

---

**Strategi dan Media *Scaffolding* pada Pembelajaran Berbasis Inkuiri: Sebuah Kajian Literatur**

Sukisman Purtadi<sup>1</sup>, Suyanta<sup>2</sup>, dan Eli Rohaeti<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Jl. Kolombo 1 Karangmalang, Depok, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

Corresponding author: [purtadi@uny.ac.id](mailto:purtadi@uny.ac.id)

**Abstrak**

*Kajian literatur ini bertujuan untuk menganalisis bentuk-bentuk strategi perancah yang digunakan dalam pembelajaran berbasis inkuiri (PBI) pada berbagai literatur, serta media yang digunakan dalam pembelajaran tersebut. Perancah (scaffolding) merupakan bantuan yang diberikan pada siswa di dalam proses pembelajaran dengan banyak tipe dan strategi yang disesuaikan dengan tujuan pembelajarannya. Untuk menentukan strategi perancah yang tepat dalam menerapkan pembelajaran berbasis inkuiri (PBI) perlu dilakukan kajian pada hasil-hasil penelitian yang telah dilaporkan para peneliti. Kajian dilakukan terhadap 43 artikel hasil penelitian yang telah diterbitkan dari tahun 2015 hingga 2022. Artikel-artikel ini dipilih berdasarkan Langkah sistematis dari penentuan pertanyaan kajian, pemilihan publikasi, penyaringan artikel berdasarkan kata kunci. Selanjutnya artikel yang terpilih dikaji dengan bantuan Atlasti.9. Hasil kajian ini menyimpulkan bahwa strategi pertanyaan pengarah (question prompt) merupakan strategi yang umum dilakukan dalam membimbing siswa berinkuiri. Beberapa media digunakan untuk membantu siswa adalah lembar kerja dan media berbantuan computer*

**Kata kunci**

*Perancah, Inkuiri, Pembelajaran Berbasis Inkuiri, Strategi, Media.*

**Abstract**

*This literature review aims to analyze the forms of scaffolding strategies and their learning media used in inquiry-based learning (PBI). Scaffolding is a type of guidance given to students in the learning process with many types and strategies that are adapted to their learning objectives. the right scaffolding strategy will improve learning outcomes. therefore it is necessary to do a literature review to be able to determine the scaffolding strategy to be used. The study was conducted on 43 research articles that had been published from 2015 to 2022. These articles were selected based on the systematic steps of determining study questions, selecting publications, filtering articles based on keywords. Furthermore, the selected articles were reviewed with the aid of Atlasti.9. The results of this study concluded that the question prompt is a common strategy in guiding students to inquiry. Some of the media used to help students are worksheets and computer-assisted media.*

**Keywords**

*Scaffolding, Inquiry, Inquiry Based Learning, Strategy, Media.*

## 1. Pendahuluan

Pendekatan pembelajaran berbasis inkuiri (PBI) telah banyak disarankan untuk diterapkan dalam pembelajaran terutama untuk mengembangkan literasi sains [1]. Pendekatan PBI juga menjadi salah satu pendekatan pembelajaran yang dianjurkan dalam pembelajaran sains pada kurikulum di Indonesia. Oleh karena itu, kemampuan guru dalam mengajarkan sains, termasuk kimia, dengan menggunakan PBI adalah keharusan.

Inkuiri sendiri didefinisikan dengan banyak cara oleh banyak peneliti pendidikan [2]. Meskipun demikian, secara umum disepakati bahwa inkuiri merupakan proses yang kompleks. Mulai dari masalah, penyelidikan, hingga mengkomunikasikan yang memperhatikan lagi masalah awalnya [3]. Untuk memastikan siswa memperoleh hasil pembelajaran yang diharapkan, salah satu kunci dalam melaksanakan PBI adalah penggunaan bimbingan atau perancah (*scaffolding*) [4, 5].

Konsep perancah merujuk pada bantuan yang bersifat temporer dan adaptif yang diberikan oleh guru atau orang dewasa kepada siswa yang dikaitkan dengan konsep Zona Perkembangan Proximal (*Zone of Proximal Development*) dari Vygotsky [6]. Hal ini berarti bahwa bantuan yang diberikan dalam perancah hanya dapat dilakukan dengan memberikan bantuan pada kemampuan dan pengetahuan yang masih kurang serta menekankan elemen mana yang penting untuk dikuatkan dan dikuasai secara mandiri [7]. Oleh karena itu, diperlukan kemampuan guru dalam menerapkan perancah untuk tahu kapan perancah digunakan dan kapan dihilangkan.

