan antara teknologi yang dipilih dengan kompetensi dasar/ pokok bahasan yang sesuai, yaitu: <ul style="list-style-type: none"> • Perubahan Energi

No	Tahapan	Deskripsi Kegiatan
		<ul style="list-style-type: none"> • Energi terbarukan atau energi alternatif
		3. Guru dan peserta didik menginventarisasi sumber daya, alat dan bahan yang dibutuhkan
		4. Guru menunjukkan media pembelajaran serta memberikan panduan tentang cara mengoperasikan.
		5. Guru dan peserta didik menyusun langkah dan jadwal kegiatan
4.	Prototype	1. Peserta didik secara berkelompok merangkai media pembelajaran sesuai tahapan yang telah ditentukan.
		2. Guru memantau keaktifan peserta didik selama penyusunan media pembelajaran.
		3. Guru membimbing dan memberikan pendampingan kepada peserta didik untuk bisa menyelesaikan proyek sesuai dengan tahapan dan waktu yang telah ditentukan
		4. Peserta didik menyelesaikan proyek untuk diujicobakan
5.	Test	1. Guru dan peserta didik menguji keefektifan pengoperasian media pembelajaran.
		2. Guru memberikan masukan dan perbaikan selama proses uji coba.
		3. Peserta didik memperbaiki kekurangan proyek
		4. Guru membimbing peserta didik menyusun laporan

Tahap Empati merupakan langkah awal dari *design thinking*. Ambrose (2010), menyebut bahwa empati adalah ruh dari desain proses berpikir seseorang. Empati berarti kemauan dan kemampuan memahami perasaan orang lain mengapa dan bagaimana ia melakukan sesuatu. Lebih lanjut, Supriyadi, (2020) menyebut empati adalah cara memahami kebutuhan fisik, psikis, dan emosional seseorang dalam menjalani kehidupannya, sehingga dengan empati kita bisa menemukan sesuatu hal yang bermakna untuk mengubah kehidupannya (Supriyadi, 2020). Melalui empati kita dapat mengetahui secara detail permasalahan yang dihadapi orang lain, sehingga produk yang dihasilkan menjadi solusi efektif untuk meningkatkan kualitas hidup. Empati akan membongkar apa yang sebenarnya diperlukan orang lain dari sudut pandang mereka sendiri, bukan dari asumsi pribadi. Proses berpikir yang didasari rasa empati inilah yang akan menghasilkan produk tepat guna karena benar-benar sesuai dengan kebutuhan penggunaannya.

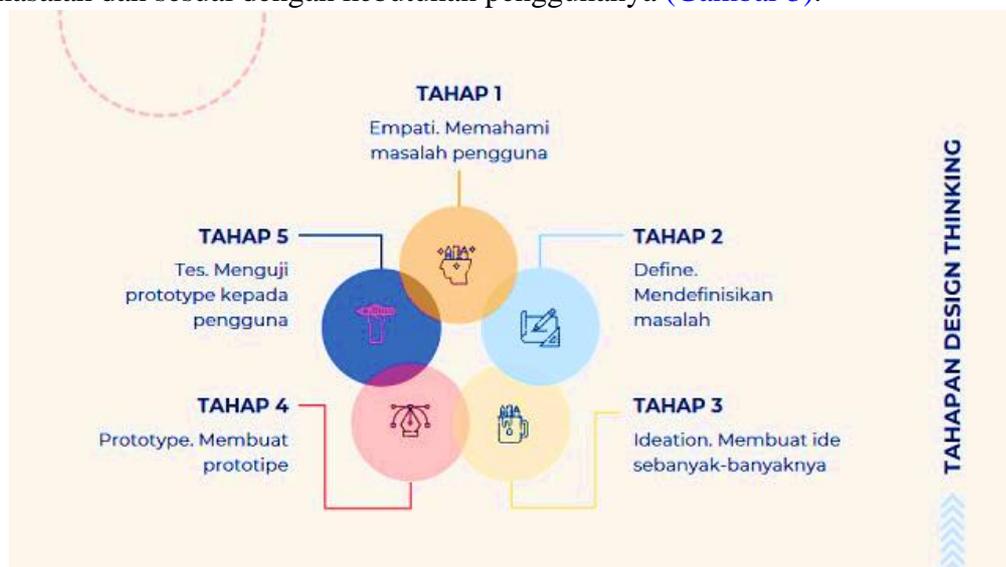
Tahap *define* adalah pembatasan masalah, yaitu proses menentukan masalah mana yang dianggap paling penting untuk segera ditindaklanjuti ke tahap selanjutnya. Tahap ini juga dimaknai sebagai fase untuk menentukan karakteristik kebutuhan. Selama fase *define*, perancang produk diminta untuk menginventarisasi hal-hal apa saja yang dibutuhkan oleh calon pengguna agar bisa terhindar dari kesulitan atau permasalahan yang dihadapi. Tahap *define* merupakan langkah penting dalam menentukan target pencapaian. Ketika sasaran sudah ditetapkan, maka kita tinggal fokus berpikir bagaimana cara untuk menuju sasaran tersebut. Razzouk (2012) menjelaskan tahap *define* adalah fase menemukan sudut pandang inti permasalahan (Razzouk & Shute, 2012). Tahap ini sebagai titik tumpu untuk menentukan fokus permasalahan sekaligus menganalisis kebutuhannya. Cara menentukan sudut pandang (*Point of View*) pada tahap *define* adalah menganalisis informasi hasil temuan pada tahap empati. Analisis bisa dibantu dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan esensial yang mengarah pada akar permasalahan.

