

Refleksi *Lesson Study*: Pembelajaran Kimia Berbasis Fenomena Air Mancur Amonia Terintegrasi STEAM

Mian Maria Stephanie
SMAK 1 PENABUR Jakarta

mianmariastephanie1988@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pelaksanaan *lesson study* pada pembelajaran berbasis fenomena air mancur amonia terintegrasi STEAM. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif yang dilaksanakan pada bulan Februari-April oleh 12 guru kimia DKI Jakarta dengan objek penelitian peserta didik kelas XI-3 di SMAN 57 Jakarta. Data dikumpulkan melalui lembar observasi, dokumentasi pembelajaran, catatan refleksi observer dan notula kegiatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *lesson study* melalui tahap *plan, do and see* mampu merangkul aktivitas peserta didik selama pembelajaran terintegrasi STEAM. Teramati bahwa seluruh aspek STEAM muncul, dengan aspek engineering sebagai aspek yang paling dominan karena peserta didik merancang, merakit, memodifikasi alat percobaan melalui *trial and error*, sementara aspek mathematics dan arts masih belum berkembang secara optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperlukan desain pembelajaran yang dirancang dengan matang agar aspek STEAM muncul secara seimbang. Hal ini menunjukkan bahwa *lesson study* tidak hanya berperan sebagai sarana pengembangan profesional guru dalam merancang pembelajaran yang lebih efektif dan juga sebagai bahan refleksi untuk mengevaluasi integrasi STEAM pada pembelajaran.

Kata kunci: *lesson study*, STEAM, air mancur amonia, pembelajaran kimia

1. Latar Belakang

Pada bulan November 2025 telah diadakan Tes Kemampuan Akademik (TKA). Menurut Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah, TKA bertujuan untuk mengetahui penguasaan kompetensi akademik peserta didik dan mutu pembelajaran pada satuan pendidikan. Hasil TKA yang resmi terbit menunjukkan bahwa rata-rata TKA kimia hanya mencapai nilai 34,92, dimana nilai ini menjadikan kimia sebagai salah satu mata pelajaran dengan nilai terendah jenjang SMA dibandingkan Biologi (54,40) atau Fisika (37,65). Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran kimia menghadapi tantangan dalam membantu peserta didik untuk memahami konsep kimia secara mendalam sehingga siap mengerjakan soal apapun.

Kualitas pembelajaran perlu dikembangkan untuk melatih kemampuan kompetensi peserta didik dalam berpikir kritis dan pemecahan masalah sehingga peserta didik mampu menguasai konsep dalam kimia dan meraih nilai yang lebih tinggi pada instrumen TKA. Salah satu pendekatan yang relevan adalah pembelajaran berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) yang menekankan pemecahan masalah secara autentik dan kontekstual yang menghubungkan berbagai disiplin ilmu dalam konteks pemecahan masalah dunia nyata [1], [2]. Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa pembelajaran STEAM memberi peluang bagi peserta didik untuk meningkatkan kreativitas, literasi sains, pemecahan masalah peserta didik dan kemampuan kolaborasi [3],[4]. Namun demikian pembelajaran STEAM memerlukan persiapan guru dalam menyiapkan rencana kegiatan agar tercipta aktivitas yang terintegrasi dan bermakna. Hal tersebut tentu sesuatu yang tidak mudah dilakukan oleh guru, maka dari itu dibutuhkan kolaborasi antara beberapa guru dalam merencanakan pembelajaran STEAM. Seperti pernah diungkapkan bahwa salah satu tantangan implementasi STEAM di sekolah adalah keterbatasan guru dalam memahami cara mengintegrasikan aspek-aspek STEAM dan merancang pembelajaran secara efektif [5].