Inkuiri ilmiah merupakan proses yang kompleks sehingga proses perancahnya tidak dapat dilakukan sekali jadi dan sesaat [8]. Persiapan perancah dalam membelajarkan keterampilan inkuiri memerlukan persiapan yang lebih mendalam. Dalam persiapan ini, perlu melihat hubungan antara jenis, bahasa, durasi perancah, dan kapan perancah mulai dihilangkan, untuk area konten dan pelaksanaan inkuiri tersebut yang mungkin dapat berbeda menurut tingkat kesulitan, kelas, dan pengetahuan awal serta lingkungan belajarnya [8].

Oleh karena itu, untuk dapat menentukan bagaimana perancah yang akan diterapkan dalam PBI pembelajaran kimia serta bentuk-bentuk media yang sesuai, diperlukan analisis pada sejumlah artikel hasil penelitian yang telah dipublikasikan. Kajian ini ditujukan untuk menganalisis strategi perancah yang dapat diterapkan dalam PBI serta menganalisis media yang sesuai untuk digunakan dalam PBI.

## 2. Metode

Artikel ini merupakan hasil kajian literatur dengan langkah yang terdiri dari tujuh langkah utama sebagai berikut [2, 9]:

- 1) Menentukan pertanyaan untuk kajian literatur. Sebagaimana telah dijelaskan, tujuan literatur ini terpusat pada strategi dan media perancah dalam PBI.
- 2) Menentukan sumber literatur berupa artikel penelitian dari beberapa publisher seperti Taylor and Francis ([www.tandfonline.com](http://www.tandfonline.com)), John Wiley ([onlinelibrary.wiley.com](http://onlinelibrary.wiley.com)), Springerlink ([link.springer.com](http://link.springer.com)), Cerp, dan Journal of Chemical Education.
- 3) Menelusuri data koleksi artikel jurnal dengan menggunakan kata kunci *scientific inquiry* atau *inquiry skill* yang dikhususkan pada bidang pendidikan dan pendidikan sains yang diterbitkan mulai tahun 2015 hingga 2022. Berdasarkan kriteria yang ditetapkan ini, diperoleh 2653 artikel yang muncul terkait kata kunci tersebut.
- 4) Menyeleksi artikel berdasarkan judul yang sesuai dengan memperhatikan kriteria; 1) penelitian berdasarkan data empiris; 2) menggunakan kata kunci inkuiri, inkuiri ilmiah, perancah, *guide*, dan atau istilah yang berhubungan dengan komponen inkuiri seperti argumentasi, bertanya, masalah, SEPs dan sebagainya; 3) dilakukan dalam pembelajaran berbasis inkuiri; 4) dipublikasikan dalam *peer-reviewed journal*. Berdasarkan kriteria ini, diperoleh 78 artikel.
- 5) Membaca abstrak (dan *full text* jika perlu) untuk menentukan artikel yang akan dianalisis lebih lanjut berdasarkan keberadaan jawaban pertanyaan literatur *review*, yaitu bagaimana bentuk penerapan perancah dalam PBI dan yang sejenis. Dengan menggunakan

penyaringan ini, diperoleh 43 artikel yang selanjutnya dituliskan dalam kajian.

- 6) Mengkaji literatur yang telah ditetapkan berkaitan dengan strategi dan media perancah dalam PBI menggunakan bantuan Atlasti 9. Kode yang digunakan adalah strategi perancah, yang terdiri dari strategi orientasi, interaksi sejawat, pertanyaan pengarah atau *prompts*, dan pemodelan, serta media pembelajaran yaitu komputer, internet, lembar kerja siswa, benda langsung, modul, dan lainnya.
- 7) Menganalisis hasil kajian, yaitu mendiskusikan hasil kajian dan membandingkannya dengan teori yang sudah ada dan kondisi yang dijumpai dalam konteks penelitian yang akan dilakukan. Pengkajian literatur berdasarkan pertanyaan-pertanyaan yang sudah ditetapkan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### *Strategi Perancah dalam Pembelajaran Berbasis Inkuiri*

