



Pengaruh STEM terhadap Hasil Belajar Siswa dan Perbedaan Gender di Sekolah Menengah Atas: Sebuah Meta-analisis

Muhammad Aizri Fadillah^{1*}, Atifah Hirahmah¹, Sindy Puspita², Rindu Putri Jannati³, Usmeldi¹

¹ Universitas Negeri Padang, Kota Padang, Indonesia.

² MAN Asahan, Kabupaten Asahan, Indonesia.

³ MAS Guppi, Kota Pematangsiantar, Indonesia.

*Korespondensi Penulis. E-mail: m.aizrifadillah@student.unp.ac.id

Abstrak

Studi ini menganalisis dampak pendekatan Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika (STEM) terhadap hasil belajar siswa dan perbedaan gender di Sekolah Menengah Atas (SMA). Dalam meta-analisis ini, periode pencarian artikel yang relevan ditetapkan antara tahun 2018 dan 2023. Pencarian literatur dilakukan melalui database Google Scholar dan dibantu oleh program perangkat lunak Publish or Perish (PoP). Sebanyak 827 makalah dievaluasi dalam pencarian literatur awal, dengan 14 artikel yang memenuhi kriteria untuk dimasukkan ke dalam meta-analisis dari 24 studi. Fokus analisis adalah dimensi hasil belajar, seperti pengetahuan, pemecahan masalah, kreativitas, prestasi, berpikir kritis, keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), literasi sains, keterampilan berpikir sistem, efikasi diri, dan kognitif. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam hasil belajar siswa melalui STEM, dengan efek positif pada kedua jenis kelamin, meskipun dengan perbedaan intensitas. Penelitian ini memberikan wawasan berharga untuk implementasi STEM di Sekolah Menengah Atas, serta menyoroti perlunya penelitian lanjutan untuk pemahaman holistik tentang dampak STEM untuk dimensi yang belum sepenuhnya terungkap, seperti HOTS, literasi sains, dan kognitif, sehingga memperdalam pemahaman tentang dampak STEM secara komprehensif.

Kata Kunci: Gender, Hasil Belajar, Meta-analisis, Sekolah Menengah Atas, STEM

The Effect of STEM on Student Learning Outcomes and Gender Differences in Senior High School: A Meta-analysis

Abstract

This study analyzed the impact of the Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach on student learning outcomes and gender differences in Senior High School. In this meta-analysis, the period for searching relevant articles was set between 2018 and 2023. The literature search was conducted through the Google Scholar database and assisted by the Publish or Perish (PoP) software program. A total of 827 papers were evaluated in the initial literature search, with 14 articles meeting the criteria for inclusion in the meta-analysis from 24 studies. The focus of the analysis was the dimensions of learning outcomes, such as knowledge, problem-solving, creativity, achievement, critical thinking, higher-order thinking Skills (HOTS), science literacy, system thinking skills, self-efficacy, and cognitive. Results showed significant improvements in student learning outcomes through STEM, with positive effects on both genders, albeit with differences in intensity. This study provides valuable insights for STEM implementation in Senior High Schools, as well as highlighting the need for follow-up research for a holistic understanding of STEM impact for dimensions that have not been fully revealed, such as HOTS, science literacy, and cognitive, thus deepening the understanding of STEM impact comprehensively.

Keywords: Gender, Learning Outcomes, Meta-analysis, Senior High School, STEM

How to Cite: Fadillah, M. A., Hirahmah, A., Puspita, S., Jannati, R. P., & Usmeldi. (2024). Pengaruh STEM terhadap Hasil Belajar Siswa dan Perbedaan Gender di Sekolah Menengah Atas: Sebuah Meta-analisis. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 12(2), 122–131, <https://dx.doi.org/10.21831/jpms.v12i2.71840>

Permalink/DOI: DOI: <https://dx.doi.org/10.21831/jpms.v12i2.71840>

PENDAHULUAN

STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) merupakan akronim yang terdiri dari berbagai disiplin ilmu dan mulai mempunyai relevansi penting dalam pendidikan (Hinojo-Lucena *et al.*, 2020). Pendidikan STEM mengacu pada pengajaran, pembelajaran, dan pengintegrasian disiplin ilmu dan keterampilan sains, teknologi, matematika, dan teknik dalam topik STEM, dengan penekanan pada penyelesaian masalah dunia nyata (Wahono *et al.*, 2020). Pendidikan STEM berfokus pada aktivitas langsung untuk mempersiapkan siswa menghadapi perkembangan era kompetitif baru (Usmeldi *et al.*, 2017). Melalui pendidikan STEM, siswa tidak hanya memiliki pengetahuan, tetapi juga mengaplikasikan pengetahuan dalam kehidupan sehari-hari, sehingga menciptakan suasana belajar yang berhubungan langsung dengan kehidupan nyata (Widya *et al.*, 2019). Siswa seringkali menghadapi berbagai situasi masalah dalam kehidupan nyata dan cenderung menyelesaikannya dari satu aspek saja, tanpa mempertimbangkan untuk menggabungkan pengetahuan yang diperoleh di bidang dan disiplin ilmu lain (Fadillah & Sahyar, 2023; Sari *et al.*, 2023). Hal ini menjadi alasan mengapa STEM semakin mendapat perhatian dalam pendidikan (Firat, 2020).

Penggunaan STEM dalam pendidikan melibatkan siswa bekerja sebagai tim untuk fokus pada pemecahan masalah, meningkatkan pengambilan keputusan dan kreativitas, meningkatkan pemikiran kritis dan harga diri, memperoleh pembelajaran yang signifikan, mengembangkan interaksi antar teman sebaya, serta meningkatkan keterampilan penalaran, kolaborasi dan pengaturan diri dalam belajar (Hinojo-Lucena *et al.*, 2020). Pendidikan STEM dapat diajarkan dengan empat cara yang berbeda, sebagai mata pelajaran yang berdiri sendiri, dengan menekankan pada satu atau dua mata pelajaran, dengan mengintegrasikan satu disiplin ilmu STEM ke dalam tiga disiplin ilmu lainnya, atau dengan memadukan keempat disiplin ilmu tersebut satu sama lain (Dugger, 2010). Selain itu, pesatnya perkembangan teknologi dan alat pendidikan modern membuka jalan menuju kemungkinan-kemungkinan baru dan memastikan kondisi yang lebih baik untuk penerapan model STEM dalam proses pendidikan (Županec *et al.*, 2022). Misalnya meta-analisis yang dilakukan Wang *et al.* (2022), menemukan bahwa permainan digital adalah metode pedagogi yang menjanjikan dalam pendidikan STEM yang secara efektif meningkatkan perolehan pembelajaran.

