

**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG)  
UNTUK MENINGKATKAN PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN  
MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN BERPIKIR  
KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

**DISERTASI**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat Memperoleh Gelar Doktor  
Ilmu Pendidikan dalam Bidang Pendidikan IPA



Oleh

Novia

NIM 1907522

**PROGRAM STUDI  
PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2023**

# **Pengembangan STEM laboratory board game (STEM-LBG) untuk meningkatkan persepsi pengalaman pemecahan masalah secara kolaboratif, keterampilan berpikir kreatif dan literasi STEM siswa SMP**

Oleh  
Novia

Sebuah Disertasi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Doktor Pendidikan (Dr.) pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Novia 2023  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Agustus 2023

Hak Cipta dilindungi undang-undang.  
Disertasi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

**HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI**

**Novia**

**Pengembangan STEM Laboratory Board Game (STEM-LBG) untuk  
Meningkatkan Persepsi Pengalaman Pemecahan Masalah secara  
Kolaboratif, Keterampilan Berpikir Kreatif dan Literasi STEM Siswa SMP**

Disetujui dan disahkan oleh panitia disertasi,

Promotor



Dr. Riandi, M.Si.

NIP. 196305011988031002


Ko-Promotor



Prof. Dr. Anna Permanasari, M.Si.

NIP. 19580712983032002

Anggota



Prof. Dr. Ida Kariawati, M.Si.

NIP. 19680703199203200

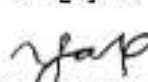
Penguji I,



Prof. Dr. Andi Suhandi, M.Si.

NIP. 196908171994031003

Penguji II,



Prof. Dr. Yayan Sanjaya, M.Pd.

NIP. 197112312001121001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Ida Kaniawati, M.Si.

Novia, 2023

**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG) UNTUK MENINGKATKAN  
PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN  
BERPIKIR KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

NIP. 19680703199203200

**PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul "Pengembangan STEM Laboratory Board Game (STEM-LBG) untuk meningkatkan persepsi pengalaman pemecahan masalah secara kolaboratif, keterampilan berpikir kreatif, dan literasi STEM siswa SMP" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2023

Penulis,

Novia

Novia, 2023

**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG) UNTUK MENINGKATKAN PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

## KATA PENGANTAR

Penyusunan disertasi ini bertujuan untuk memenuhi sebagian dari syarat untuk memperoleh gelar Doktor Ilmu Pendidikan dalam bidang Pendidikan IPA pada Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia (UPI). Disertasi dengan judul "Pengembangan STEM Laboratory Board Game (STEM-LBG) untuk meningkatkan persepsi pengalaman pemecahan masalah secara kolaboratif, keterampilan berpikir kreatif, dan literasi STEM siswa SMP" ini merupakan hasil penelitian di salah satu sekolah SMP di Kabupaten Garut.

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menghasilkan produk STEM-LBG yang mendukung penguatan persepsi pengalaman pemecahan masalah secara kolaboratif, keterampilan berpikir kreatif, dan literasi STEM. Produk ini diharapkan menjadi salah satu alternatif media belajar bagi siswa untuk menghubungkan konten ilmu pengetahuan alam, dan konteks STEM dengan kehidupan sehari-hari melalui games. Aktivitas STEM-Lab yang terdapat dalam game ini dimaksudkan untuk membuat prototipe sederhana terkait materi energi, pencemaran lingkungan, dan lapisan bumi dan bencana.

Penyajian disertasi disusun secara rinci dalam lima bab yang dijelaskan sebagai berikut. Bab pertama berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, definisi operasional, dan struktur organisasi disertasi. Bab kedua berisi tentang kajian pustaka yang relevan dengan penelitian ini. Bab ketiga berisi tentang desain penelitian, prosedur penelitian dan analisis daya. Bab keempat berisi tentang hasil temuan dan pembahasan. Bab kelima berupa simpulan, saran dan rekomendasi hasil penelitian.

Kritik dan saran sangat diharapkan untuk menyempurnakan disertasi ini. Penulis juga berharap hasil temuan pada penelitian ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan berkontribusi untuk meningkatkan kualitas Pembelajaran IPA.

Novia, 2023

**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG) UNTUK MENINGKATKAN PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Bandung, Agustus 2023

Penulis,

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan disertasi ini. Disertasi yang berjudul "Pengembangan STEM Laboratory Board Game (STEM-LBG) untuk meningkatkan persepsi pengalaman pemecahan masalah secara kolaboratif, keterampilan berpikir kreatif, dan literasi STEM siswa SMP" ini merupakan sebagian dari syarat untuk memperoleh gelar Doktor Ilmu Pendidikan dalam bidang Pendidikan IPA pada Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia (UPI).

Penulis menyadari penulisan disertasi ini tidak akan terwujud tanpa bantuan baik moral maupun material dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) yang telah membiayai penelitian disertasi dan secara penuh menanggung biaya program doktoral di Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.
2. Dr. H. Riandi. M.Pd., selaku promotor yang telah dengan bijak memberikan bimbingan, motivasi, saran, dan arahan kepada penulis sehingga penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini.
3. Prof. Dr. Hj. Anna Permanasari, M.Si. selaku ko-promotor yang dengan tlti telah memberikan bimbingan, motivasi, saran, dan arahan kepada penulis sehingga penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini.
4. Prof. Dr. Ida Kaniawati, M.Si. selaku anggota promotor sekaligus Ketua Program Studi Pendidikan IPA yang telah memberikan kemudahan, arahan dan

Novia, 2023

**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG) UNTUK MENINGKATKAN PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

dorongan demi kelancaran penulis dalam melakukan penelitian dan menyelesaikan studi.