Perancah dalam lingkungan belajar adalah sebuah proses interaksi yang melibatkan pemberian bantuan atau bimbingan kepada siswa oleh guru atau temannya untuk memahami pengetahuan atau keterampilan yang tidak dapat dicapai tanpa adanya bantuan [10–12]. Perancah berbeda dengan bantuan yang lain, dalam hal ini, perancah harus terencana dan perlahan-lahan dihilangkan saat siswa mulai dapat bertindak mandiri, juga harus memberi kebebasan dalam menyelesaikan permasalahan, bukan hanya satu cara tertentu yang digunakan secara teratur [8, 10, 12, 13].

Perancah dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa strategi, yaitu aktivitas orientasi, interaksi sejawat, pertanyaan pengarah (*prompts*), dan pemodelan [11]. Strategi ini dapat dilakukan secara tunggal atau dipadukan. Perancah yang dilaporkan dalam artikel-artikel yang dikaji disajikan sebagai berikut.

Strategi perancah yang pertama adalah strategi orientasi. Strategi orientasi bertujuan untuk mengurangi kebingungan pembelajar dan membiarkan siswa memutuskan sendiri tujuan yang relevan dan penting dari pembelajaran [11]. Terdapat 17 dari 43 artikel yang menggunakan

strategi ini. Beberapa artikel tidak dengan tegas menyebutnya sebagai strategi orientasi dan menyebut sebagai bimbingan (*guidance*) atau perancah saja. Meskipun demikian, jelas dalam artikel-artikel tersebut bantuan berupa upaya untuk memberikan penahapan pada siswa.

Strategi ini ditunjukkan dengan memberikan perancah dengan cara bertahap atau dengan memberikan bantuan pada setiap tahapan inkuiri agar siswa dapat melakukan inkuiri mereka sendiri [14, 15]. Hal yang sama dilakukan dengan memberikan penjelasan dan latihan pada proses inkuiri yang sukar disertai dengan perancah secara langsung, termasuk dengan memberikan instruksi eksplisit secara bertahap agar siswa dapat lebih fokus pada prosesnya [16, 17].

Pengamatan bagaimana guru memberikan perancah pada siswa, mulai dari bagaimana membuat pertanyaan hingga mengembangkan penjelasan ilmiahnya, termasuk interaksi guru dan siswa dalam kelompok baik dengan percakapan maupun bantuan penjelasan yang diperlukan [18, 19]. Orientasi juga dilakukan dengan memberikan informasi domain pada siswa atau dalam bentuk tertulis dalam lembar kerja siswa (LKS) [20, 21].

Pemberian perancah melalui penahapan ini tidak hanya diberikan pada pembelajaran dengan tahapan inkuiri secara keseluruhan. Beberapa penelitian juga memfokuskan pada keterampilan proses tertentu, seperti mendesain eksperimen, baik dengan mengembangkan perangkat pembelajaran khusus yang membantu siswa mendesain eksperimen maupun LKS dan *script*, juga keterampilan berargumen yang merupakan bagian dari keterampilan menganalisis dan menginterpretasi data [22–25].

Hal yang menarik adalah beberapa penelitian mengembangkan teknik khusus yang dianggap mampu untuk mengembangkan keterampilan siswa dalam melaksanakan inkuiri seperti Qualtrics [26]. Inti dari teknik khusus ini adalah memberikan tahapan yang jelas dan skematis agar siswa dapat melakukan inkuiri dengan benar. Hal yang sama juga dilakukan untuk mengembangkan keterampilan berefleksi pada siswa dengan strategi pembelajaran *premise-reasoning-outcome* (PRO) [27].

Strategi perancah paling banyak digunakan dalam membelajarkan inkuiri adalah teknik

pertanyaan pengarah (*question prompts*). Sebanyak 22 dari 43 artikel yang dikaji menyampaikan penggunaan strategi pertanyaan pengarah ini. Strategi ini berkisar pada pemberian pertanyaan yang menuntun siswa dalam mencapai tujuan pembelajarannya.