Pendidikan STEM menjadi penting karena merupakan metode yang digunakan siswa untuk mendapatkan pengetahuan dan keterampilan dengan mendekati masalah dari sudut pandang multidisiplin dan juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk mendapatkan keterampilan abad 21 (Widya *et al.*, 2019). Beberapa karya ekstensif tentang efektivitas pendidikan STEM terhadap hasil pembelajaran telah diterbitkan (Saraç, 2018; Wahono *et al.*, 2020).

Penelitian menunjukkan bahwa STEM meningkatkan kualitas proses pembelajaran dan hasil belajar siswa, seperti prestasi belajar akademik, sikap, motivasi, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Saraç, 2018; Wahono *et al.*, 2020). Beberapa penelitian lain juga mengungkapkan bahwa pendidikan STEM dengan beberapa pendekatan efektif terhadap hasil belajar siswa (Alatas & Yakin, 2021; Çevik & Azkın, 2020; Listiana *et al.*, 2019). Namun, penelitian lain melaporkan hasil sebaliknya sehingga belum mencapai kesimpulan yang seragam mengenai pengaruh STEM terhadap pembelajaran (Hansen, 2014; Judson, 2014). Penelitian yang dilakukan oleh Bedar & Al-Shboul (2020) juga menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan terhadap motivasi belajar siswa. Selain itu, Saraç (2018) menyatakan bahwa diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mempelajari gender dalam praktik pendidikan STEM. Salah satu masalah utama yang terkait dengan metode pengajaran STEM adalah kesenjangan gender, karena lebih banyak penggunaan teknik pedagogis oleh laki-laki daripada wanita (Hinojo-Lucena *et al.*, 2020; Wong *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini berusaha menyelidiki pengaruh STEM yang berfokus pada hasil belajar siswa dan perbedaan gender di Sekolah Menengah Atas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengatasi kesenjangan yang ada dalam literatur dan berkontribusi untuk mengoptimalkan STEM dalam pendidikan.

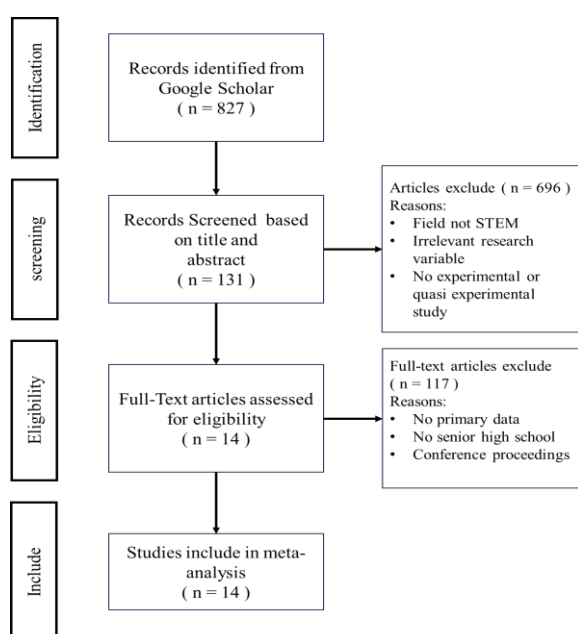
METODE

Meta-analisis adalah metode statistik yang memungkinkan evaluasi simultan dan kuantitatif dari beberapa studi (Lara-Alvarez *et al.*, 2023; Utari *et al.*, 2021). Meta-analisis bertujuan untuk mengetahui tren temuan kuantitatif dengan mengkuantifikasi hasil ukuran efek untuk mengukur perbedaan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen (Antonio & Castro, 2023). Dalam meta-analisis ini, rentang waktu pencarian artikel yang relevan ditetapkan antara tahun 2018 dan 2023. Pencarian literatur melalui database Google Scholar dan dibantu oleh program perangkat lunak Publish or Perish (PoP), seperti yang dilakukan penelitian meta-analisis yang dilakukan Antonio & Castro (2023) and Funa & Prudente (2021). Pencarian dilakukan menggunakan operator Boolean seperti 'OR' atau 'AND' dengan kata kunci yang digunakan untuk pencarian artikel yaitu "STEM" AND "experimental" AND "High School" AND ("learning outcomes" OR "achievement").

Agar memenuhi syarat untuk diikutsertakan dalam meta-analisis, ditetapkan kriteria inklusi dan eksklusi eksplisit untuk memilih penelitian yang relevan. Kriteria inklusi adalah sebagai berikut: (1) topik penelitian tentang STEM; (2) desain penelitian adalah eksperimen, kuasi-eksperimen, atau metode campuran dengan *pre-test/post-test*; dan (4) data penelitian yang lengkap untuk meta-analisis. Kriteria eksklusi yaitu: (1) tidak fokus pada Sekolah Menengah Atas; (2) tidak fokus pada STEM; (3)

diterbitkan di prosiding konferensi; dan (4) tidak memiliki primary data yang dibutuhkan, seperti ukuran sampel, mean, dan standard deviation. Dalam proses seleksi, penelitian ini menggunakan diagram alur dari pedoman PRISMA untuk meningkatkan kualitas tinjauan sistematis (Moher *et al.*, 2009). Setelah penyaringan dan mengecualikan literatur yang tidak memenuhi syarat, 15 hasil yang relevan dimasukkan untuk meta analisis. Proses penyaringan literatur secara spesifik ditunjukkan pada Gambar 1. Selanjutnya, 14 artikel yang masuk kriteria dilakukan pengkodean untuk mempermudah menjawab tujuan penelitian.