5. Seluruh staf dosen Program Studi Doktor Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana UPI yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan, pengalaman dan juga wawasan kepada penulis selama menempuh Pendidikan Doktor.
6. Para Pakar yang telah bersedia menjadi validator dan memberikan saran perbaikan terhadap instrument disertasi.
7. Para siswa yang dengan sabar dan bijaksana bersedia menjadi subject penelitian disertasi.
8. Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada orang tua tercinta Mama Nining Charlia Ningsih, Bapak Cholid Anas yang telah memotivasi dan selalu mendoakan kelancaran proses penelitian disertasi dan penyelesaian program doktor Pendidikan IPA. Kepada semua saudara Nisa Rohimah, Taufik Rahman, Mustaman, Dewi Arisandi, Andika Wardani, Dian Nur Sagita, Syarif Hidayatullah, terkhusus doa yang saya panjatkan kepada kedua mertua saya yang telah lebih dahulu berpulang kerahmatullah sebelum saya melanjutkan pendidikan ini yaitu Alm. bapak Djafar Ali dan Almh. ibu Hj. Andi Bese. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah kalian berikan.
9. Sahabat seperjuangan di Angkatan 2019, Angkatan 2020, Angkatan 2021, rekan panitia ICMScE sejak 2019 sampai 2021, rekan-rekan Asosiasi Pendiidk Nusantara (Apentara), Dharma Samakta Edukatulistiwa (DSE), sahabat S1, sahabat S2 dan sahabt lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah menjadi teman yang siap membantu dan menyemangati penulis dalam setiap kesulitan selama masa studi.
10. Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada suami saya Fandi Surya Wirawan dan kedua anak saya Sabqi Al Fatih Wirawan dan Sahil Al Kahfi Wirawan yang telah memberikan doa dan dukungan secara penuh kepada mamah untuk menyelesaikan penelitian disertasi dan Pendidikan Doktor Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia ini.
11. Terima kasih kepada sahabat dan semua teman-teman seperjuangan selama perkuliahan dalam menyelesaikan Pendidikan Doktor di Universitas Pendidikan

Novia, 2023

**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG) UNTUK MENINGKATKAN PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Indonesia. Kepada seluruh rekan, kerabat yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu. Semoga Allah memberikan kelancaran pada setiap pekerjaan kalian.

Peribahasa mengatakan bahwa tiada gading yang tak retak. Penulis telah berusaha dengan segenap kemampuan yang dimiliki untuk menyelesaikan disertasi ini, namun bila dalam penulisan disertasi ini masih terdapat banyak kelemahan, penulis menyadari bahwa tiada sesuatu yang sempurna, seperti halnya tiada gading yang tak retak. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Semoga disertasi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan para pembaca yang Budiman. Saya tutup dengan Pantun “Pakai Skincare biar mulus, Emak Bapak Alhamdulillah anakmu lulus”, “Beli cireng di Warung Ceu Yayah, pulangny bawa es batu, Wabillahi Taufik Walhidayah Wassalamualaikum Wabarakatuh”

Bandung, Agustus 2023

Novia

Novia, 2023

**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG) UNTUK MENINGKATKAN PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG)  
UNTUK MENINGKATKAN PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN  
MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN BERPIKIR  
KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan produk STEM-LBG untuk meningkatkan persepsi pengalaman pemecahan masalah secara kolaboratif, keterampilan berpikir kreatif dan literasi STEM. Metode penelitian *mixed method* dengan desain *exploratory sequential design* digunakan pada penelitian ini. Penelitian ini menggunakan dua tahap yaitu fase 1 untuk pengembangan STEM-LBG sedangkan fase 2 untuk implementasi STEM-LBG. Produk STEM-LBG diimplementasikan dengan model *project-based learning* dengan mengakomodasi dua tahapan utama yaitu *scientific* dan *engineering processes*. Subjek penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah 69 siswa yang berasal dari dua kelas VII di salah satu SMP di Kabupaten Garut. Instrumen yang digunakan untuk persepsi pemecahan masalah kolaboratif berupa kuesioner, keterampilan berpikir kreatif berupa tes uraian figural dan tes pilihan ganda dan uraian untuk literasi STEM. Hasil implementasi menunjukkan STEM-LBG terbukti dapat meningkatkan pemecahan masalah kolaboratif, keterampilan berpikir kreatif dan literasi STEM. Selain itu, penggunaan STEM LBG memiliki peningkatan pemecahan masalah kolaboratif, keterampilan berpikir kreatif dan literasi STEM yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembelajaran IPA dengan menggunakan Non-STEM-LBG. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa STEM LBG efektif, valid dan teruji dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah kolaboratif, keterampilan berpikir kreatif dan literasi STEM.

Kata kunci: STEM-Laboratory Board Game (STEM-LBG), persepsi pengalaman pemecahan masalah secara kolaboratif, Keterampilan berpikir kreatif dan literasi STEM.