Pertanyaan yang diberikan kepada siswa ini dapat diberikan saat siswa mendapati masalah, atau sudah disiapkan untuk menuntun siswa dalam melakukan aktivitas inkuiri [7, 27–29]. Pertanyaan ini digunakan bukan memberi jawaban secara langsung, tetapi untuk membimbing agar siswa dapat terdorong untuk mencari jawaban mereka sendiri [30]. Pertanyaan penuntun ini diberikan secara tidak langsung sehingga siswa dapat mengidentifikasi sendiri variabel terikat dan bebas atau menarik kesimpulan dalam kegiatan inkuiri [31, 32]. Dengan pertanyaan pengarah ini, siswa tidak hanya pasif menerima tetapi mereka dapat lebih aktif dan interaktif [33]. Selain kemampuan berinkuiri secara keseluruhan, kemampuan argumentasi merupakan salah satu kemampuan yang banyak menjadi tujuan pembelajaran inkuiri. Penggunaan pertanyaan penuntun ini juga dapat untuk mengembangkan kemampuan tersebut termasuk untuk menulis argumentasi atau menulis reflektif [34–36].

Beberapa peneliti menggunakan istilah yang sesuai dengan karakteristiknya, seperti pertanyaan pengarah suksesif, metakognitif, kognitif, serta terbimbing dan terbuka [37–41]. Guru dalam bertanya untuk mengarahkan siswa memiliki tiga pola utama yaitu 1) memfokuskan siswa pada praktik ilmiah; 2) menyokong siswa dalam memberi nama fenomena; 3) membimbing siswa dalam memperoleh makna [42]. Meskipun demikian, perlu diperhatikan bahwa penggunaan media dalam pertanyaan pengarah tidak serta merta meningkatkan kemampuan berinkuiri. Faktanya, bisa jadi siswa akan mengalami kesulitan dalam menggunakan perancah terutama jika berhubungan dengan penggunaan teknologi [7]. Tugas juga dapat sebagai bentuk bimbingan karena dalam proses ini terdapat pertanyaan-pertanyaan yang membimbing [33].

Strategi perancah yang ketiga adalah pemodelan. Pemodelan menunjukkan pada siswa bagaimana mereka harus merasa, berfikir, atau bertindak dalam situasi tertentu [11]. Strategi ini

paling sedikit diterapkan dibandingkan dengan strategi lainnya. Hanya 3 dari 43 artikel yang menggunakan strategi ini. Hal ini karena pemodelan lebih sering digunakan untuk melatih guru dalam membelajarkan inkuiri [43]. Pemodelan juga masih dapat digunakan jika guru meminta siswa mengerjakan seperti apa yang dicontoh oleh guru [40]. Sama seperti strategi lain, strategi ini juga dapat dipersiapkan terlebih dulu. Misalnya dengan menggunakan *strategy evaluation matrix* (SEM) yang telah direncanakan lebih dulu untuk dimodelkan oleh guru dalam kelas baik langsung maupun forum *online* [44].

Berbeda dengan strategi yang telah dibahas sebelumnya, strategi interaksi sejawat menekankan peran siswa lain untuk memberikan perancah. Siswa dapat berkontribusi pada domain kognitif dan afektif siswa lain dengan memberikan petunjuk, saran, umpan balik, koreksi, evaluasi, dan penguatan [11]. Interaksi sosial yang menguntungkan bekerja kolaboratif dimanfaatkan para peneliti untuk membangun keterampilan inkuiri secara umum, mengembangkan kemampuan argumentasi, menganalisis dan mengolah data [30, 45–47]. Paduannya dengan media seperti perancah cetak atau teknologi akan meningkatkan kemanfaatan perancah tipe ini [48, 49]. Bahkan kolaborasi yang dilembagakan juga akan lebih menguatkan bentuk perancah dari sejawat [44]. Bentuk perancah ini juga dapat dilakukan pada bentuk *peer assessment* [50].

Berdasarkan kajian literatur, strategi dalam menerapkan perancah yang paling banyak digunakan adalah strategi pertanyaan pengarah. Namun, jika dilihat secara lebih mendalam, hal tersebut tidak berarti bahwa strategi ini adalah yang terbaik untuk diterapkan dalam PBI. Siswa dapat saja tidak merespon pertanyaan pengarah ini [51]. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa strategi dalam menerapkan perancah ini tergantung pada kebutuhan akan capaian pembelajaran yang diinginkan. Bahkan dapat ditunjukkan bahwa strategi-strategi ini dapat diterapkan secara bergantian pada proses PBI.