Meta-analisis dilakukan dengan menggunakan Review Manager 5.4 untuk menampilkan plot corong (*funnel plot*) untuk menguji bias publikasi untuk



Gambar 1. Diagram proses penyaringan literatur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total 14 artikel yang memenuhi syarat dalam meta-analisis di antara 827 makalah yang awalnya

memastikan keakuratan hasil perhitungan (Hakim *et al.*, 2023; Zuo *et al.*, 2023). Selain itu plot hutang (*forest plot*) digunakan untuk mengetahui ukuran efek total dihitung menggunakan model efek acak dengan interval kepercayaan (CI) 95%. Menurut Cohen (2013) kriteria 0.80 ke atas (besar); 0.50 hingga 0.79 (sedang); 0.20 sampai dengan 0.49 (kecil), dan kurang dari 0.19 (tidak berpengaruh). Statistik I^2 digunakan untuk menganalisis heterogenitas dari penelitian yang disertakan menggunakan uji Cochran Q (χ^2). Heterogenitas diklasifikasikan sebagai 0% sampai 25% (tidak heterogen), 26% sampai 50% (rendah), 51 sampai 75% (sedang), dan lebih dari 75% (tinggi). Std.mean difference dipilih untuk pengukuran efek pada *forest plot* dan *funnel plot* sebagai tampilan hasil.

disertakan dalam pencarian literatur, dengan jumlah studi yang disertakan yaitu 24. Tabel 1 merangkum artikel yang disertakan, menampilkan informasi penting seperti jumlah studi yang disertakan, hasil belajar, gender, serta nilai rata-rata dan standar deviasi dari rata-rata kelompok eksperimen dan kontrol. Gambar 2 menampilkan *forest plot* pengaruh STEM secara keseluruhan terhadap hasil dengan interval kepercayaan 95% sebesar 1.26-2.16. Hasil menunjukkan bahwa STEM secara signifikan lebih efektif untuk meningkatkan hasil belajar dibandingkan pembelajaran tradisional ($d= 1.71$, $Z = 7.45$, $P < 0,00001$). Hasil statistik menunjukkan bahwa terdapat heterogenitas pada kategori tinggi dalam ukuran efek di antara 24 studi yang disertakan ($Q = 589.66$, $I^2 = 96\%$). Selain itu, untuk memastikan keakuratan hasil penghitungan, plot corong digunakan untuk menguji bias publikasi. Gambar 3 menunjukkan plot corong dari hasil analisis data yang telah dilakukan, yang menunjukkan distribusi ukuran efek yang simetris di kedua sisi ukuran efek rata-rata. Hal ini menunjukkan bahwa bias publikasi dari penelitian yang disertakan relatif kecil, dan kesimpulannya lebih dapat diandalkan (Narulita & Aprilianto, 2022).

Tabel 1. Artikel yang disertakan dalam meta-analisis

No	Penulis dan Tahun	Me	SDe	Ne	Mc	SDc	Nc	NT	Hasil Belajar	Gender
1	Abdurrahman <i>et al.</i> 2023	82.42	5.61	31	75.28	7.74	36	67	<i>System thinking skills</i>	NR
2	Ab Kadir <i>et al.</i> , 2021	64.70	11.54	20	52.65	11.04	20	40	<i>Achievement</i>	NR
3	Alatas & Yakin, 2021	74.51	8.36	70	49.49	19.35	70	140	<i>Problem solving</i>	NR
4	Ardianti <i>et al.</i> 2020	81.50	5.10	27	60.59	5.17	27	54	<i>Critical thinking</i>	NR
5	Chen & Chang 2018	76.20	23.33	42	41.00	14.26	42	84	<i>Knowledge</i>	NR
6	Fadlina & Ritonga, 2021	76.37	12.20	292	36.93	12.25	292	584	<i>Knowledge</i>	NR
7	Haryadi <i>et al.</i> 2021	40.00	11.00	30	35.00	11.00	30	60	HOTS	NR
8	Lin <i>et al.</i> 2019 (Study 1)	76.62	17.62	78	69.83	17.66	71	149	<i>Achievement</i>	NR

No	Penulis dan Tahun	Me	SDe	Ne	Mc	SDc	Nc	NT	Hasil Belajar	Gender
9	Litn <i>et al.</i> 2019 (Study 2)	13.37	2.91	78	11.92	2.81	71	149	<i>Self-efficacy</i>	NR
	Listiana <i>et al.</i> 2019	0.55	0.89	35	0.49	0.10	32	67	<i>Scientific literacy</i>	NR
10	Samsudin <i>et al.</i> 2018 (Study 1)	14.64	2.38	28	5.64	2.44	28	56	<i>Achievement</i>	Male
	Samsudin <i>et al.</i> 2018 (Study 2)	14.36	2.44	22	5.73	2.33	22	44	<i>Achievement</i>	Female
11	Samsudin <i>et al.</i> 2020	3.53	0.25	50	3.24	0.32	50	100	<i>Self-efficacy</i>	NR
12	Shahbazloo & Mirzaie, 2023 (Study 1)	17.31	3.16	72	14.72	3.41	71	143	<i>Achievement</i>	Female
	Shahbazloo & Mirzaie, 2023 (Study 2)	17.57	2.96	72	12.20	3.96	71	143	<i>Achievement</i>	Female
	Shahbazloo & Mirzaie, 2023 (Study 3)	161.86	47.07	72	84.75	30.35	71	143	<i>Creativity</i>	Female
	Shahbazloo & Mirzaie, 2023 (Study 4)	19.13	6.89	72	15.66	5.78	71	143	<i>Creativity</i>	Female
	Shahbazloo & Mirzaie, 2023 (Study 5)	15.37	4.42	72	12.48	3.02	71	143	<i>Creativity</i>	Female
	Shahbazloo & Mirzaie, 2023 (Study 6)	40.10	13.91	72	18.04	9.61	71	143	<i>Creativity</i>	Female
	Shahbazloo & Mirzaie, 2023 (Study 7)	87.26	31.85	72	38.58	17.36	71	143	<i>Creativity</i>	Female
13	Simeon <i>et al.</i> 2020 (Study 1)	17.69	2.64	48	10.40	2.61	48	96	<i>Achievement</i>	Male
	Simeon <i>et al.</i> 2020 (Study 2)	17.37	2.93	41	8.22	3.60	41	82	<i>Achievement</i>	Female
14	Sinurat <i>et al.</i> 2022 (Study 1)	82.81	9.99	32	36.72	8.09	32	64	<i>Creativity</i>	NR
	Sinurat <i>et al.</i> 2022 (Study 2)	73.13	16.93	32	72.50	13.67	32	64	<i>Cognitive</i>	NR