Lesson study merupakan salah satu contoh pengembangan profesionalitas guru yang memungkinkan guru merancang, melaksanakan dan merefleksikan pembelajaran secara kolaboratif, termasuk dalam komunitas MGMP. *Lesson study* pertama kali berkembang di Jepang dan menjadi bagian dalam peningkatan mutu atau keberhasilan pembelajaran di Jepang. Keberhasilan ini tampak pada hasil PISA 2022 dimana Jepang memperoleh skor 536 pada matematika, 516 pada membaca, dan 547 pada sains [6]. *Lesson study* kemudian dipandang sebagai salah satu budaya positif yang mendukung peningkatan mutu pembelajaran sehingga menginspirasi berbagai negara termasuk Indonesia. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang mengatakan bahwa *lesson study* berkontribusi

terhadap pengembangan pedagogik guru, kualitas pembelajaran, refleksi, dan pengembangan praktik mengajar secara berkolaborasi [7].

Salah satu materi pembelajaran yang sesuai untuk mengintegrasikan model pembelajaran STEAM adalah materi kesetimbangan kimia dengan kegiatan fenomena air mancur amonia. Saat melakukan percobaan ini, peserta didik dalam kelompok akan menerapkan konsep pergeseran kesetimbangan kimia, merakit alat percobaan agar tidak terjadi kebocoran gas amonia, mencari literatur dalam merancang dan memungkinkan mengetahui pengaruh kepekatan perubahan warna pada percobaan dengan konsentrasi atau jumlah reaktan yang dipakai. Aktivitas pembelajaran memberikan kesempatan kepada peserta didik sehingga berpotensi munculkan aspek-aspek STEAM dalam proses pembelajaran. Namun demikian, penelitian ini masih terbatas, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pelaksanaan *lesson study* pada pembelajaran kimia berbasis fenomena air mancur amonia terintegrasi STEAM.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif untuk mendeskripsikan hasil refleksi *lesson study* terhadap pembelajaran kimia berbasis fenomena air mancur amonia terintegrasi STEAM. Penelitian dilaksanakan pada peserta didik kelas XI SMA Negeri 57 Jakarta pada materi kesetimbangan kimia. Subjek penelitian terdiri atas satu kelas yang mengikuti pembelajaran praktikum air mancur NH_3 dalam kegiatan *open class*. Tim *lesson study* terdiri atas guru model dan observer yang merupakan guru kimia.

Lesson study dilaksanakan melalui tiga tahapan, yaitu *plan*, *do*, dan *see*. Pada tahap *plan*, guru-guru secara kolaboratif merancang pembelajaran berbasis fenomena terintegrasi STEAM menggunakan praktikum air mancur NH_3 sebagai konteks pembelajaran. Tahap *do* berupa pelaksanaan *open class* yang diobservasi oleh observer. Tahap *see* dilakukan melalui refleksi kolaboratif berdasarkan hasil observasi. Data penelitian yang dikumpulkan diantaranya adalah lembar observasi *lesson study*, dokumentasi pembelajaran, catatan refleksi observer dan notula kegiatan.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Implikasi *Lesson Study*

Lesson study dimulai dengan tahap *plan*. Pada tahap ini, dirancang rencana pembelajaran *deep learning* dengan model pembelajaran STEAM secara kolaboratif. Rancangan pembelajaran ini baru pertama kali dilakukan pada sekolah objek meskipun demonstrasi fenomena air mancur sudah dilakukan pada tahun pelajaran sebelumnya. Pada tahap *plan*, para guru mengeksplorasi pengalaman dan pengetahuan pedagogik yang dimiliki untuk membuat rancangan pembelajaran yang memungkinkan aspek STEAM muncul dalam pembelajaran. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa *lesson study* mampu meningkatkan kualitas perencanaan pembelajaran melalui diskusi reflektif berbasis pengetahuan pedagogik guru [8].