### **Media Perancah dalam Pembelajaran Berbasis Inkuiri**

Perancah sering dilihat sebagai persoalan yang bersifat individual. Guru harus

memperhatikan permasalahan setiap individu sebelum memberikan perancah bagi mereka. Ini menjadikan perancah menjadi tidak efektif saat guru berhadapan dengan sejumlah individu dalam satu kelas. Salah satu pemecahan yang mungkin adalah dengan membentuk kelompok dan memberikan perancah dalam kelompok tersebut [8]. Cara lain adalah dengan memberikan alat bantu perancah berupa komputer atau material tertulis [8, 10]. Media ini dapat berbentuk buku, melalui internet, dengan telepon atau yang lainnya [52].

Lembar kerja siswa (LKS) merupakan media untuk menyampaikan perancah pada siswa baik dalam pembelajaran inkuiri, maupun selain inkuiri [21, 23, 29, 53]. LKS untuk memberikan bantuan siswa dalam bekerja sebenarnya sering juga diberikan saat melakukan kerja laboratorium, maupun strategi pembelajaran yang lain, misalnya pembelajaran yang mengembangkan kemampuan siswa dalam melakukan analisis data dan penjelasannya [17, 27, 28]. LKS sebagai perancah juga dapat ditekankan untuk kerja tim [30]. Hal ini memberikan kesempatan pada siswa untuk saling membantu. Pada kasus lain, bahan bentuk cetak dari perancahnya juga dapat disebut sebagai LKS [37].

Kemajuan teknologi komputer dewasa ini membuka peluang bagi guru dan peneliti untuk menggunakannya sebagai media dalam membelajarkan inkuiri [33, 51]. Komputer sering digunakan dalam membantu proses pembelajaran inkuiri yang membelajarkan keterampilan proses sains, termasuk tatap muka langsung, maupun secara online [18, 19]. Sebagaimana strategi perancah yang menasar pada keterampilan proses yang umum dan khusus, penggunaan LKS juga dapat digunakan untuk mendukung perkembangan keterampilan secara keseluruhan maupun sebagian, seperti merancang eksperimen dengan menggunakan komputer dan mengembangkan kemampuan argumentasi [22, 25, 53]. Untuk mengoptimalkan fungsinya, beberapa peneliti menggabungkan komputer ini dengan media lain seperti LKS dan software khusus, mengintegrasikan materi pembelajaran secara digital atau menciptakan lingkungan kolaboratif [15, 28, 34, 45, 53].

Ada keterbatasan penggunaan alat bantu ini untuk proses perancah, yaitu tidak dapat mencakup dinamika yang terjadi pada prosesnya [52]. Oleh karenanya memang akan lebih bermakna jika siswa dan guru ada secara bersama untuk mendeteksi dan menggunakan banyak media untuk meningkatkan peran perancah [52]. Perkembangan teknologi internet yang memungkinkan penyediaan lingkungan yang kaya informasi, navigasi, komunitas menjadikan siswa tetap dimungkinkan mendapatkan perancah secara individual melalui teknologi ini mengurangi keterbatasan di atas [10].

Untuk mengambil manfaat interaktivitas yang dimiliki oleh teknologi internet, website dan pembelajaran berbasis online juga dikembangkan dalam PBI [19, 20, 26, 48, 50]. Penggunaan website ini digunakan untuk mengirimkan materi pembelajaran sehingga siswa tetap dapat mengikuti pembelajaran walaupun dengan tipe asinkron, mengembangkan forum siswa dalam berdiskusi yang mendukung interaksi sosial dan pembelajaran individu termasuk untuk meningkatkan kemampuan argumentasi siswa [24, 30, 36, 38, 44, 46]. Bahkan teknologi internet dewasa ini telah berkembang ke penggunaan telepon genggam yang dapat digunakan sebagai perancah [49].

Dari kajian di atas, penggunaan teknologi yang mengikuti perkembangan siswa sangat diperlukan dalam proses pembelajaran. LKS merupakan bentuk media yang paling banyak digunakan, meskipun beberapa penelitian juga menunjukkan sinergi LKS dengan media lain, seperti komputer dan internet. Jika hendak mengikuti perkembangan teknologi informasi hal dan komputer (TIK) maka penggunaan website atau kelas dari merupakan media yang perlu diperhitungkan baik untuk mengirimkan materi pembelajaran maupun fitur lain yang lebih baik. Hal yang perlu diperhatikan adalah agar siswa tidak memperoleh beban tambahan dengan adanya media.