Keterangan:

nilai rata-rata kelompok eksperimen (Me)

standar deviasi kelompok eksperimen (SDe)

jumlah kelompok eksperimen (Ne)

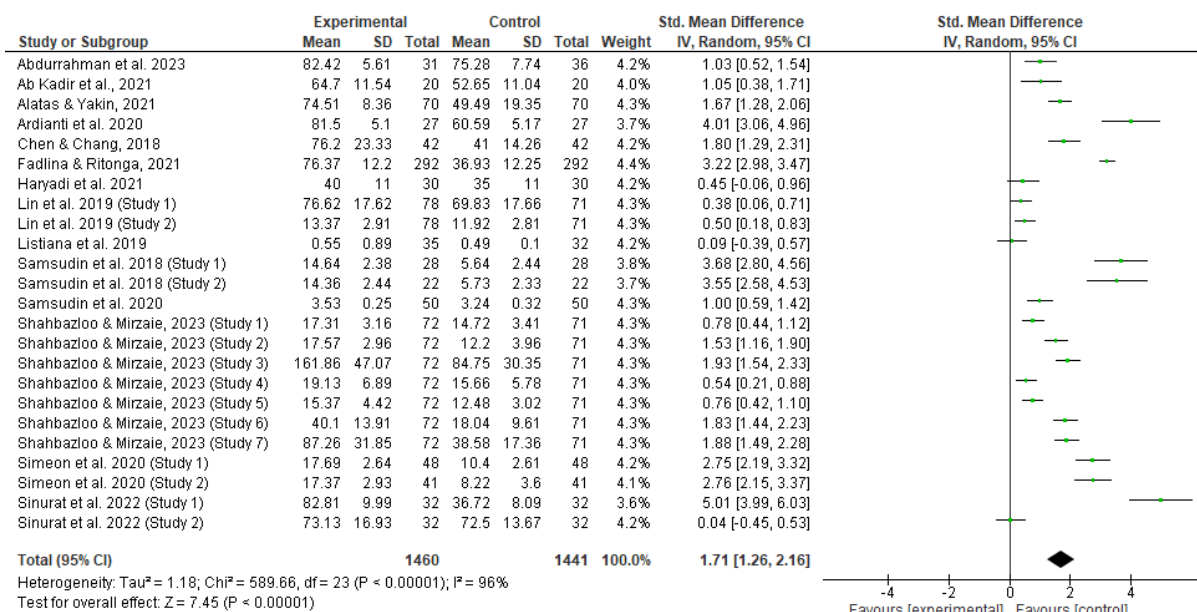
nilai rata-rata kelompok kontrol (Mc)

standar deviasi kelompok kontrol (SDc)

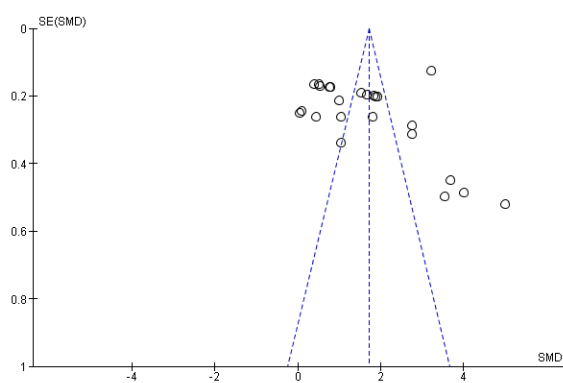
jumlah kelompok kontrol (Nc)

jumlah populasi penelitian (NT)

tidak dilaporkan (NR)



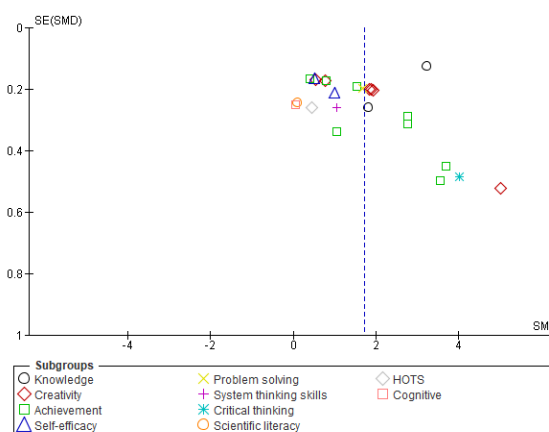
Gambar 2. Forest plot pengaruh STEM secara keseluruhan