Tahap *ideate* adalah fase perenungan untuk menemukan solusi. Fase ide dimaknai sebagai lahirnya gagasan kreatif yang bisa saja muncul dari proses imajinasi atau penyempurnaan dari gagasan yang telah ada sebelumnya. Tahapan pengumpulan ide kreatif umumnya diawali dengan mengaitkan antara logika dan kreativitas. Bagaimana cara memunculkan ide pada tahap *ideate*? Salah satunya

melalui *brainstroming*. *Brainstroming* adalah teknik untuk menampung berbagai masukan dari hasil pemikiran orang lain dalam memecahkan masalah. Setiap orang atau anggota diberi kesempatan yang sama untuk mencurahkan pendapat secara terbuka dan bebas dari intervensi orang lain. Ide yang muncul didiskusikan untuk mengetahui kelebihan atau kekurangannya. Gagasan yang disampaikan setidaknya memuat konsep dan prosedur yang sudah siap untuk dikembangkan menjadi sebuah *prototype*.

Tahap *prototype* ini merupakan fase memvisualisasikan ide menjadi bentuk nyata (realisasi). *Prototype* artinya bentuk awal yang menggambarkan desain, konsep, dan sistem kerja sebuah produk. *Prototype* dimaknai sebagai perwujudan nyata dari sebuah ide sebelum dibuat dalam skala yang sebenarnya atau diproduksi secara masal. Tahapan *prototype* dalam *design thinking* adalah kegiatan merancang, menyusun, dan membuat model sebuah produk yang sudah siap untuk diuji kelayakannya. Tahap ini memerlukan kerja keras karena harus mampu merealisasikan konsep dan prosedur yang telah dipersiapkan pada tahap sebelumnya agar bisa dilihat, diraba, dan diaplikasikan dalam bentuk sebenarnya. Selain itu, fase ini memerlukan kesabaran dan konsentrasi tingkat tinggi karena harus melalui proses *trial and error* secara berulang-ulang. Langkah-langkah yang ditempuh untuk menyelesaikan fase *prototype* diantaranya dengan pembagian tugas. Ada yang bertugas mengumpulkan alat dan bahan, membentuk bagian/komponen *prototype* sesuai dengan komposisi dan ukuran, merakit bahan sesuai desain (bentuk), merancang sistem kerja (prosedur penggunaan), hingga mencatat setiap perkembangan.

Tahap *Test* adalah uji kelayakan atau keterbacaan atau keberterimaan sebuah *prototype* produk yang nantinya akan dikembangkan menjadi produk final atau dibuat dalam jumlah yang besar. Uji kelayakan dan keefektifan bertujuan untuk mengetahui sejauh mana *prototype* yang telah dibuat tersebut mampu memecahkan masalah dan sesuai dengan kebutuhan penggunaanya (Gambar 3).