#### **4. Kesimpulan**

Strategi perancah dalam PBI dalam artikel-artikel yang dikaji dapat dikelompokkan menjadi strategi orientasi, pertanyaan pengarah, pemodelan, dan interaksi sejawat. Strategi

pertanyaan pengarah merupakan strategi yang paling umum dilakukan dalam PBI. Siswa tidak diberikan jawaban secara langsung namun diajak menggali pengetahuan dan solusi dari masalah yang dihadapi. Penggunaan strategi perancah yang lain juga sangat mungkin dilakukan tergantung pada tujuan pembelajaran yang menjadi hasil akhir

pembelajaran. Komputer, LKS, dan internet merupakan media yang paling banyak digunakan dalam PBI baik secara tunggal maupun diintegrasikan dengan media lainnya. Bahkan, sinergi ketiganya dapat membantu siswa mencapai tujuan yang lebih baik.

### Daftar Pustaka

- [1] Szalay L, Tóth Z. An Inquiry-Based Approach of Traditional ‘step-by-step’ Experiments. *Chemistry Education Research and Practice* 2016; 17: 923–961.
- [2] Rönnebeck S, Bernholt S, Ropohl M. Searching for a Common Ground—A Literature Review of Empirical Research on Scientific Inquiry Activities. *Stud Sci Educ* 2016; 52: 161–197.
- [3] Kawalkar A, Vijapurkar J. Scaffolding Science Talk: The Role of Teachers’ Questions in the Inquiry Classroom. *Int J Sci Educ* 2013; 35: 2004–2027.
- [4] Vorholzer A, von Aufschnaiter C. Guidance in Inquiry-Based Instruction—An Attempt to Disentangle a Manifold Construct. *Int J Sci Educ* 2019; 41: 1562–1577.
- [5] Quintana C, Reiser BJ, Davis EA, et al. A Scaffolding Design Framework for Software to Support Science Inquiry. In: *Scaffolding*. Psychology Press, 2018, pp. 337–386.
- [6] Smit J, AA van Eerde H, Bakker A. A Conceptualisation of Whole-Class Scaffolding. *Br Educ Res J* 2013; 39: 817–834.
- [7] Belland BR. *Instructional Scaffolding in STEM Education: Strategies and Efficacy Evidence*. Springer Nature, 2017.
- [8] McNeill KL, Lizotte DJ, Krajcik J, et al. Supporting Students’ Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. *The journal of the Learning Sciences* 2006; 15: 153–191.
- [9] Fink A. *Conducting Research Literature Reviews: From the Internet to Paper*. Sage publications, 2019.
- [10] Lajoie SP. Extending the Scaffolding Metaphor. *Instr Sci* 2005; 33: 541–557.
- [11] Ping LC, Swe KM. Engaging Junior College Students in Computer-Mediated Lessons Using Scaffolding Strategies. *Journal of Educational Media* 2004; 29: 97–112.
- [12] Jelfs A, Nathan R, Barrett C. Scaffolding Students: Suggestions on How to Equip Students with the Necessary Study Skills for Studying in a Blended Learning Environment. *Journal of Educational Media* 2004; 29: 85–96.
- [13] Sharma P, Hannafin M. Learner Perceptions of Scaffolding in Supporting Critical Thinking. *J Comput High Educ* 2005; 17: 17–42.
- [14] Varadarajan S, Ladage S. Exploring the Role of Scaffolds in Problem-Based Learning (PBL) in an Undergraduate Chemistry Laboratory. *Chemistry Education Research and Practice* 2022; 23: 159–172.
- [15] Arnseth HC, Kränge I. What Happens When You Push the Button? Analyzing the Functional Dynamics of Concept Development in Computer Supported Science Inquiry. *Int J Comput Support Collab Learn* 2016; 11: 479–502.
- [16] Van Uum MSJ, Verhoeff RP, Peeters M. Inquiry-Based Science Education: Scaffolding Pupils’ Self-Directed Learning in Open Inquiry. *Int J Sci Educ* 2017; 39: 2461–2481.
- [17] Keiner L, Graulich N. Beyond the beaker: Students’ Use of a Scaffold to Connect Observations with the Particle Level in the Organic Chemistry Laboratory. *Chemistry Education Research and Practice* 2021; 22: 146–163.
- [18] Isik-Ercan Z. ‘You have 25 kids playing around!’: Learning to Implement Inquiry-Based Science Learning in an Urban Second-Grade Classroom. *Int J Sci Educ* 2020; 42: 329–349.