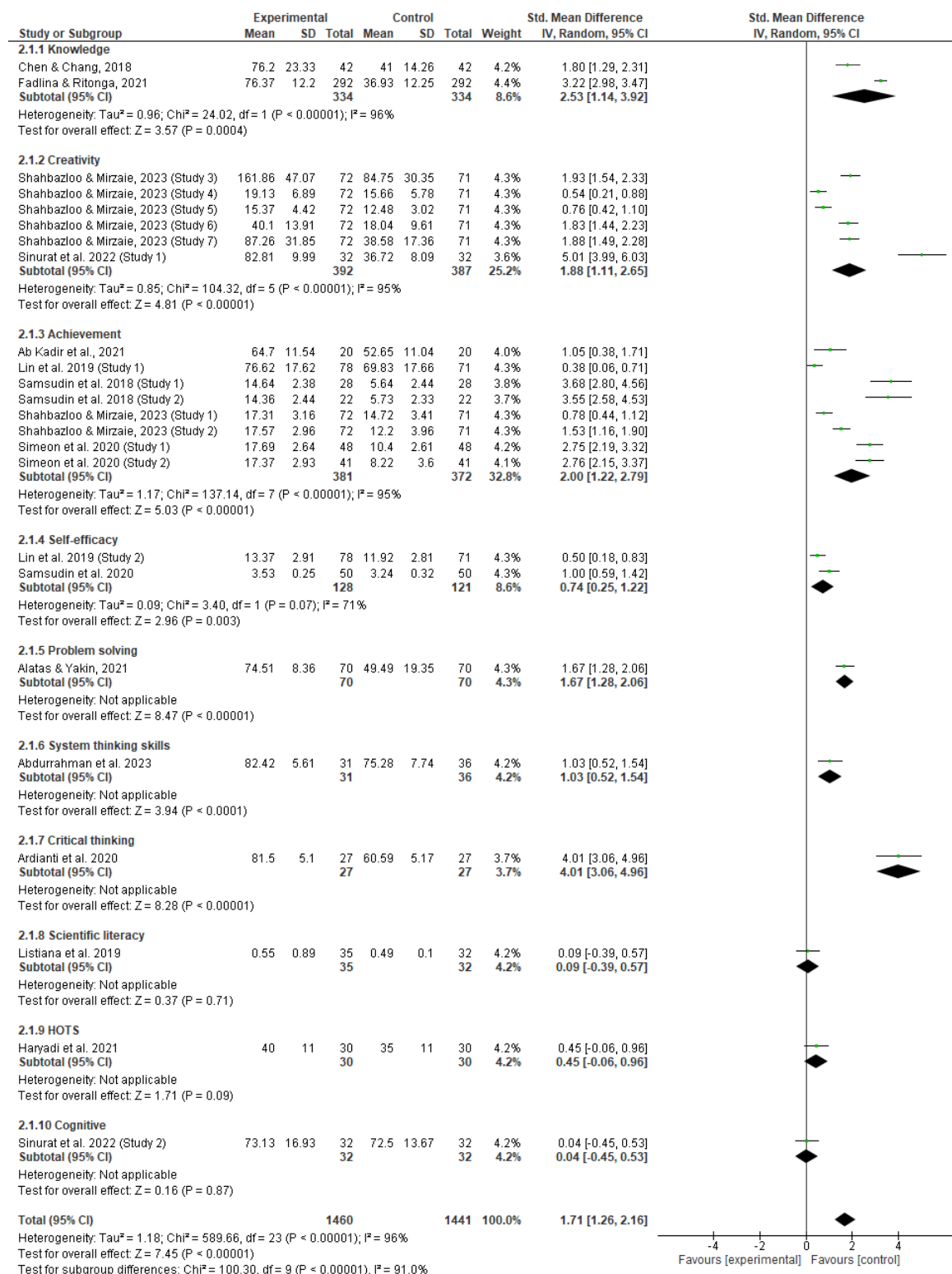
Gambar 3. Funnel plot pengaruh STEM secara keseluruhan

Selanjutnya melakukan perhitungan untuk menampilkan pengaruh STEM berdasarkan *sub grup*. Gambar 4 dan Gambar 5 menyajikan *funnel plot* dan *forest plot* terkait pengaruh STEM terhadap hasil belajar berdasarkan analisis sub grup (*test for subgroup differences: Q = 100.30, I² = 91%*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa STEM memiliki pengaruh yang besar dengan nilai yang signifikan dan heterogenitas tinggi terhadap pengetahuan ($d = 2.53, Z = 3.57, p < 0.001, Q = 24.02, I^2 = 96%$), kreativitas ($d = 1.88, Z = 4.81, p < 0.001, Q = 104.32, I^2 = 95%$), dan prestasi ($d = 2.00, Z = 5.03, p < 0.001, Q = 137.14, I^2 = 95%$). Sementara pengaruh STEM terhadap efikasi diri berada pada kategori sedang dengan nilai yang signifikan dan tingkat heterogenitas juga sedang ($d = 0.74, Z = 2.96, p < 0.01, Q = 3.40, I^2 = 71%$). Selain itu, pengaruh STEM juga menunjukkan

pengaruh besar dan signifikan terhadap pemecahan masalah ($d = 1.67, Z = 8.47, p < 0.001$), keterampilan berpikir sistem ($d = 1.03, Z = 3.94, p < 0.001$), dan pengaruh yang paling kuat terhadap berpikir kritis ($d = 4.01, Z = 8.28, p < 0.001$), dengan heterogenitas tidak diketahui akibat studi yang disertakan terbatas, menandakan dimensi ini tidak terlalu banyak ditelusuri. Sementara pengaruh STEM terhadap HOTS menunjukkan tingkat yang kecil dan tidak signifikan ($d = 0.45, Z = 1.71, p > 0.05$), dan juga tidak memiliki pengaruh terhadap literasi sains ($d = 0.09, Z = 0.37, p > 0.05$) dan kognitif ($d = 0.04, Z = 0.16, p > 0.05$), dimana heterogenitas juga tidak dapat di hitung akibat keterbatasan studi.



Gambar 4. Funnel plot pengaruh STEM berdasarkan analisis sub grup hasil belajar



Gambar 5. Forest plot pengaruh STEM berdasarkan analisis sub grup hasil belajar

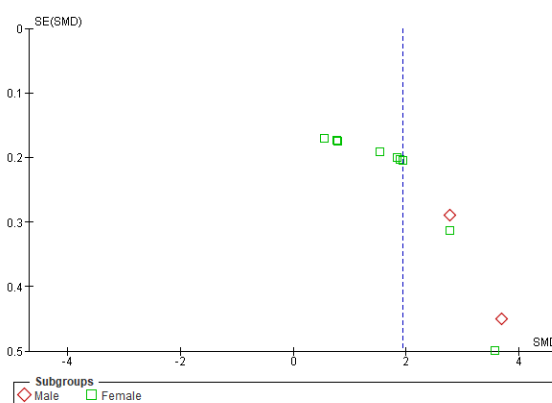
Selain itu, dilakukan juga perhitungan untuk melihat pengaruh STEM berdasarkan gender. Pada Tabel 1 terlihat bahwa tidak semua studi menyajikan data terkait pengaruh STEM terhadap gender, dimana ditemukan 2 studi untuk laki-laki dan 9 studi untuk perempuan. Gambar 6 dan Gambar 7 menyajikan *funnel plot* dan *forest plot* terkait pengaruh STEM terhadap hasil belajar berdasarkan analisis *sub group*

pada gender (test for subgroup differences: $Q = 8.14$, $I^2 = 87.7\%$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa STEM memiliki pengaruh yang besar dan signifikan terhadap laki-laki ($d = 3.15$, $Z = 6.87$, $p < 0.001$) dengan heterogenitas sedang ($Q = 3.02$, $I^2 = 67\%$). Sementara pengaruh STEM terhadap perempuan juga besar namun lebih rendah dari pada laki-laki ($d = 1.66$, $Z = 6.50$, $p < 0.001$), dengan heterogenitas tinggi