Novia, 2023

**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG) UNTUK MENINGKATKAN  
PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN  
BERPIKIR KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

# **DEVELOPMENT OF STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG) TO IMPROVE COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING, CREATIVE THINKING SKILLS AND STEM LITERACY OF JUNIOR HIGH SCHOOL STUDENTS**

## **ABSTRACT**

This research aims to develop STEM-LBG products to increase perceptions of collaborative problem solving experiences, creative thinking skills and STEM literacy. A mixed method research method with an exploratory sequential design was used in this research. This research used two stages, namely phase 1 for the development of STEM-LBG while phase 2 was for the implementation of STEM-LBG. STEM-LBG products are implemented using a project-based learning model by accommodating two main stages, namely scientific and engineering processes. The research subjects used in this study were 69 students from two class VII in one of the junior high schools in Garut Regency. The instruments used for the perception of collaborative problem solving are in the form of questionnaires, creative thinking skills in the form of figural description tests and multiple choice tests and descriptions for STEM literacy. Implementation results show that STEM-LBG is proven to improve collaborative problem solving, creative thinking skills and STEM literacy. In addition, the use of STEM LBG has increased collaborative problem solving, creative thinking skills and higher STEM literacy compared to science learning using Non-STEM-LBG. Therefore, it can be concluded that STEM LBG is effective, valid and tested in improving collaborative problem solving skills, creative thinking skills and STEM literacy.

Keywords: STEM-Laboratory Board Game (STEM-LBG), perception of collaborative problem solving experiences, creative thinking skills and STEM literacy.

Novia, 2023

**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG) UNTUK MENINGKATKAN PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah Penelitian .....	12
1.3 Tujuan Penelitian .....	13
1.4 Pertanyaan Penelitian .....	13
1.5 Definisi Operasional .....	13
1.6 Struktur Organisasi Disertasi .....	15
BAB II. KAJIAN PUSTAKA .....	17
2.1 Pemecahan Masalah secara Kolaboratif .....	17
2.1.1 Domain Keterampilan Pemecahan Masalah secara Kolaboratif	18
2.2 Keterampilan Berpikir Kreatif.....	23
2.3 Literasi STEM .....	30
2.4 STEM LBG .....	39
2.4.1 STEM Laboratory Board Game (STEM-LBG).....	54
2.4.2 Penempatan Strategis dan Penguatan Konten Materi STEM pada Kurikulum IPA SMP.....	67

Novia, 2023

**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG) UNTUK MENINGKATKAN PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

2.4.2.1 Topik Energi pada kelas VII SMP .....	67
2.4.2.2 Topik Pencemaran Lingkungan kelas VII SMP .....	72
2.4.2.3 Topik Lapisan Bumi dan Bencana kelas VII SMP ....	76
2.5 Kerangka Pikir Penelitian .....	80
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>82</b>
3.1 Desain Penelitian .....	82
3.2 Partisipan .....	86
3.3 Populasi dan Sampel .....	86
3.3.1 Lokasi dan Subjek Penelitian .....	86
3.3.2 Variabel Penelitian .....	87
3.3.3 Hipotesis Penelitian .....	87
3.4 Instrumen Penelitian .....	88
3.4.1 Penyusunan Instrumen Literasi STEM .....	91
3.4.2 Penyusunan Instrumen CPS .....	93
3.4.3 Penyusunan Instrumen Keterampilan Berpikir Kreatif.....	94
3.4.4 Instrumen game STEM-LBG.....	95
3.5 Prosedur Penelitian .....	96
3.5.1 Fase 1 (kualitatif) Tahap Pengembangan Aplikasi dan Instrumen	96
3.5.2 Fase Implementasi STEM-LBG.....	97
3.6 Teknik Analisis Data .....	99
3.7 Analisis Data Kuantitatif dan Kualitatif .....	99
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>103</b>
4.1 Karakteristik dan konstruksi STEM-LBG yang dikembangkan ...	103
4.1.1 Analisis Kebutuhan .....	104
4.1.1.1 Hasil Studi Dokumentasi.....	104
4.1.1.2 Hasil Studi Literatur .....	109
4.1.1.3 Hasil Studi Pendahuluan .....	113
4.1.2 Karakteristik STEM-LBG yang dikembangkan.....	118
4.1.3 Konstruksi STEM-LBG .....	123
4.1.3.1 Perancangan Draft Awal Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dan Modul STEM-LBG .....	131

4.2	Pelaksanaan Pembelajaran dengan Menggunakan STEM-LBG...	131
4.3	Peningkatan Pemecahan Masalah Kolaboratif pada tahap Implementasi STEM-LBG.....	139
4.4	Keterampilan Berpikir Kreatif pada tahap Implementasi STEM-LBG	141
4.5	Literasi STEM pada tahap Implementasi STEM-LBG.....	146
BAB V. SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN.....		158
5.1	Simpulan .....	158
5.2	Implikasi.....	159
5.3	Rekomendasi .....	159
DAFTAR PUSTAKA .....		161
LAMPIRAN .....		170