Pada tahap *do*, guru model memberikan motivasi pembelajaran dengan menuliskan reaksi kesetimbangan amonia di papan tulis. Hal ini berhasil meningkatkan perhatian peserta didik, Hal ini terlihat dari aktivitas peserta didik yang memperhatikan papan tulis sambil mencatat reaksi kesetimbangan yang diajarkan. Guru melanjutkan dengan memberikan video fenomena air mancur amonia untuk diamati oleh kelompok, guru mengingatkan juga peserta didik untuk merakit alat sehingga tidak terjadi kebocoran gas amonia. Pada kegiatan ini, teramati bahwa peserta didik melakukan pembelajaran dengan aktif, mereka saling berdiskusi dan mencoba berbagai cara untuk merakit alat dengan baik. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis desain dan pemecahan masalah kontekstual dalam STEAM dapat meningkatkan keterlibatan dan partisipasi aktif peserta didik [1]. Pada tahap ini teramati bahwa kemunculan aspek STEAM perlu diimbangi dengan desain pembelajaran yang mampu menanamkan konsep mendalam, bukan hanya aktivitas saja. Hal ini menegaskan bahwa keberhasilan praktikum sangat ditentukan oleh kualitas refleksi konseptual setelah eksperimen [9].

Tahap refleksi menunjukkan bahwa seluruh STEAM muncul selama pembelajaran meskipun tidak semua aspek dominan terlihat. Aspek engineering adalah aspek yang paling dominan karena peserta didik merancang, merakit, memodifikasi alat percobaan melalui *trial and error*, sementara aspek *mathematics* dan *arts* adalah aspek yang paling rendah kemunculannya. Aspek *arts* sedikit muncul karena desain yang dibuat peserta didik belum mengeksplorasi aspek art pada alat pembelajaran selain dari presentasi hasil diskusi kelompok secara lisan maupun visual. Sementara aspek *mathematics* sedikit muncul karena tidak adanya perhitungan kuantitatif pada pembelajaran STEAM fenomena air mancur amonia.

Secara keseluruhan, hasil pelaksanaan *lesson study* menunjukkan bahwa proses kolaboratif pada tahap *plan*, *do*, dan *see* berkontribusi terhadap peningkatan kualitas pembelajaran. Proses ini memberi kesempatan bagi guru-guru

untuk mengembangkan praktik pembelajaran di kelas. Hal ini mendukung penelitian terdahulu oleh Lewis (2002) yang menunjukkan bahwa *lesson study* berkontribusi dalam peningkatan pedagogik guru dan kualitas pembelajaran sains [7] dan mampu meningkatkan kemampuan refleksi guru terhadap pembelajaran.

3.2 Interpretasi aspek STEAM

Berdasarkan analisis penelitian, aspek STEAM muncul dalam pembelajaran dimana peserta didik diminta untuk melakukan percobaan kesetimbangan kimia yaitu air mancur amonia yang minim kebocoran gas amonia seperti Gambar 1. Pada awal pembelajaran para peserta didik tampak antusias memperhatikan penjelasan guru dan melakukan yel-yel, meskipun keaktifan dalam hal bertanta masih rendah. Keaktifan peserta didik meningkat saat aktivitas praktikum di mulai, peserta didik terlihat mulai mempelajari video, memahami LKPD, berdiskusi dan merakit alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Meskipun demikian, teramati juga bahwa keaktifan peserta didik dalam pembelajaran belum tentu sejalan dengan efektivitas pembelajaran, hal ini dapat dilihat dari kelompok 6, dimana sebagian besar waktu mereka tersita untuk menyelesaikan masalah teknis seperti membolongi karet kayu untuk menutup erlenmeyer dan menyambungkan selang antara erlenmeyer dan labu bulat. Masalah ini membuat praktikum mereka tidak selesai sehingga waktu untuk merefleksikan konsep pada pembelajaran kali ini terbatas. Hal ini sesuai dengan temuan yang menyatakan bahwa aktivitas praktikum dalam pembelajaran sains tidak otomatis menghasilkan pemahaman konseptual apabila tidak diikuti dengan proses menganalisis dan refleksi makna konseptual dari aktivitas yang dilakukan [10]. Berdasarkan hasil pengamatan, analisis kemunculan STEAM berdasarkan observasi tiap kelompok disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Hasil Percobaan