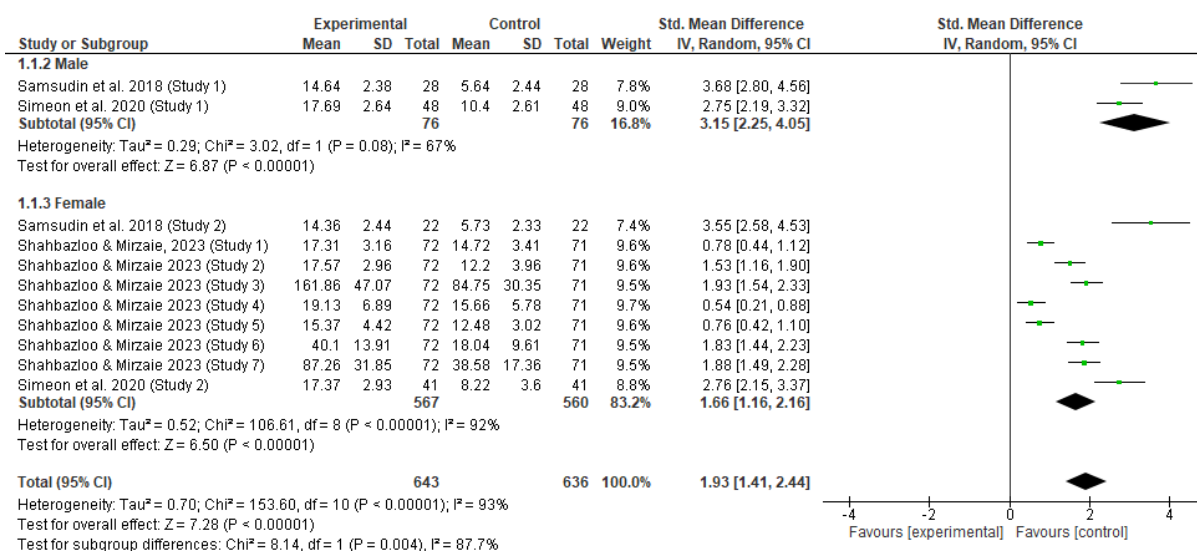
karena lebih banyak studi yang disertakan ($Q = 106.61$, $I^2 = 92\%$). Secara keseluruhan, STEM memiliki pengaruh yang besar dengan nilai yang signifikan dan heterogenitas tinggi terhadap gender ($d = 1.93$, $Z = 6.50$, $p < 0.001$, $Q = 153.60$, $I^2 = 93\%$).

Hasil temuan ini mencerminkan dampak positif penggunaan STEM dalam konteks pendidikan Sekolah Menengah Atas, khususnya terkait hasil belajar siswa dan perbedaan gender. Hasil analisis meta membuktikan bahwa penerapan STEM secara signifikan lebih efektif dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional, terutama dalam meningkatkan pengetahuan, kreatifitas, prestasi, dan berpikir kritis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh STEM yang tinggi pada pengetahuan, kreatifitas, dan prestasi memberikan implikasi besar terhadap peningkatan kualitas pendidikan di Sekolah Menengah Atas (Ab Kadir *et al.*, 2021; Ardianti *et al.*, 2020; Chen & Chang, 2018; Fadlina & Ritonga, 2021; Lin *et al.*, 2019; Shahbazloo & Abdullah Mirzaie, 2023; Simeon *et al.*, 2022; Sinurat *et al.*, 2022). Keberhasilan STEM dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis juga menunjukkan relevansinya dalam mengembangkan kemampuan analitis dan pemecahan masalah siswa, yang merupakan aspek kritis untuk persiapan siswa

menghadapi tantangan di masa depan (Fong *et al.*, 2017; Pratiwi *et al.*, 2023; Supena *et al.*, 2021; Usmeldi *et al.*, 2017).



Gambar 5. *Funnel plot* pengaruh STEM berdasarkan gender



Gambar 6. *Forest plot* pengaruh STEM berdasarkan gender

Namun, temuan terkait HOTS yang menunjukkan tingkat kecil dan tidak signifikan (Haryadi *et al.*, 2021), bersama dengan ketidaksignifikan STEM terhadap literasi sains (Listiana *et al.*, 2019) dan kognitif (Sinurat *et al.*, 2022), menunjukkan bahwa perlu perhatian lebih lanjut untuk memahami dimensi-dimensi tersebut dalam konteks pembelajaran STEM di Sekolah Menengah Atas. Hal ini dapat disebabkan karena studi yang disertakan relatif kecil, dan penelitian selanjutnya dapat melibatkan penyesuaian strategi pembelajaran atau penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi.

Selain itu, variasi jumlah studi pada HOTS, literasi sains, dan kognitif mengindikasikan keterbatasan data empiris yang dapat dianalisis. Keterbatasan ini menunjukkan bahwa area-area tertentu dalam pembelajaran fisika belum mendapatkan eksplorasi yang memadai dalam literatur penelitian yang ada. Oleh karena itu, untuk memperoleh pemahaman yang lebih holistik dan mendalam tentang dampak STEM, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi hasil belajar ini dan lainnya pada siswa.

Dalam konteks analisis gender, hasil temuan menunjukkan bahwa penerapan STEM berdampak