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Domain Keterampilan <i>CPS</i> .....	19
Tabel 2.2. Indikator Kemampuan Berpikir Kreatif.....	30
Tabel 2.3. Definisi Komponen Literasi STEM.....	30
Tabel 2.4. Kompetensi-Kompetensi terkait dengan STEM .....	44
Tabel 2.5. Jenis Keterampilan dalam STEM .....	45
Tabel 2.6. Praktik dan Elaborasi STEM .....	48
Tabel 2.7. Nilai dan Etika STEM, serta Aktivitas Terkait.....	49
Tabel 2.8. Contoh Pemetaan Keterampilan dalam Memperoleh dan Mengumpulkan Informasi .....	52
Tabel 3.1. Rincian Partisipan Penelitian .....	86
Tabel 3.2. Hubungan Antara Data yang Diperlukan, Sumber Data Dan Instrumen Penelitian .....	90
Tabel 3.3. Rekapitulasi Analisis Butir Soal Dikotomi Literasi STEM .....	92
Tabel 3.4. Hasil Validitas Pada Kuesioner CPS .....	94
Tabel 3.5. Rekapitulasi Analisis Butir Soal Politomi CPS .....	94
Tabel 3.6. Prosedur Pembelajaran Pada Kelas Eksperimen (STEM-LBG) Dan Kelas Kontrol (Non STEM-LBG).....	97
Tabel 3.7. Kriteria Reliabilitas (Guilford , 1956) .....	100
Tabel 3.8. Kriteria N_G <g> (Hake, 1998) .....	101
Tabel 4.1. Keterkaitan antara Materi kelas VII dengan NGSS pada STEM-LBG.....	105
Tabel 4.2. Hasil SLR dan Meta Analisis Terkait Pemecahan Masalah Siswa .....	109
Tabel 4.3. Hasil SLR dan Meta Analisis Terkait Keterampilan Berpikir Kreatif.....	111
Tabel 4.4. Tampilan dan Deskripsi Level Game dalam STEM-LBG.....	124
Tabel 4.5. Modul STEM-LBG yang terlibat dalam Proyek.....	131

Tabel 4.6. Skor terendah, Skor Tertinggi, Rata-Rata Dan Standar Deviasi Pretest Dan Posttest Literasi STEM.....	133
Tabel 4.7. Perbedaan Tampilan Game Sebelum dan Setelah Revisi .....	135
Tabel 4.8. Alokasi waktu untuk pembelajaran dengan menggunakan STEM-LBG.....	137
Tabel 4.9. Perbedaan Hasil Keterampilan Berpikir Kreatif Figural Siswa...	143
Tabel 4.10. Pemetaan Indikator Literasi STEM dalam STEM-LBG.....	147
Tabel 4.11. Perbandingan Pelaksanaan Aktivitas Pembelajaran IPA pada kelas Eksperimen dan Kontrol .....	149
Tabel 4.12. Peningkatan Literasi STEM pada kelas Eksperimen dan Kontrol .....	152
Tabel 4.13. Kompetensi yang Dilatihkan .....	155

## DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Domain Keterampilan <i>Collaborative Problem Solving</i> (Hesse et al, 2015) .....	18
Gambar 2.2. Kerangka Kerja Keterampilan berpikir kreatif (Rhodes, 1961)....	25
Gambar 2.3. Kerangka Kerja Konseptual Pembelajaran STEM (Kelley & Knowles 2016, hal.4) .....	42
Gambar 2.4. Tiga Dimensi Pembelajaran STEM (NRC, 2011) .....	47
Gambar 2.5. Jenis Integrasi STEM (Vasquez 2014).....	51
Gambar 2.6. Triangulasi Data Perubahan Kurikulum dalam PjBL STEM ...	61
Gambar 2.7. Kerangka Pikir Penelitian .....	81
Gambar 3.1. Desain Penelitian Exploratory Sequential Design.....	83
Gambar 3.2. Penelitian Mixed Method pada Pengembangan STEM-LBG ..	84
Gambar 4.1. Ringkasan Pemetaan Materi dan Isu STEM pada Konten pada STEM-LBG .....	108
Gambar 4.2. Profil Pemecahan Masalah secara Kolaboratif .....	111
Gambar 4.3. Profil Keterampilan Berpikir Kreatif .....	113
Gambar 4.4. Profil Literasi STEM.....	114
Gambar 4.5. Persentase Pengalaman Siswa SMP dalam bermain Game .....	115
Gambar 4.6. Persentase Kesiapan Guru dalam Menerapkan Pembelajaran STEM.....	116
Gambar 4.7. Tampilan STEM-LBG berdasarkan tahapan Pembelajaran STEM.....	122
Gambar 4.8. Tampilan STEM-LBG .....	124
Gambar 4.9. Flowchart STEM-LBG .....	130
Gambar 4.10. Hasil Analisis Keterlaksanaan Pembelajaran dengan menggunakan STEM-LBG.....	138
Gambar 4.11. Persentase keterlaksanaan Pembelajaran IPA dengan menggunakan STEM-LBG.....	139
Gambar 4.12 Hasil Persepsi Pengalaman Pemecahan Masalah secara Kolaboratif.....	140

Novia, 2023

**PENGEMBANGAN STEM LABORATORY BOARD GAME (STEM-LBG) UNTUK MENINGKATKAN PERSEPSI PENGALAMAN PEMECAHAN MASALAH SECARA KOLABORATIF, KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN LITERASI STEM SISWA SMP**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 4.13. Hasil Keterampilan Berpikir Kreatif..... 51