Gambar 3. Proses Design Thinking

Media Pembelajaran STEAM City

STEAM City merupakan media pembelajaran berupa seri permainan miniatur pengaplikasian *science, technology, engineering, arts, and mathematic* dalam sebuah miniatur kota yang dapat dibongkar pasang oleh peserta didik. Permainan *STEAM City* bertujuan untuk mengasah daya berpikir kritis, menyelesaikan

masalah, inovatif, logika, dan tentu saja poin paling penting adalah kreatifitas. Pembelajaran pada *STEAM City* pada mulanya akan mengaplikasikan sebagian materi gaya, gerak, dan yang paling utama adalah materi pelajaran energi. Materi gaya, gerak, dan energi merupakan materi yang berkesinambungan dimana dengan adanya gaya akan menimbulkan gerak dan gerak dapat dikonversi menjadi energi. Pada *STEAM City* mengaplikasi arduino sebagai kontroler berbasis IoT (*internet of things*). Pada paket seri lengkap permainan terdapat beberapa sensor seperti sensor cahaya, sensor gerak, dan sensor arus listrik. Sensor-sensor lain juga dapat dikombinasikan. Sensor inilah yang menjadi input atau masukan ke sistem arduino dan nantinya dapat diintervensi secara otomatis dan juga dapat dioperasikan melalui *smartphone*.

Pada seri permainan ini peserta didik akan dikenalkan dengan bahan-bahan yang terkandung dalam sebuah baterai, satuan-satuan dalam kelistrikan dan mekanisme perubahan dari energi kimia ke listrik kemudian ke gerakan dan cahaya. Dalam materi ini dapat dikembangkan pula materi rangkain seri dan paralel serta arus listrik dari berbagai sumber energi pada seri *wind turbine*, seri solar panel dan seri *Microhydro*. Tentu saja dalam setiap pengukuran akan dibantu dengan menggunakan sensor dan akan dapat ditampilkan melalui *smartphone*. Dalam pengoperasian seperti *on/off*, menggerakkan baling-baling, menyalakan lampu, menggerakkan *crane* dilakukan melalui *smartphone* atau menekan layar sentuh yang terdapat pada *empire state building*. Pengaplikasian *STEAM City* pada mata pelajaran IPA materi energi terbarukan dapat dideskripsikan sesuai pada [Tabel 2](#) berikut.

Tabel 2. Deskripsi Rancangan Produk STEAM Berbasis Mata Pelajaran IPA di Sekolah Dasar

No	Aspek	Deskripsi
1.	Nama Produk	STEAM City seri <i>wind turbine</i> , <i>solar panel</i> , <i>Microhydro</i> dan seri <i>Smart Home</i>
2.	Kelas / Semester	4 / Semester 1
3.	Basis Mata Pelajaran	IPA
4.	Keterkaitan konsep antar materi	Materi Gaya, Materi Perubahan Energi dan Materi Energi Alternatif
5.	Tujuan	Merangkai seri STEAM City sebagai miniatur penyelesaian masalah kelangkaan energi listrik
6.	Deskripsi Produk	Seri <i>wind turbine</i> dipergunakan untuk memperagakan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu atau Angin, Seri <i>solar panel</i> dipergunakan untuk memperagakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Seri <i>Microhydro</i> dipergunakan untuk memperagakan Pembangkit Listrik Tenaga Air dan seri <i>Smart Home</i> dipergunakan sebagai pusat kontrol serta miniatur rumah.
7.	Alat dan Bahan	STEAM City seri <i>wind turbine</i> , <i>solar panel</i> , <i>Microhydro</i> dan seri <i>Smart Home</i> , Gunting, Isolasi dan Lem
8.	Gambar / <i>design prototype</i> produk	

9. Cara pembuatan
 1. Persiapkan alat dan bahan
 2. Rangkai komponen masing-masing seri STEAM City sesuai dengan pedoman
 3. Lem atau rekatkan atau baut komponen sesuai dengan kebutuhan masing-masing seri
 4. Tata seri STEAM City sesuai dengan petunjuk
 5. Sambungkan perkabelan sesuai dengan label yang tertera
 6. Nyalakan *Smart Home* melalui tombol *on/off* disebelah kiri
 7. Lakukan perlakuan sesuai dengan intruksi pada buku panduan
-

Materi energi terbarukan (energi air dengan prinsip kerja PLTA) dapat diaplikasikan dengan membuat sebuah kincir air yang diatasnya sudah diaplikasikan sebuah selang untuk menuangkan air dari pompa air. Pada permainan ini peserta didik mencoba mengamati kekuatan air untuk menggerakkan kincir air. Peserta didik pengaruh gaya gravitasi serta debit air akan berpengaruh pada gaya gesekan air pada permukaan kincir, sehingga kincir bergerak. Peserta didik dapat mengamati besar kekuatan arus listrik yang dihasilkan oleh air. Perhitungan tersebut akan dibantu oleh sensor dan akan ditampilkan melalui layar pada seri *empire state building* atau juga dapat dipantau melalui *smartphone*.