Gambar 2. Aktivitas peserta didik

Tabel 1. Analisis Kemunculan STEAM

Kelompok	Aspek STEAM	Aktivitas	Indikator kemunculan	Bukti observasi
1	Science	Diskusi penyebab kegagalan eksperimen dan hubungan dengan tekanan gas	Peserta didik menghubungkan kebocoran alat dengan perubahan tekanan dalam sistem	Diskusi tentang kebocoran NH ₃
	Technology	Menggunakan video prosedur praktikum sebagai panduan	Peserta didik membuka dan mengamati video prosedur sebelum memperbaiki alat	Peserta didik membuka video untuk memahami alat
	Engineering	Memodifikasi rangkaian alat dan mengganti gabus	Peserta didik melakukan trial-error untuk memperbaiki desain alat	Mengganti gabus, mencoba ulang rangkaian alat
	Science	Presentasi hasil praktikum dan penjelasan fenomena air mancur NH ₃	Peserta didik menjelaskan hubungan kelarutan NH ₃ dan tekanan gas	Presentasi hasil percobaan
2	Engineering	Mendesain ulang alat menggunakan gabus 2 lubang	Peserta didik memperbaiki desain alat hingga percobaan berhasil	Mengganti gabus, melubangi dan melakukan lagi hingga berhasil
	Arts	Presentasi hasil praktikum	Peserta didik melakukan presentasi bergantian, seperti sedang bercerita	Presentasi
	Mathematics	Mengisi data hasil pengamatan pada LKPD	Peserta didik mencatat hasil pengamatan sistematis pada tabel LKPD	Mengisi LKPD hasil pengamatan dengan mencatat kadar amonia yang dipakai dan warna indikator setelah percobaan.

Kelompok	Aspek STEAM	Aktivitas	Indikator kemunculan	Bukti observasi
3	<i>Science</i>	Menganalisis penyebab eksperimen gagal karena lupa mengasapi labu	Peserta didik mengaitkan kegagalan dengan prosedur eksperimen	Lupa mengasapi labu
	<i>Engineering</i>	Melakukan trial-error pada pembuatan lubang sumbat	Peserta didik mencoba berulang memperbaiki konstruksi alat	Gagal membuat lubang sumbat 3x
4	<i>Science</i>	Mengamati terbentuknya air mancur dan perubahan warna indikator	Peserta didik menghubungkan fenomena dengan konsep kesetimbangan	Berhasil melihat air mancur
	<i>Engineering</i>	Merakit alat praktikum dan membolongi penutup kayu	Peserta didik melakukan konstruksi alat secara mandiri	Membolongi penutup kayu
5	<i>Science</i>	Presentasi penjelasan fenomena tekanan dan indikator	Peserta didik menjelaskan perubahan warna dan tekanan dalam sistem	Presentasi konsep ilmiah
	<i>Technology</i>	Mengakses sumber informasi melalui HP saat diskusi	Peserta didik menggunakan perangkat digital untuk mencari referensi	Menggunakan HP saat kebingungan
	<i>Engineering</i>	Pembagian peran dalam penyusunan alat eksperimen	Peserta didik berkolaborasi merancang strategi kerja kelompok	Ada role jelas dalam kelompok
6	<i>Science</i>	Analisis penghentian reaksi dan kegagalan percobaan	Peserta didik mengidentifikasi kemungkinan penyebab eksperimen berhenti	Menyadari reaksi berhenti ketika tidak lagi terbentuk gas
	<i>Engineering</i>	Mengganti alat dan menyesuaikan posisi komponen	Peserta didik memodifikasi desain alat untuk meningkatkan keberhasilan	Mengganti erlenmeyer, menutup sumbat lagi dengan tisu