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A., Nurulsari, N., MauliNa, H., & AriYani, F. (2019). Design and Validation of Inquiry-based STEM Learning Strategy as a Powerful Alternative Solution to Facilitate Gift Students Facing 21st Century Challenging. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(1), 33–56. <https://doi.org/10.17478/jegys.513308>
- Apperley, T., & Walsh, C. (2012). What digital games and literacy have in common: A heuristic for understanding pupils' gaming literacy: What digital games and literacy have in common. *Literacy*, 46(3), 115–122. <https://doi.org/10.1111/j.1741-4369.2012.00668.x>
- Arztmann, M., Hornstra, L., Jeurig, J., & Kester, L. (2023). Effects of games in STEM education: A meta-analysis on the moderating role of student background characteristics. *Studies in Science Education*, 59(1), 109–145. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2057732>
- Barak, M., & Assal, M. (2018). Robotics and STEM learning: Students' achievements in assignments according to the P3 Task Taxonomy—practice, problem solving, and projects. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(1), 121–144. <https://doi.org/10.1007/s10798-016-9385-9>
- Berlin, D. F., & Lee, H. (2005). Integrating Science and Mathematics Education: Historical Analysis. *School Science and Mathematics*, 105(1), 15–24. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2005.tb18032.x>
- Beswick, K., & Fraser, S. (2019). Developing mathematics teachers' 21st century competence for teaching in STEM contexts. *ZDM*, 51(6), 955–965. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01084-2>
- Bevan, B., Gutwill, J. P., Petrich, M., & Wilkinson, K. (2015). Learning Through STEM-Rich Tinkering: Findings From a Jointly Negotiated Research Project Taken Up in Practice: LEARNING THROUGH STEM-RICH TINKERING. *Science Education*, 99(1), 98–120. <https://doi.org/10.1002/sce.21151>
- Bicer, A., Nite, S. B., Capraro, R. M., Barroso, L. R., Capraro, M. M., & Lee, Y. (2017). Moving from STEM to STEAM: The effects of informal STEM learning on students' creativity and problem solving skills with 3D printing. *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190545>
- Bisson, C. (1998). *Sequencing Adventure Activities: A New Perspective*.
- Bluemink, J., & Järvelä, S. (2011). Elements of collaborative discussion and shared problem solving in a voice-enhanced multiplayer game. *Journal of Interactive Learning Research*, 22(1), 23–50.
- Bybee, R. W. (2010). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996–996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Bybee, R. W. (2013a). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA press.

- Bybee, R. W. (2013b). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*.
- Cai, Y., & Goei, S. L. (Eds.). (2014). *Simulations, Serious Games and Their Applications*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-32-0>
- Carpi, A., Ronan, D. M., Falconer, H. M., & Lents, N. H. (2017). Cultivating minority scientists: Undergraduate research increases self-efficacy and career ambitions for underrepresented students in STEM: MENTORED UNDERGRADUATE RESEARCH AT A MSI. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(2), 169–194. <https://doi.org/10.1002/tea.21341>
- Cassidy, T., & Lynn, R. (1989). A multifactorial approach to achievement motivation: The development of a comprehensive measure. *Journal of Occupational Psychology*, 62(4), 301–312. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8325.1989.tb00001.x>
- Castillo, J. M., Batsche, G. M., Curtis, M. J., Stockslager, K., March, A., Minch, D., & Hines, C. (2012). *Problem solving/response to intervention evaluation tool technical assistance manual-revised*.
- Chalmers, C., Carter, M., Cooper, T., & Nason, R. (2017). Implementing “Big Ideas” to Advance the Teaching and Learning of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(S1), 25–43. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9799-1>
- Chen, S.-Y., Tsai, J.-C., Liu, S.-Y., & Chang, C.-Y. (2021). The effect of a scientific board game on improving creative problem solving skills. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100921. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100921>
- Clarke-Midura, J., Rosenheck, L., Haas, J., & Klopfer, E. (2013). *The radix endeavor: Designing a massively multiplayer online game around collaborative problem solving in STEM*.
- Cooper, R., & Heaverlo, C. (2013). Problem Solving and Creativity and Design: What Influence Do They Have on Girls’ Interest in STEM Subject Areas? *American Journal of Engineering Education*, 4(1), 27–38.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (Fifth edition). SAGE.
- Csikszentmihalyi, M., & Wolfe, R. (2014). New Conceptions and Research Approaches to Creativity: Implications of a Systems Perspective for Creativity in Education. In M. Csikszentmihalyi, *The Systems Model of Creativity* (pp. 161–184). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9085-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9085-7_10)
- Dabney, K. P., Tai, R. H., Almarode, J. T., Miller-Friedmann, J. L., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Hazari, Z. (2012). Out-of-School Time Science Activities and Their Association with Career Interest in STEM. *International Journal of Science Education, Part B*, 2(1), 63–79. <https://doi.org/10.1080/21548455.2011.629455>
- Dare, E. A., Ellis, J. A., & Roehrig, G. H. (2018). Understanding science teachers’ implementations of integrated STEM curricular units through a

- phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0101-z>
- Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A., & Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1701–1720. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1638531>
- Demertzi, E., Voukelatos, N., Papagerasimou, Y., & Drigas, A. S. (2018). Online Learning Facilities to Support Coding and Robotics Courses for Youth. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 8(3), 69–80. <https://doi.org/10.3991/ijep.v8i3.8044>
- Develaki, M. (2020). Comparing Crosscutting Practices in STEM Disciplines: Modeling and Reasoning in Mathematics, Science, and Engineering. *Science & Education*, 29(4), 949–979. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00147-1>
- Dunlosky, J., & Ariel, R. (2011). Self-Regulated Learning and the Allocation of Study Time. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 54, pp. 103–140). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385527-5.00004-8>
- Elby, A. (2022). Epistemology and Learning in STEM Education. In A. Elby, *Oxford Research Encyclopedia of Education*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.1509>
- Ellington, H., Fowlie, J., & Gordon, M. (2013). *Using games and simulations in the classroom: A practical guide for teachers*. Routledge.
- English, L. D. (2016a). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- English, L. D. (2016b). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 3, s40594-016-0036-1. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Erhel, S., & Jamet, E. (2013). Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers & Education*, 67, 156–167. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.019>
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM Education: A Framework for Developing STEM Literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369–385. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x>
- Fiore, S. M., Graesser, A., & Greiff, S. (2018). *Collaborative problem-solving education for the twenty-first-century workforce*. *Nature human behaviour*, 2(6), . 2(6), 367–369.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Gallagher, D., & Grimm, L. R. (2018). Making an impact: The effects of game making on creativity and spatial processing. *Thinking Skills and Creativity*, 28, 138–149. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.05.001>