- [19] Pietarinen T, Palonen T, Vauras M. Guidance in Computer-Supported Collaborative Inquiry Learning: Capturing Aspects of Affect and Teacher Support in Science Classrooms. *Int J Comput Support Collab Learn* 2021; 16: 261–287.
- [20] Kuang X, Eysink THS, de Jong T. Effects of Providing Domain Information on Facilitating Hypothesis Generation in Inquiry Learning. *J Educ Res* 2022; 115: 285–297.
- [21] Orosz G, Németh V, Kovács L, et al. Guided Inquiry-Based Learning in Secondary-School Chemistry Classes: A Case Study. *Chemistry Education Research and Practice* 2023; 24: 50–70.
- [22] van Riesen SAN, Gijlers H, Anjewierden A, et al. The Influence of Prior Knowledge on Experiment Design Guidance in a Science Inquiry Context. *Int J Sci Educ* 2018; 40: 1327–1344.
- [23] Szalay L, Tóth Z, Borbás R. Teaching of Experimental Design Skills: Results From a Longitudinal Study. *Chemistry Education Research and Practice* 2021; 22: 1054–1073.
- [24] Weng W-Y, Lin Y-R, She H-C. Scaffolding for Argumentation in Hypothetical and Theoretical Biology Concepts. *Int J Sci Educ* 2017; 39: 877–897.
- [25] Belland BR, Gu J, Armbrust S, et al. Scaffolding Argumentation About Water Quality: A Mixed-Method Study in a Rural Middle School. *Educational Technology Research and Development* 2015; 63: 325–353.
- [26] Lieber LS, Ibraj K, Caspari-Gnann I, et al. Closing the Gap of Organic Chemistry Students' Performance with an Adaptive Scaffold for Argumentation Patterns. *Chemistry Education Research and Practice* 2022; 23: 811–828.
- [27] Tang K-S. Constructing Scientific Explanations Through Premise–Reasoning–Outcome (PRO): An Exploratory Study to Scaffold Students in Structuring Written Explanations. *Int J Sci Educ* 2016; 38: 1415–1440.
- [28] Chen S, Huang C-C, Chou T-L. The Effect of Metacognitive Scaffolds on Low Achievers' Laboratory Learning. *Int J Sci Math Educ* 2016; 14: 281–296.
- [29] Moon A, Stanford C, Cole R, et al. The Nature of Students' Chemical Reasoning Employed in Scientific Argumentation in Physical Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice* 2016; 17: 353–364.
- [30] Özkanbaş M, Kırık ÖT. Implementing Collaborative Inquiry in a Middle School Science Course. *Chemistry Education Research and Practice* 2020; 21: 1199–1217.
- [31] Szalay L, Tóth Z, Borbás R, et al. Scaffolding of Experimental Design Skills. *Chemistry Education Research and Practice* 2023; 24: 599–623.
- [32] Pols CFJ, Dekkers P, de Vries MJ. 'Would you dare to jump?' Fostering a Scientific Approach to Secondary Physics Inquiry. *Int J Sci Educ* 2022; 44: 1481–1505.
- [33] Lehtinen A, Viiri J. Guidance Provided by Teacher and Simulation for Inquiry-Based Learning: A Case Study. *J Sci Educ Technol* 2017; 26: 193–206.
- [34] Loper S, McNeill KL, González-Howard M. Multimedia Educative Curriculum Materials (MECMs): Teachers' Choices in Using MECMs Designed to Support Scientific Argumentation. *J Sci Teacher Educ* 2017; 28: 36–56.
- [35] Jang J, Hand B. Examining the Value of a Scaffolded Critique Framework to Promote Argumentative and Explanatory Writings Within an Argument-Based Inquiry Approach. *Res Sci Educ* 2017; 47: 1213–1231.
- [36] Yang Y, Zhu G, Sun D, et al. Collaborative Analytics-Supported Reflective Assessment for Scaffolding Pre-Service Teachers' Collaborative Inquiry and Knowledge Building. *Int J Comput Support Collab Learn* 2022; 17: 249–292.
- [37] Großmann N, Wilde M. Experimentation in Biology Lessons: Guided Discovery Through Incremental Scaffolds. *Int J Sci Educ* 2019; 41: 759–781.
- [38] Zhang W-X, Hsu Y-S, Wang C-Y, et al. Exploring the Impacts of Cognitive and Metacognitive Prompting on Students' Scientific Inquiry Practices Within an E-