Materi energi terbarukan (energi angin dengan prinsip PLTB) dapat pula diaplikasikan seperti prinsip pada PLTA namun kincir air diganti dengan menggunakan baling-baling, dan sumber angin berasal dari tiupan peserta didik. Peserta didik dapat meniup baling-baling secara pelan atau kuat untuk membuktikan bahwa kekuatan angin mampu menggerakkan baling-baling. Gerakan tersebut berasal dari gesekan angin pada permukaan bilah baling-baling yang menimbulkan gerak dari energi angin yang ditiupkan.

Materi energi cahaya atau yang bersumber dari energi alternatif matahari dapat dilakukan melalui pengaplikasian solar panel. Peserta didik akan melakukan praktikum dengan menempatkan seri permainan di bawah terik sinar matahari atau cukup dengan menyorot dengan senter. Peserta didik akan mengamati daya listrik yang dihasilkan melalui indikator yang ditampilkan pada layar *empire state building* atau melalui *smartphone*. Peserta didik dapat pula menambah rangkaian solar panel dan melihat perubahan energi yang dihasilkan, energi listrik yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk menyuplai energi pada baterai dan juga rangkaian permainan yang lain.

Materi perubahan energi, energi kimia, gaya listrik, dan gerak melingkar dapat diaplikasikan melalui skema baterai sebagai sumber energi kimia yang diubah menjadi energi listrik yang juga dapat berubah menjadi berbagai macam bentuk seperti gerakan dan cahaya.

STEAM City pada dasarnya merupakan permainan memadukan, merangkai dan mengkombinasikan berbagai macam seri menjadi sebuah kota sesuai dengan imajinasi peserta didik. Setiap seri nantinya dapat dirangkai dengan seri lainnya melalui alas yang berbentuk *puzzle*. Desain dari beberapa seri yaitu berbentuk rumah atau gedung dengan layar indikator dan lampu, berbentuk turbin angin, kincir air, *tower crane*, dan lainnya. Seri dasar yang wajib dimiliki adalah seri *smart home* sebagai *controller* berbasis arduino. Seri *smart home* berfungsi sebagai pusat mengolah sensor dan pusat pengendali perintah. Luaran produk *STEAM City* meliputi miniatur permainan, program *controller arduino*, aplikasi *smartphone* 'Blynk IOT' yang dapat diunduh melalui *playstore*, *website*, video dan buku

panduan. Kedepan *STEAM City* dapat dikembangkan menjadi media pembelajaran dalam memperkenalkan materi fisika yang lebih kompleks, programming, sistem kerja IoT dan Robotika. Contoh langkah-langkah praktis pembelajaran dengan mengaplikasikan *STEAM City* sesuai dengan model pembelajaran STEAM dan pendekatan *Design Thinking* tersaji pada [Tabel 3](#) berikut.