- González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st Century Skills Frameworks: Systematic Review. *Sustainability, 14*(3), 1493. <https://doi.org/10.3390/su14031493>
- Greiff, S., Holt, D. V., & Funke, J. (2013). *Perspectives on problem solving in educational assessment: Analytical, interactive, and collaborative problem solving. Journal of Problem Solving, 5*(2).
- Han, J., Kelley, T., & Knowles, J. G. (2023). Building a sustainable model of integrated stem education: Investigating secondary school STEM classes after an integrated STEM project. *International Journal of Technology and Design Education, 33*(4), 1499–1523. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09777-8>
- Hao, C., Zheng, A., Wang, Y., & Jiang, B. (2021). Experiment Information System Based on an Online Virtual Laboratory. *Future Internet, 13*(2), 27. <https://doi.org/10.3390/fi13020027>
- Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K., & Griffin, P. (2015). A framework for teachable collaborative problem solving skills. In Assessment and teaching of 21st century skills. *Springer, Dordrecht.*, 37–56.
- Hilliard, I. (2014). *People Power—Computer Games in the Classroom. Higher Learning Research Communications, 4*(1), 112–121.
- Hmelo-Silver, C. E., & Eberbach, C. (2012). Learning Theories and Problem-Based Learning. In S. Bridges, C. McGrath, & T. L. Whitehill (Eds.), *Problem-Based Learning in Clinical Education* (pp. 3–17). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2515-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2515-7_1)
- Hoeg, D. G., & Bencze, J. L. (2017). Values Underpinning STEM Education in the USA: An Analysis of the Next Generation Science Standards: VALUES UNDERPINNING STEM EDUCATION. *Science Education, 101*(2), 278–301. <https://doi.org/10.1002/sce.21260>
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavitt, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education, 5*(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
- Hu, W., & Guo, X. (2021). Toward the Development of Key Competencies: A Conceptual Framework for the STEM Curriculum Design and a Case Study. *Frontiers in Education, 6*, 684265. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.684265>
- Huang, B. (2015). Open-source hardware—microcontrollers and physics education—integrating diy sensors and data acquisition with arduino. *American Society for Engineering Education Annual Conference, 26*, 1–26.
- Hunt, E. M., Lockwood-Cooke, P., & Kelley, J. (2010). Linked-Class Problem-Based Learning in Engineering: Method and Evaluation. *American Journal of Engineering Education, 1*(1), 79–88.
- Isaksen, S. G., Stead-Dorval, K. B., & Treffinger, D. J. (2011). *Creative approaches to problem solving: A framework for innovation and change* (3rd ed). SAGE.
- Jang, H. (2016). Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data. *Journal of Science Education and Technology, 25*(2), 284–301. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9593-1>

- Kang, M., Heo, H., Jo, I., Shin, J., & Seo, J. (2010). Developing an Educational Performance Indicator for New Millennium Learners. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(2), 157–170. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782567>
- Kastriti, E., Kalogiannakis, M., Department of Preschool Education, Faculty of Education, University of Crete, Crete, Greece, Psycharis, S., School of Pedagogical and Technological Education (ASPETE), Athens, Greece, Vavougiou, D., & Department of Physics, School of Science, University of Thessaly, Volos, Greece. (2022). The teaching of Natural Sciences in kindergarten based on the principles of STEM and STEAM approach. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 2(1), 268–277. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2022.01.011>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Lamberg, T., & Trzynadlowski, N. (2015). How STEM Academy Teachers Conceptualize and Implement STEM Education. *Journal of Research in STEM Education*, 1(1), 45–58. <https://doi.org/10.51355/jstem.2015.8>
- Langen, A. V., & Dekkers, H. (2005). Cross-national differences in participating in tertiary science, technology, engineering and mathematics education. *Comparative Education*, 41(3), 329–350. <https://doi.org/10.1080/03050060500211708>
- Lee, J., Luchini, K., Michael, B., Norris, C., & Soloway, E. (2004). More than just fun and games: Assessing the value of educational video games in the classroom. *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 1375–1378. <https://doi.org/10.1145/985921.986068>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 11, s40594-020-00207-6. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Lou, S.-J., Chou, Y.-C., Shih, R.-C., & Chung, C.-C. (2017). A Study of Creativity in CaC2 Steamship-derived STEM Project-based Learning. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01231a>
- Meluso, A., Zheng, M., Spires, H. A., & Lester, J. (2012). Enhancing 5th graders' science content knowledge and self-efficacy through game-based learning. *Computers & Education*, 59(2), 497–504. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.019>
- Meng, C. C., Idris, N., & Eu, L. K. (2014). Secondary Students' Perceptions of Assessments in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(3). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1070a>
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221–223. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775>