Aspek *science* muncul ketika peserta didik mulai menghubungkan fenomena eksperimen dengan konsep faktor pergeseran kesetimbangan, aspek ini terlihat pada saat diskusi kelompok, analisis kegagalan eksperimen, dan presentasi hasil praktikum. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman konsep muncul ketika peserta didik berhasil mengerjakan eksperimen, merefleksikan dan menjelaskan fenomena yang diamati. Namun demikian, penelitian ini juga mengindikasikan bahwa ada perbedaan pemahaman konsep antara peserta didik yang berhasil melakukan percobaan dengan yang tidak, sehingga diperlukan perbaikan diantaranya adalah kesiapan alat untuk merakit alat percobaan dan optimalisasi bagian refleksi agar seluruh peserta didik dapat membangun pemahaman konsep melalui hasil percobaan kelompok lain. Hal ini diperlukan karena kegiatan laboratorium akan lebih bermakna apabila peserta didik mampu menghubungkan aktivitas eksperimen dengan pemahaman konseptual terhadap fenomena yang diamati [11].

Aspek *technology* muncul ketika peserta didik memanfaatkan media digital untuk mengamati video fenomena air mancur amonia berkali-kali dan mencari informasi tambahan melalui perangkat seluler. Video menjadi salah satu sumber belajar yang membantu para siswa gambaran tentang alat percobaan yang harus dirakit, meskipun teramatinya terdapat beberapa kelompok menggunakan telepon seluler untuk hanya untuk merekam percobaan. Hasil temuan ini menunjukkan bahwa selain perlunya perbaikan dalam rancangan pembelajaran sehingga teknologi dimanfaatkan secara maksimal, perlu juga adanya penguatan literasi digital oleh peserta didik untuk menggunakan teknologi sebagai media mencari solusi yang berkontribusi dalam setiap pembelajaran. Hal ini memperkuat bahwa teknologi dapat berperan sebagai sarana untuk memecahkan masalah, namun keberhasilan penerapan teknologi dalam pembelajaran ditentukan bagaimana integrasinya dalam pembelajaran [12].

Aspek *engineering* adalah aspek yang paling dominan muncul karena sebagian besar aktivitas peserta didik berfokus pada proses merakit, memodifikasi dan memperbaiki alat. Fenomena air mancur amonia yang melibatkan gas berbau yang menuntut peserta didik untuk merakit alat dengan sistem tertutup atau kebocoran gas seminimal mungkin. Hal ini secara alamiah mendorong peserta didik melakukan trial-error dan mengembangkan kemampuan pemecahan masalah, karena aktivitas desain dan pemecahan masalah adalah karakteristik dalam pembelajaran STEAM [5]. Hal ini menunjukkan perlunya aktivitas pembelajaran berbasis desain dan pemecahan masalah autentik secara inheren untuk memunculkan dimensi *engineering* dalam implementasi STEAM [1]. Temuan lain dari penelitian ini adalah peserta didik lebih fokus membuat alat yang baik namun melupakan hubungan antara konsep dan design alat. Hasil temuan ini menunjukkan bahwa saat pembelajaran STEAM, ruang diskusi antara guru dan peserta didik sangat dibutuhkan sehingga kesalahan teknis saat perakitan dapat diselesaikan dengan cepat dan pemahaman konsep dapat terbangun. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa pembelajaran proyek memerlukan bimbingan guru agar berjalan secara optimal [13].

Sementara itu, aspek *arts* muncul terutama pada aspek komunikasi dan presentasi hasil diskusi kelompok, khususnya dalam cara peserta didik menyampaikan ide dan menyusun argumen selama presentasi. Hal ini menunjukkan bahwa aspek *arts* dalam STEAM juga dapat muncul pada kreatifitas peserta didik dalam

berkomunikasi. Aspek arts dalam STEAM tidak selalu berarti seni visual, tetapi juga mencakup kreativitas, desain komunikasi, ekspresi ide, dan kemampuan representasi [14]. Pada saat menyampaikan presentasi, peserta didik belajar untuk menyampaikan pemahaman konsep yang mereka mengerti kepada anggota kelompok yang lain, hal ini tentu merupakan bagian penting dalam pembelajaran. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan pembelajaran STEAM melibatkan peserta didik dalam menjelaskan dan menyampaikan hasil kerja mereka [15]. Aktivitas presentasi juga memberikan ruang untuk mengungkapkan pemahaman konsep terhadap apa yang sudah dikerjakan. Namun demikian, kemampuan komunikasi peserta didik belum teramati seluruhnya karena hanya 2 kelompok yang melakukan presentasi, sehingga diperlukan diperbaiki dengan memberikan kesempatan bagi tiap kelompok untuk melakukan presentasi dengan cara yang kreatif namun tetap terstruktur.