Tabel 3. Langkah-langkah Kegiatan Pembelajaran

Tahap Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran (Berpusat pada siswa)
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> Guru dan peserta didik menyanyikan lagu “Menghemat Listrik”, Pengembangan lirik lagu “Menanam Jagung” <i>“Ayo kawan, kita bersama Menghemat listrik di rumah kita Matikan lampu disiang hari Pakailah lampu hemat energi Buka, buka, buka jendela Cahaya masuk, udara segar Mati, mati, matikan listrik Matikan listrik jika selesai Jika selesai mengisi baterai lepaskan alat dari stop kontak Gunakan alat berdaya kecil Lepaskan kabel jika selesai Hemat, hemat, hematlah listrik Menghemat listrik hemat energi Hemat, hemat, hematlah listrik Menghemat listrik menghemat uang”</i> Guru melakukan kegiatan tanya jawab: <ul style="list-style-type: none"> • “Apakah kalian mematikan lampu ketika hari mulai terang?” • “Apakah rumah kalian sering terjadi pemadaman listrik?” • Guru menampung jawaban peserta didik • Guru dan peserta didik melakukan kegiatan brainstorming: • “Mengapa kita harus menghemat listrik?” • “Bagaimana cara membuat atau memproduksi listrik?” • Guru bercerita tentang tokoh penemuan listrik dan juga menunjukkan pembangkit listrik di Indonesia. • Guru menyampaikan tujuan pembelajaran • <i>“Kali ini kita akan belajar tentang energi. Kita akan mempelajari macam-macam energi alternatif dan bagaimana proses memproduksi listrik dari sumber energi terbarukan. Tujuan setelah kalian memahaminya, kalian akan lebih menghemat energi dan dapat mengaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.</i> • Guru menyampaikan agenda kegiatan yang akan dilakukan selama proses pembelajaran: • <i>“Selama kegiatan pembelajaran, kita akan belajar memecahkan masalah yang berkaitan dengan energi dalam kehidupan sehari-hari.</i>
Tahapan Project-Based Learning	
Mendesain perencanaan	<ol style="list-style-type: none"> Kelas dikondisikan menjadi kelompok kecil Guru mengajak peserta didik berkeliling sekolah untuk melihat alat-alat yang menggunakan energi listrik atau bisa diganti dengan penugasan rumah Guru membimbing peserta didik untuk melakukan wawancara kepada orang tua terkait penggunaan listrik dan biaya listrik bulanan Guru mengajak peserta didik kembali ke kelas/ sekolah Setiap kelompok menemukan akar permasalahan dengan cara menyusun daftar pertanyaan tentang:

- a. Mengapa permasalahan tersebut bisa terjadi?
 - b. Apa yang harus dilakukan agar masalah tersebut dapat terselesaikan?
 - c. Apa yang dibutuhkan oleh rumah atau kota untuk memecahkan masalah tersebut?
 - d. Bagaimana cara mewujudkannya?
- Setiap kelompok menentukan solusi yang bisa menjadi alternatif sumber energi terbarukan
- Menyusun Jadwal
1. Kelompok berdiskusi menyepakati jumlah pertemuan yang diperlukan dan target/ progress yang harus dicapai di setiap pertemuan
 2. Guru membimbing setiap kelompok menyusun jadwal proyek dari mulai perencanaan hingga penyempurnaan produk

Pertemuan	Kegiatan	Tgl	Realisasi	Kendala
1	Merencanakan produk			
2	Mendesain produk			
3	Menyiapkan alat dan bahan			
4	Membuat Produk			
5	Mempresentasikan Produk			
6	Menguji coba			
7	Memperbaiki Produk			
8	Merefleksi dan Mengevaluasi			

- Monitoring keaktifan dan perkembangan proyek
1. Setiap kelompok melaporkan perkembangan (progress report) ketercapaian proyek di setiap pertemuan
 2. Guru menanyakan perkembangan yang dicapai dan kendala yang dihadapi oleh setiap kelompok
 3. Guru membimbing dan memberikan bantuan jika ada kelompok yang belum bisa mencapai target
 4. Guru mencatat perkembangan proyek di setiap pertemuan
 5. Setiap kelompok memastikan *prototype* produk harus bisa diselesaikan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan

- Menguji hasil
1. Pada waktu yang telah ditentukan, setiap kelompok membawa *prototype* produk untuk dipresentasikan
 2. Presentasi kelompok meliputi:
 - a. Bahan dan alat yang dibutuhkan
 - b. Proses pembuatan produk
 - c. Pihak yang berperan dalam penyelesaian produk
 - d. Kelebihan yang dimiliki oleh produk yang telah dibuat
 3. Guru membimbing proses uji keefektifan *prototype* produk
 4. Setiap kelompok melakukan uji coba *prototype* produk sementara kelompok yang lain mengamati dan mencatat hasil yang diperoleh (kelebihan dan kekurangannya)
 5. Presentasi hasil pengamatan setiap kelompok

- Evaluasi pengalaman belajar
1. Guru memberikan masukan untuk perbaikan atau penyempurnaan *prototype*
 2. Setiap kelompok memperbaiki kelemahan atau kekurangan prototipe yang telah diujicobakan
 3. Kelompok mendesain *prototype* final hasil revisi