- NAS, et al. (2010). Expanding Underrepresented Minority Participation: America's Science and Technology Talent at the Crossroads. *National Academy of Sciences National Academy of Engineering Institute of Medicine of the National Academies*.
- Navarrete, C. C. (2013). Creative thinking in digital game design and development: A case study. *Computers & Education*, 69, 320–331. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.025>
- Novia, N., Permanasari, A., & Riandi, R. (2021). Research on educational games in STEM area 2010-2020: A bibliometric analysis of literature. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1), 012209. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012209>
- OECD. (2013). PISA 2015 collaborative problem solving framework. *Paris: France: OECD*.
- Oktaviani, T. D. (2017). *STEM Learning on Electricity Using Arduino-Phet Based Experiment To Improve 8th Grade Students'stem Literacy* [Doctoral dissertation]. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., & Arriasecq, I. (2022). A Theoretical Framework for Integrated STEM Education. *Science & Education*, 31(2), 383–404. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x>
- Ott, M., & Pozzi, F. (2010). Towards a model to evaluate creativity-oriented learning activities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3532–3536. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.547>
- Ott, M., & Pozzi, F. (2012). Digital games as creativity enablers for children. *Behaviour & Information Technology*, 31(10), 1011–1019. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2010.526148>
- Ott, M., Pozzi, F., & Tavella, M. (2010). Teacher, What Do You Mean by “Creativity”? An Italian Survey on the Use of ICT to Foster Student Creativity. In M. D. Lytras, P. Ordonez De Pablos, A. Ziderman, A. Roulstone, H. Maurer, & J. B. Imber (Eds.), *Knowledge Management, Information Systems, E-Learning, and Sustainability Research* (Vol. 111, pp. 165–171). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-16318-0\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-16318-0_19)
- Padilla-Zea, N., Gutiérrez, F. L., López-Arcos, J. R., Abad-Arranz, A., & Paderewski, P. (2014). Modeling storytelling to be used in educational video games. *Computers in Human Behavior*, 31, 461–474. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.04.020>
- Papastergiou, M. (2009). Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, 52(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.004>
- Pellas, N., Dengel, A., & Christopoulos, A. (2020). A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(4), 748–761. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3019405>

- Penuel, W. R., Harris, C. J., & DeBarger, A. H. (2015). Implementing the Next Generation Science Standards. *Phi Delta Kappan*, 96(6), 45–49. <https://doi.org/10.1177/00317217155575299>
- Permanasari, A. (2016). *STEM education: Inovasi dalam pembelajaran sains*. In *Prosiding SNPS*. 3, 23–34.
- Perry, G. T., & Eichler, M. L. (2015). Science Learning Games for Mobile Platforms. In *Encyclopedia of Mobile Phone Behavior*. IGI Global, 562–574.
- Piirto, J. (2010). The five core attitudes, seven I's, and general concepts of the creative process. *Nurturing Creativity in the Classroom*, 142–171.
- Rapini, S. (2012). Beyond textbooks and lectures: Digital game-based learning in STEM subjects. *Mc Lean, Virginia: Center for Excellence in Education*.
- Ritz, J. M., & Fan, S.-C. (2015). STEM and technology education: International state-of-the-art. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(4), 429–451. <https://doi.org/10.1007/s10798-014-9290-z>
- Rohim, F. (2020). Need analysis of virtual laboratories for science education in Jambi, Indonesia. *Jurnal Sains Sosio Humaniora*, 4(3).
- Sadler, P. M., Sonnert, G., Hazari, Z., & Tai, R. (2012). Stability and volatility of STEM career interest in high school: A gender study. *Science Education*, 96(3), 411–427. <https://doi.org/10.1002/sce.21007>
- Sánchez Carracedo, F., Soler, A., Martín, C., López, D., Ageno, A., Cabré, J., Garcia, J., Aranda, J., & Gibert, K. (2018). Competency Maps: An Effective Model to Integrate Professional Competencies Across a STEM Curriculum. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 448–468. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9735-3>
- Sanders, M. (2009). *STEM, STEM education, STEMmania. The technology teacher*.
- Saridewi, N., & Bahriah, E. S. (n.d.). *Persepsi guru kimia ma se-tangerang selatan tentang pendekatan stem (science, technology, engineering and mathematics)* [Bachelor's thesis,]. FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Sauvé, L., Renaud, L., & Kaufman, D. (2010). The efficacy of games and simulations for learning. In *Educational gameplay and simulation environments: Case studies and lessons learned*. IGI Global, 252–270.
- Shultz Colby, R., & Colby, R. (2008). A Pedagogy of Play: Integrating Computer Games into the Writing Classroom. *Computers and Composition*, 25(3), 300–312. <https://doi.org/10.1016/j.compcom.2008.04.005>
- Shute, V. J., & Ke, F. (2012). Games, Learning, and Assessment. In D. Ifenthaler, D. Eseryel, & X. Ge (Eds.), *Assessment in Game-Based Learning* (pp. 43–58). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3546-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3546-4_4)
- Siong, W. W., & Osman, K. (2018). Pembelajaran Berasaskan Permainan dalam Pendidikan STEM dan Penguasaan Kemahiran Abad Ke-21. *Journal of Social Sciences and Humanities*, 3(1), 121–135.
- Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., Mansfield, J., Ellerton, P., & Smith, T. (2022). Principles of Problem-Based Learning (PBL) in STEM Education: Using Expert Wisdom and Research to Frame Educational Practice. *Education Sciences*, 12(10), 728. <https://doi.org/10.3390/educsci12100728>