positif pada hasil belajar siswa di Sekolah Menengah Atas, baik pada laki-laki maupun perempuan. Temuan ini sejalan dengan Samsudin *et al.* (2018) yang menemukan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam kinerja anak perempuan dan anak laki-laki di sekolah menengah atas dalam STEM. Selain itu, Analisis sub grup menunjukkan bahwa STEM memiliki pengaruh signifikan pada kedua kelompok gender, meskipun dengan intensitas yang berbeda. Temuan ini sejalan dengan pandangan Saraç (2018) yang menyoroti perlunya penelitian lebih lanjut untuk memahami peran gender dalam praktik pendidikan STEM. Menariknya, studi ini juga mencatat bahwa kesenjangan gender dapat muncul dalam penggunaan teknik pedagogis, dengan laki-laki cenderung menggunakan teknik tersebut lebih banyak daripada perempuan (Hinojo-Lucena *et al.*, 2020; Wong *et al.*, 2023). Implikasinya, penerapan STEM tidak hanya memberikan dampak positif secara keseluruhan namun juga merinci perbedaan dalam partisipasi dan penerimaan laki-laki dan perempuan terhadap metode pembelajaran ini (Samsudin *et al.*, 2018; Shahbazloo & Abdullah Mirzaie, 2023; Simeon *et al.*, 2022). Saraç (2018) menyebutkan bahwa kesenjangan gender dalam metode pengajaran STEM menjadi salah satu isu utama, dan temuan ini menambahkan pemahaman bahwa STEM mungkin perlu disusun ulang untuk meminimalkan disparitas ini. Meskipun penelitian ini menunjukkan dampak positif secara umum, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yang memfokuskan pada penyelidikan lebih mendalam terkait pengaruh STEM pada aspek gender (Usmaldi *et al.*, 2017). Dengan demikian, dapat dikembangkan strategi pembelajaran yang lebih inklusif dan mempertimbangkan keberagaman dalam respons siswa berdasarkan gender.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk mendukung integrasi STEM dalam pembelajaran di Sekolah Menengah Atas. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, mayoritas temuan didasarkan pada hasil studi yang memiliki keragaman metodologis dan kontekstual. Kedua, tingginya heterogenitas dalam beberapa dimensi menunjukkan variasi yang signifikan di antara studi yang disertakan, yang bisa disebabkan oleh perbedaan desain penelitian, sampel, atau metode pengukuran. Oleh karena itu, hasil ini perlu diartikan secara hati-hati dengan mempertimbangkan variabilitas tersebut. Lebih lanjut, dimensi tertentu seperti HOTS, literasi sains, dan kognitif tidak memungkinkan perhitungan heterogenitas, menambah kompleksitas interpretasi hasil. Namun demikian, temuan ini tetap memberikan sumbangan berharga pada literatur STEM di tingkat Sekolah Menengah Atas. Implikasi praktisnya mencakup perbaikan metode pembelajaran dan pengembangan materi ajar STEM. Implikasi teoretisnya memberikan dasar bagi penelitian selanjutnya untuk mengisi celah pengetahuan, terutama yang berkaitan dengan

dimensi-dimensi yang belum sepenuhnya terungkap dalam penelitian ini.

SIMPULAN

Penelitian ini memberikan bukti kuat bahwa penerapan STEM secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa di Sekolah Menengah Atas. Temuan menunjukkan bahwa STEM lebih efektif daripada metode pembelajaran tradisional dalam meningkatkan pengetahuan, kreativitas, prestasi, dan kemampuan berpikir kritis. Analisis gender juga mengungkapkan dampak positif STEM pada kedua kelompok gender, meskipun dengan intensitas yang berbeda. Implikasinya, pengintegrasian STEM dalam pembelajaran dapat memberikan kontribusi positif pada peningkatan kualitas pendidikan di tingkat ini, sambil menyoroti pentingnya penelitian lebih lanjut untuk memahami peran gender dan dimensi-dimensi lainnya yang belum sepenuhnya terungkap dalam konteks pembelajaran STEM di Sekolah Menengah Atas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ab Kadir, W., Huda, W. N., Abdullah, N. S. Y., & Mustapha, I. R. (2021). The Effectiveness of Form Four STEM-Based Physics Interactive Laboratory (I-Lab) by Employing Isman Instructional Design Model. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 20(2), 140–145.
- Alatas, F., & Yakin, N. A. (2021). The Effect of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Learning on Students' Problem Solving Skill. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.26737/jipf.v6i1.1829>
- Antonio, R. P., & Castro, R. R. (2023). Effectiveness of Virtual Simulations in Improving Secondary Students' Achievement in Physics: A Meta-Analysis. *International Journal of Instruction*, 16(2), 533–556. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16229a>
- Ardianti, S., Sulisworo, D., Pramudya, Y., & Raharjo, W. (2020). The Impact of the Use of STEM Education Approach on the Blended Learning to Improve Student's Critical Thinking Skills. *Universal Journal of Educational Research*, 8(3B), 24–32. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.081503>
- Bedar, R. W. A.-H., & Al-Shboul, M. A. (2020). The Effect of Using STEAM Approach on Motivation Towards Learning Among High School Students in Jordan. *International Education Studies*, 13(9), 48. <https://doi.org/10.5539/ies.v13n9p48>
- Çevik, M., & Azkın, Z. (2020). STEM Anlayışının ve Görselleştirilmesinin Zeka Alanlarıyla İlişkisinde Proje Tabanlı Öğretime Dayanan