- Penutup
1. Guru dan peserta didik untuk merefleksikan pembelajaran
 2. Guru memberikan penguatan
 3. Guru menyampaikan tindak lanjut/ penugasan

SIMPULAN

Model pembelajaran *STEAM* sangat relevan dengan kebutuhan keterampilan abad 21 dan pendekatan *design thinking* memperkuat model pembelajaran yang lebih kontekstual dalam memberikan pemahaman secara praktis melalui penyelesaian permasalahan sehari-hari. Konstruksi model pembelajaran *STEAM* berbasis *Design Thinking* pada materi energi terbarukan memerlukan media pembelajaran yang mengakomodir setiap tahapan berpikir dalam penyelesaian sebuah masalah yaitu meliputi (1) *empathy*; (2) *define*; (3) *ideate*; (4) *prototyping*; (5) *test*. Melalui media pembelajaran *STEAM City* peserta didik diharapkan mampu memahami materi energi terbarukan secara aplikatif pada sebuah miniatur kota dengan cakupan materi yang berkesinambungan antara gaya, gerak, dan energi. Media pembelajaran *STEAM City* dapat terus dikembangkan sesuai dengan kreatifitas peserta didik dan pendidik. Pendidik bertugas sebagai fasilitator, promotor serta evaluator pada model pembelajaran menggunakan media pembelajaran *STEAM City*. Diharapkan konstruksi model pembelajaran *STEAM* (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dengan pendekatan *Design Thinking* dapat dikembangkan dan diterapkan guna membentuk keterampilan peserta didik sesuai dengan perkembangan zaman.

DAFTAR PUSTAKA

- 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>
- Bruri, M. T. (2017). Pendidikan vokasi yang berada di jalur berbeda dengan pendidikan jalur akademi . pada abad 18-19 melalui industri empat seperti yang tersebutkan di. *Tantangan Revolusi Industri Ke 4 (I4.0) Bagi Pendidikan Vokasi*, 4, 1–5.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.
- Chung, C. C., Huang, S. L., Cheng, Y. M., & Lou, S. J. (2020). Using an iSTEAM project-based learning model for technology senior high school students: Design, development, and evaluation. *Int J Technol Des Educ*. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09643-5>
- Colucci-Gray, L., Trowsdale, J., Cooke, C. F., Davies, R., Burnard, P., & Gray, D. S. (2017). Reviewing the potential and challenges of developing STEAM education through creative pedagogies for 21st learning: How can school curricula be broadened towards a more responsive, dynamic, and inclusive form of education. British Educational Research Association.
- Daugherty, M. K. (2013). The prospect of an "A" in STEM education. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 14(2), 10–15.
- Febriansari, D., Atmojo, I. R. W., Ardiansyah, R., & Januardy, S. (2021). NgaBatik: Application Interactive Games to Learn about Design Batik Ngawi Based Android through the Application of STEAM Learning Model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1842(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1842/1/012009>
- Gates, A. E. (2017). Benefits of a STEAM collaboration in Newark, New Jersey: Volcano simulation through a glass-making experience. *Journal of Geoscience Education*, 65(1), 4–11.
- 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>
- Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with Design Thinking: Beyond STEM and Arts Integration. *Steam*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.5642/steam.20170301.11>
- Hlukhaniuk, V., Solovei, V., Tsvilyk, S., & Shymkova, I. (2020). Steam Education As a Benchmark for Innovative Training of Future Teachers of Labour Training and Technology. *Proceedings of the International Scientific Conference*, 1(1), 211–221. <https://doi.org/10.17770/sie2020vol1.5000>
- Ishartono, N., Utama, Prayitno, H. J., Irfan, M., Waluyo, M., & Sufahani, S. F. Bin. (2021). An Investigation of Indonesian In-Service Mathematics Teachers' Perception and Attitude Toward STEAM Education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1776(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1776/1/012021>
- Kamienski, N., & Radziwill, N. (2018). Design for STEAM: Creating Participatory Art with Purpose. *Steam*, 3(2), 1–17. <https://doi.org/10.5642/steam.20180302.08>
- Kangas, K., Seitamaa-Hakkarainen, P & Hakkarainen, K. (2013). Design Thinking in Elementary Students' Collaborative Lamp Designing Process. *Design and Technology*, 18(1), 30–43.
- Long, R., & Davis, S. (2017). Using STEAM to Increase Engagement and Literacy y Across Disciplines. *Steam*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.5642/steam.20170301.07>
- 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.
- Martin, A. J., Mansour, M., Anderson, M., Gibson, R., Liem, G. A., & Sudmalis, D. (2013). The role of arts participation in students' academic and nonacademic outcomes: A longitudinal study of school, home, and community factors. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 709–727.
- Melles, G., Anderson, N., Barrett, T., & Thompson-Whiteside, S. (2015). Problem Finding through Design Thinking in Education. In *Inquiry-Based Learning for Multidisciplinary Programs: A Conceptual and Practical Resource for Educators* (Vol. 3, pp. 191–209). Emerald Group Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S2055-364120150000003027>
- Menteri Pendidikan dan Kebudayaan. (2013). Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI No 67 Tahun 2013 tentang Kerangka Dasar dan Struktur Kurikulum SD/MI. In *Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI*. (pp. 1–135).
- Moleong, L. J. (2018). *Metodologi Penelitian Kualitatif* (Edisi revi). Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- Payton, F. C., White, A., & Mullins, T. (2017). STEM majors, art thinkers—issues of duality, rigor and inclusion. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 18(3), 39–47.
- Perignat, E. and Katz-Buonincontro, J. 2018. STEAM in Practice and Research: An Integrative Literature Review. *Thinking Skills and Creativity* 31: 31-43.
- Plattner, H. (2018). An introduction to Design Thinking. In the *Institute of Design at Stanford*.
- 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.