Aspek *mathematics* muncul pada aktivitas pencatatan kadar amonia dan warna indikator fenolftalein (PP) yang digunakan. Melalui kegiatan ini, peserta didik mengidentifikasi bahwa semakin besar kadar amonia yang digunakan, semakin pekat warna indikator PP yang dihasilkan, artinya kadar amonia yang digunakan berbanding lurus dengan perubahan warna indikator. Namun demikian aspek *mathematics* pada pembelajaran ini masih terbatas, sehingga aspek *mathematics* belum optimal. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menyatakan bahwa aspek *mathematics* sering menjadi aspek paling lemah dalam implementasi STEAM [2]. Hal ini tentunya menjadi tantangan bagi guru untuk merancang aktivitas kuantitatif dalam pembelajaran STEAM berikutnya.

Hasil penelitian menunjukkan ada variasi kemunculan aspek STEAM dalam pembelajaran. Berdasarkan hasil diskusi refleksi guru-guru, variasi tersebut terjadi karena setiap kelompok memiliki strategi dan tingkat keberhasilan yang berbeda, selain itu pengalaman guru dalam merancang pembelajaran STEAM juga memengaruhi kemunculan aspek dalam pembelajaran. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menyatakan bahwa keberhasilan implementasi STEAM dipengaruhi oleh perencanaan pembelajaran yang secara sengaja mengintegrasikan berbagai disiplin secara proporsional [2]. Hal ini mengindikasikan bahwa integrasi STEAM dalam pembelajaran berbasis fenomena memerlukan rancangan pembelajaran yang matang agar seluruh aspek STEAM dapat muncul secara seimbang dan autentik [3].

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pelaksanaan *lesson study* oleh MGMP kimia melalui tahap *plan*, *do* dan *see* memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan pembelajaran kimia berbasis fenomena terintegrasi STEAM. Melalui kolaborasi antarguru, observasi kelas, dan refleksi bersama, *lesson study* memungkinkan guru untuk mengevaluasi efektivitas desain pembelajaran secara langsung berdasarkan aktivitas nyata peserta didik di kelas.

Hasil pembelajaran berbasis fenomena air mancur amonia menunjukkan bahwa seluruh aspek STEAM muncul dalam pembelajaran, meskipun distribusinya belum merata. Aspek engineering menjadi aspek yang paling dominan karena aktivitas peserta didik berfokus pada proses merancang, merakit, dan memodifikasi alat melalui trial and error, sedangkan aspek *mathematics* dan *arts* masih belum berkembang secara optimal. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi STEAM memerlukan perencanaan yang matang agar setiap aspek dapat muncul secara seimbang dan mendukung pemahaman konseptual peserta didik.

Selain itu *lesson study* juga membantu guru mengidentifikasi berbagai hambatan implementasi yang tidak sepenuhnya terprediksi pada tahap perencanaan. Dengan demikian, *lesson study* tidak hanya berfungsi sebagai sarana pengembangan profesional guru, tetapi juga sebagai mekanisme sistematis untuk meningkatkan kualitas desain pembelajaran kimia dan merancang perbaikan pembelajaran yang lebih efektif dan bermakna. Dengan demikian, penelitian ini merekomendasikan penggunaan *lesson study* sebagai pendekatan kolaboratif dalam mengembangkan pembelajaran kimia berbasis STEAM yang lebih terstruktur dan berorientasi pada pemahaman konseptual peserta didik.