- Squire, K. D. (2013). Video Game-Based Learning: An Emerging Paradigm for Instruction. *Performance Improvement Quarterly*, 26(1), 101–130. <https://doi.org/10.1002/piq.21139>
- Stouraitis, E. (2016). Fostering Creativity in Sixth Grade History Education Through a Storytelling Digital Game: An Empirical Study. *History Education Research Journal*, 13(2), 138–149. <https://doi.org/10.18546/HERJ.13.2.14>
- Struyf, A., De Loof, H., Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2019). Students' engagement in different STEM learning environments: Integrated STEM education as promising practice? *International Journal of Science Education*, 41(10), 1387–1407. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1607983>
- Sung, H.-Y., & Hwang, G.-J. (2013). A collaborative game-based learning approach to improving students' learning performance in science courses. *Computers & Education*, 63, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.019>
- Suryadi, A., & Kurniati, E. (2021). *Teori dan Implementasi Pendidikan STEM*.
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M.-C., Adams, J. D., & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education: A critical review. *Studies in Science Education*, 56(2), 213–253. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>
- Taub, M., Azevedo, R., Bradbury, A. E., Millar, G. C., & Lester, J. (2018). Using sequence mining to reveal the efficiency in scientific reasoning during STEM learning with a game-based learning environment. *Learning and Instruction*, 54, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.08.005>
- Tenenbaum, L. S., Anderson, M. K., Jett, M., & Yourick, D. L. (2014). An Innovative Near-Peer Mentoring Model for Undergraduate and Secondary Students: STEM Focus. *Innovative Higher Education*, 39(5), 375–385. <https://doi.org/10.1007/s10755-014-9286-3>
- Thomas, J., & Williams, C. (2009). The History of Specialized STEM Schools and the Formation and Role of the NCSSSMST. *Roeper Review*, 32(1), 17–24. <https://doi.org/10.1080/02783190903386561>
- Thomas, S., Richter, M., Lestari, W., Prabawaningtyas, S., Anggoro, Y., & Kuntoadji, I. (2018). Transdisciplinary research methods in community energy development and governance in Indonesia: Insights for sustainability science. *Energy Research & Social Science*, 45, 184–194. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.06.021>
- Trúchly, P., Medvecký, M., Podhradský, P., & Mawas, N. E. (2019). STEM education supported by virtual laboratory incorporated in self-directed learning process. *Journal of Electrical Engineering*, 70(4), 332–344. <https://doi.org/10.2478/jee-2019-0065>
- Tseng, K.-H., Chang, C.-C., Lou, S.-J., & Chen, W.-P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87–102. <https://doi.org/10.1007/s10798-011-9160-x>

- Tytler, R. (2020). STEM Education for the Twenty-First Century. In J. Anderson & Y. Li (Eds.), *Integrated Approaches to STEM Education* (pp. 21–43). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-52229-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-52229-2_3)
- Van Eck, R. (Ed.). (2010). *Interdisciplinary Models and Tools for Serious Games: Emerging Concepts and Future Directions*. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-61520-719-0>
- Vennix, J., Den Brok, P., & Taconis, R. (2018). Do outreach activities in secondary STEM education motivate students and improve their attitudes towards STEM? *International Journal of Science Education*, 40(11), 1263–1283. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1473659>
- Wan, Z. H., So, W. M. W., & Zhan, Y. (2022). Developing and Validating a Scale of STEM Project-Based Learning Experience. *Research in Science Education*, 52(2), 599–615. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09965-3>
- Wang, J., Guo, D., & Jou, M. (2015). A study on the effects of model-based inquiry pedagogy on students' inquiry skills in a virtual physics lab. *Computers in Human Behavior*, 49, 658–669. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.043>
- Wang, L.-H., Chen, B., Hwang, G.-J., Guan, J.-Q., & Wang, Y.-Q. (2022). Effects of digital game-based STEM education on students' learning achievement: A meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00344-0>
- Wang, M.-T., & Degol, J. (2013). Motivational pathways to STEM career choices: Using expectancy–value perspective to understand individual and gender differences in STEM fields. *Developmental Review*, 33(4), 304–340. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2013.08.001>
- Wang, X. (2013). Why Students Choose STEM Majors: Motivation, High School Learning, and Postsecondary Context of Support. *American Educational Research Journal*, 50(5), 1081–1121. <https://doi.org/10.3102/0002831213488622>
- Wells, B. H., Sanchez, H. A., & Attridge, J. M. (2007). Modeling Student Interest in Science, Technology, Engineering and Mathematics. *2007 IEEE Meeting the Growing Demand for Engineers and Their Educators 2010-2020 International Summit*, 1–17. <https://doi.org/10.1109/MGDETE.2007.4760362>
- Wen, Y. (2021). Augmented reality enhanced cognitive engagement: Designing classroom-based collaborative learning activities for young language learners. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 843–860. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09893-z>
- Wu, Y.-T., & Anderson, O. R. (2015). Technology-enhanced stem (science, technology, engineering, and mathematics) education. *Journal of Computers in Education*, 2(3), 245–249. <https://doi.org/10.1007/s40692-015-0041-2>
- Yasin, A., Prima, E. C., & Sholihin, H. (2018). Learning Electricity using Arduino-Android based Game to Improve STEM Literacy. *Journal of Science Learning*, 1(3), 77–94.