- Rabkin, N., & Hedberg, E. C. (2011). Arts education in America: What the declines mean for arts participation. Based on the 2008 survey of public participation in the arts. Research report# 52. National Endowment for the Arts.
- Radziwill, N., Benton, M., & Moellers, C. (2015). From STEM to STEAM: Reframing What it Means to Learn. *Steam*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.5642/steam.20150201.3>
- Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What Is Design Thinking and Why Is It Important? *Review of Educational Research*, 82(3), 330–348. <https://doi.org/10.3102/0034654312457429>
- Root-Bernstein, R. (2015). Arts and crafts as adjuncts to STEM education to foster creativity in gifted and talented students. *Asia Pacific Education Review*, 16(2), 203–212.
- Sajidan, S., Saputro, S., Perdana, R., Atmojo, I. R. W., & Nugraha, D. A. (2020). Development of Science Learning Model towards Society 5.0: A Conceptual Model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1511(1), 0–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1511/1/012124>
- Shatunova, O., Anisimova, T., Sabirova, F., & Kalimullina, O. (2019). Journal of Social Studies Education Research STEAM as an Innovative Educational Technology. *Journal of Social Studies Education Research*, 10(2), 131–144.
- Sungkono, S. (2006). Pembelajaran Tematik Dan Implementasinya Di Sekolah Dasar. *Majalah Ilmiah Pembelajaran*, 2(1), 51–58.
- Supriyadi, S. (2020). *Mengantar Siswa Menjadi Insinyur Kecil Yang Berkarakter Sebuah Penerapan Inovasi Pembelajaran abad 21 di Era Industri 4.0*. Repositori Kemdikbudristek. <https://repositori.kemdikbud.go.id/id/eprint/19224>
- Swaminathan, S., & Schellenberg, E. G. (2015). Arts education, academic achievement and cognitive ability. In P. P. Tinio, & J. K. Smith (Eds.). *The Cambridge handbook of the psychology of aesthetics and the arts* (pp. 364–384). New York: Cambridge University Press
- Syarif, M. I. (2020). Disrupsi Pendidikan IPA Sekolah Dasar dalam Menyikapi Merdeka Belajar dan Kampus Merdeka Menuju New Normal Pasca COVID-19. *Jurnal Basicedu*, 4(4), 927–937. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v4i4.487>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pau, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Thuneberg, H., Salmi, H., & Fenyvesi, K. (2017). Hands-on math and art exhibition promoting science attitudes and educational plans. *Education Research International*, 1–13.
- Wijayanti, A. I., Pudjawan, K., & Margunayasa, I. G. (2015). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas V Dalam Pembelajaran Ipa Di 3 Sd Gugus X Universitas Pendidikan Ganesha. *E-Journal PGSD Universitas Pendidikan Ganesha*, 3(1), 1–12.