Pengakuan

Dr. Joko Arwanto, M.Pd sebagai Ketua Sub Kelompok Kurikulum dan Penilaian Bidang SMA.

Tyaswati Wuryaningsih, M.Pd sebagai pengawas sekolah

Daftar Pustaka

- [1] D. Herro, C. Quigley, J. Andrews, en G. Delacruz, "Co-Measure : developing an assessment for student collaboration in STEAM

DOI: <https://doi.org/10.xxxx/PISA.xxxx.xxx>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

- activities”, 2017, doi: 10.1186/s40594-017-0094-z.
- [2] K. C. Margot en T. Kettler, “Teachers ’ perception of STEM integration and education : a systematic literature review”, vol 2, no 6, bl 2, 2019, doi: <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>.
- [3] Y. Rahmawati, E. Erdawati, A. Ridwan, N. Veronica, en D. Hadiana, “Developing Students’ Chemical Literacy Through The Integration of Dilemma Stories Into A Steam Project On”, vol 14, no 2, bl 376–392, 2024, doi: <https://doi.org/10.3926/jotse.2221>.
- [4] J. Ortiz-revilla, “education sciences STEM vs . STEAM Education and Student Creativity : A Systematic Literature Review”, *Educ. Sci.*, vol 11, no 7, bl 331, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>.
- [5] K. L. Boice *et al.*, “Exploring teachers ’ understanding and implementation of STEAM : one size does not fit all”, *Front. Educ.*, vol 9, 2024, doi: <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1401191>.
- [6] OECD, “PISA 2022 Results Japan”, 2023. doi: <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>, 4.
- [7] E. Hikamudin, R. Muryanto, D. Peniasiania, en R. Heryani, “A Scoping Literature Review about Impact of Lesson Study on Teacher Pedagogy : Effective Solutions in Learning Practices”, vol 7, bl 369–383, 2024, doi: <https://doi.org/10.23887/ijerr.v7i2.78838>.
- [8] W. Cajkler, P. Wood, en J. Norton, “Lesson study as a vehicle for collaborative teacher learning in a secondary school”, *Prof. Dev. Educ.*, vol 40, no 4, bl 511–529, 2014, doi: <https://doi.org/10.1080/19415257.2013.866975>.
- [9] A. Hofstein, R. Shore, en M. Kipnis, “Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: A case study”, *Int. J. Sci. Educ.*, vol 26, no 1, bl 47–62, 2004, doi: 10.1080/0950069032000070342.
- [10] R. Abrahams, I., & Millar, “Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science.”, *Int. J. Sci. Educ.*, no 30(14), bl 1945–1969, 2008, doi: <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>.
- [11] K. R. Galloway en S. L. Bretz, “Development of an Assessment Tool To Measure Students ’ Meaningful Learning in the Undergraduate Chemistry Laboratory”, doi: 10.1021/ed500881y.
- [12] T. R. Kelley en J. G. Knowles, “A conceptual framework for integrated STEM education”, *Int. J. STEM Educ.*, vol 3, no 1, bl 11, 2016, doi: 10.1186/s40594-016-0046-z.
- [13] S. H. Husin, N. Dayana, A. Halim, en M. F. Abdul, “Teaching Activities for Integrated STEM in Elementary Education : A Systematic Review”, vol 14, no 4, 2025, doi: <http://dx.doi.org/10.6007/IJARPED/v14-i4/26687>.
- [14] D. Henriksen, “Full STEAM Ahead : Creativity in Excellent STEM Teaching Practices Full STEAM Ahead : Creativity in Excellent STEM Teaching Practices”, vol 1, no 2, 2014, doi: 10.5642/steam.20140102.15.
- [15] J. Manuel, D. Mantecon, T. Prodromou, Z. Lavicza, en T. F. Blanco, “An attempt to evaluate STEAM project - based instruction from a school mathematics perspective”, *ZDM – Math. Educ.*, vol 53, no 5, bl 1137–1148, 2021, doi: 10.1007/s11858-021-01303-9.