- STEM Yaklaşımının (STEM PTÖ) Rolü. *Mediterranean Journal of Educational Research*, 14(34), 1–44. <https://doi.org/10.29329/mjer.2020.322.1>
- Chen, Y., & Chang, C.-C. (2018). The Impact of an Integrated Robotics STEM Course with a Sailboat Topic on High School Students' Perceptions of Integrative STEM, Interest, and Career Orientation. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/94314>
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Academic press. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Dugger, W. E. (2010). Evolution of STEM in the United States. *Knowledge in Technology Education: Proceedings of the 6th Biennial International Conference on Technology Education: Volume One (TERC 2010) Volume One (TERC 2010)*, 117–123.
- Fadillah, M. A., & Sahyar, S. (2023). Development of Higher Order Thinking Skills (HOTS) Test Instruments on Parabolic and Circular Motion Materials in High Schools. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 11(3), 329–338. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20527/bipf.v11i3.16697>
- Fadlina, F., & Ritonga, S. (2021). The Implementation of STEM-Based Discovery Learning Model in Motion Systems Concept to Improve Learning Outcomes. *Asian Journal of Science Education*, 3(2), 120–125. <https://doi.org/10.24815/ajse.v3i2.19724>
- Firat, E. A. (2020). Science, Technology, Engineering, and Mathematics Integration: Science Teachers' Perceptions and Beliefs. *Science Education International*, 31(1), 104–116. <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i1.11>
- Fong, C. J., Kim, Y., Davis, C. W., Hoang, T., & Kim, Y. W. (2017). A meta-analysis on critical thinking and community college student achievement. *Thinking Skills and Creativity*, 26, 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.06.002>
- Funa, A. A., & Prudente, M. S. (2021). Effectiveness of Problem-Based Learning on Secondary Students' Achievement in Science: A Meta-Analysis. *International Journal of Instruction*, 14(4), 69–84. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.1445a>
- Hakim, R. Y. N., Tamtomo, D., & Murti, B. (2023). Effect of Gluten Free Casein Free Diet on Maladaptive Behavior in Autistic Children: Meta-Analysis. *Indonesian Journal of Medicine*, 8(3), 286–294. <https://doi.org/https://doi.org/10.26911/theijme.d.2023.08.03.06>
- Hansen, M. (2014). Characteristics of Schools Successful in STEM: Evidence from Two States' Longitudinal Data. *The Journal of Educational Research*, 107(5), 374–391. <https://doi.org/10.1080/00220671.2013.823364>
- Haryadi, R., Situmorang, R., & Khaerudin, K. (2021). Enhancing Students' High-Order Thinking Skills through STEM-Blended Learning on Kepler's Law During Covid-19 Outbreak. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 7(2), 168. <https://doi.org/10.30870/jppi.v7i2.12029>
- Hinojo-Lucena, F.-J., Dúo-Terrón, P., Ramos Navas-Parejo, M., Rodríguez-Jiménez, C., & Moreno-Guerrero, A.-J. (2020). Scientific Performance and Mapping of the Term STEM in Education on the Web of Science. *Sustainability*, 12(6), 2279. <https://doi.org/10.3390/su12062279>
- Judson, E. (2014). Effects of Transferring to STEM-Focused Charter and Magnet Schools on Student Achievement. *The Journal of Educational Research*, 107(4), 255–266. <https://doi.org/10.1080/00220671.2013.823367>
- Lara-Alvarez, C. A., Parra-González, E. F., Ortiz-Esparza, M. A., & Cardona-Reyes, H. (2023). Effectiveness of virtual reality in elementary school: A meta-analysis of controlled studies. *Contemporary Educational Technology*, 15(4), ep459. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13569>
- Lin, Y.-T., Wang, M.-T., & Wu, C.-C. (2019). Design and Implementation of Interdisciplinary STEM Instruction: Teaching Programming by Computational Physics. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1), 77–91. <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0415-0>
- Listiana, L., Abdurrahman, A., Suyatna, A., & Nuangchalerm, P. (2019). The Effect of Newtonian Dynamics STEM-Integrated Learning Strategy to Increase Scientific Literacy of Senior High School Students. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 8(1), 43–52. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v8i1.2536>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), 1006–1012. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.005>
- Narulita, D., & Aprilianto, D. (2022). Meta-Analysis Study: Is Dental Health Education Effective to Improve Knowledge, Attitude, and Behavior in Adolescents? *Journal of Health Promotion and Behavior*, 7(3), 197–207. <https://doi.org/10.26911/thejhp.2022.07.03.03>
- Pratiwi, A. N., Aisyah, N., Somakim, S., & Kamran, M. (2023). STEM-based approach: A learning design to improve critical thinking skills. *Al-Jabar : Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(1), 225–237. <https://doi.org/10.24042/ajpm.v14i1.18054>

- Samsudin, M. A., Zain, A. N. M., Jamali, S. M., & Ebrahim, N. A. (2018). Physics Achievement in STEM PjBL: A Gender Study. *The Asia Pacific Journal of Educators and Education*, 32, 21–28.
- Saraç, H. (2018). The Effect of Science, Technology, Engineering and Mathematics-STEM Educational Practices on Students' Learning Outcomes: A Meta-Analysis Study. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 17(2), 125–142.
- Sari, S. Y., Hirahmah, A., Hidayati, H., & Rahim, F. R. (2023). Validity of Interactive Learning Media Integrated Critical and Creative Thinking Skills Aided by the Lectora Inspire Application. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 7(2), 204. <https://doi.org/10.20527/jipf.v7i2.7404>
- Shahbazloo, F., & Abdullah Mirzaie, R. (2023). Investigating the effect of 5E-based STEM education in solar energy context on creativity and academic achievement of female junior high school students. *Thinking Skills and Creativity*, 49, 101336. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101336>
- Simeon, M. I., Samsudin, M. A., & Yakob, N. (2022). Effect of design thinking approach on students' achievement in some selected physics concepts in the context of STEM learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(1), 185–212. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09601-1>
- Sinurat, H. A. Y., Syaiful, S., & Muhammad, D. (2022). The Implementation of Integrated Project-Based Learning Science Technology Engineering Mathematics on Creative Thinking Skills and Student Cognitive Learning Outcomes in Dynamic Fluid. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 8(1), 83–94. <https://doi.org/10.21009/1.08108>
- Supena, I., Darmuki, A., & Hariyadi, A. (2021). The Influence of 4C (Constructive, Critical, Creativity, Collaborative) Learning Model on Students' Learning Outcomes. *International Journal of Instruction*, 14(3), 873–892. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14351a>
- Usmaldi, U., Amini, R., & Trisna, S. (2017). The Development of Research-Based Learning Model with Science, Environment, Technology, and Society Approaches to Improve Critical Thinking of Students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 318. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.10680>
- Utari, N., Ambiyar, A., Usmaldi, U., Syah, N., Arwizet, A., & Anwar, M. (2021). Meta-analysis: effectiveness of e-learning-based learning media in vocational education. *EDUTECH: Journal of Education And Technology*, 5(2), 306–315. <https://www.ejournal.ijshs.org/index.php/edu/article/view/319>
- Wahono, B., Lin, P.-L., & Chang, C.-Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>
- 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>
- Widya, Rifandi, R., & Laila Rahmi, Y. (2019). STEM education to fulfil the 21st century demand: a literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1), 012208. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012208>
- Wong, B., Chiu, Y.-L. T., Murray, Ó. M., Horsburgh, J., & Copey-Blake, M. (2023). 'Biology is easy, physics is hard': Student perceptions of the ideal and the typical student across STEM higher education. *International Studies in Sociology of Education*, 32(1), 118–139. <https://doi.org/10.1080/09620214.2022.2122532>
- Zuo, M., Kong, S., Ma, Y., Hu, Y., & Xiao, M. (2023). The Effects of Using Scaffolding in Online Learning: A Meta-Analysis. *Education Sciences*, 13(7), 705. <https://doi.org/10.3390/educsci13070705>
- Županec, V., Radulović, B., & Lazarević, T. (2022). Instructional Efficiency of STEM Approach in Biology Teaching in Primary School in Serbia. *Sustainability*, 14(24), 16416. <https://doi.org/10.3390/su142416416>