- Learning Environment. *Int J Sci Educ* 2015; 37: 529–553.
- [39] Adler I, Zion M, Rimerman-Shmueli E. Fostering Teachers' Reflections on the Dynamic Characteristics of Open Inquiry Through Metacognitive Prompts. *J Sci Teacher Educ* 2019; 30: 763–787.
- [40] Jin Q, Kim M. Supporting Elementary Students' Scientific Argumentation with Argument-Focused Metacognitive Scaffolds (AMS). *Int J Sci Educ* 2021; 43: 1984–2006.
- [41] Balgopal MM, Casper AMA, Atadero RA, et al. Responses to Different Types of Inquiry Prompts: College Students' Discourse, Performance, and Perceptions of Group Work in an Engineering Class. *Int J Sci Educ* 2017; 39: 1625–1647.
- [42] Benedict-Chambers A, Kademian SM, Davis EA, et al. Guiding Students Towards Sensemaking: Teacher Questions Focused on Integrating Scientific Practices with Science Content. *Int J Sci Educ* 2017; 39: 1977–2001.
- [43] Gutierrez SB. Teacher-Practitioner Research Inquiry and Sense Making of Their Reflections on Scaffolded Collaborative Lesson Planning Experience. *Asia-Pacific Science Education* 2019; 5: 1–15.
- [44] Schwartz L, Adler I, Madjar N, et al. Rising to the Challenge: The Effect of Individual and Social Metacognitive Scaffolds on Students' Expressions of Autonomy and Competence Throughout an Inquiry Process. *J Sci Educ Technol* 2021; 30: 582–593.
- [45] Li P-J, Hong H-Y, Chai CS, et al. Fostering Students' Scientific Inquiry Through Computer-Supported Collaborative Knowledge Building. *Res Sci Educ* 2020; 50: 2035–2053.
- [46] Yang W-T, Lin Y-R, She H-C, et al. The Effects of Prior-Knowledge and Online Learning Approaches on Students' Inquiry and Argumentation Abilities. *Int J Sci Educ* 2015; 37: 1564–1589.
- [47] Songsil W, Pongsophon P, Boonsoong B, et al. Developing Scientific Argumentation Strategies Using Revised Argument-Driven Inquiry (rADI) in Science Classrooms in Thailand. *Asia-Pacific Science Education* 2019; 5: 1–22.
- [48] Shin S, Brush TA, Glazewski KD. Patterns of Peer Scaffolding in Technology-Enhanced Inquiry Classrooms: Application of Social Network Analysis. *Educational Technology Research and Development* 2020; 68: 2321–2350.
- [49] Shin S, Brush TA, Glazewski KD. Examining the Hard, Peer, and Teacher Scaffolding Framework in Inquiry-Based Technology-Enhanced Learning Environments: Impact on Academic Achievement and Group Performance. *Educational Technology Research and Development* 2020; 68: 2423–2447.
- [50] Tasker TQ, Herrenkohl LR. Using Peer Feedback to Improve Students' Scientific Inquiry. *J Sci Teacher Educ* 2016; 27: 35–59.
- [51] Belland BR, Weiss DM, Kim NJ, et al. An Examination of credit Recovery Students' Use of Computer-Based Scaffolding in a Problem-Based, Scientific Inquiry Unit. *Int J Sci Math Educ* 2019; 17: 273–293.
- [52] Holton D, Clarke D. Scaffolding and Metacognition. *Int J Math Educ Sci Technol* 2006; 37: 127–143.
- [53] Fang S-C, Hsu Y-S, Hsu WH. Effects of Explicit and Implicit Prompts on Students' Inquiry Practices in Computer-Supported Learning Environments in High School Earth Science. *Int J Sci Educ* 2016; 38: 1699–1726.