

Daftar isi tersedia di [ScienceDirect](#)

Komputer & Pendidikan

beranda jurnal: www.elsevier.com/locate/compedu

Desain instruksional modul pembelajaran online bertahap untuk lingkungan pembelajaran mandiri dan berbasis penyelidikan

Md Abdullah Al Mamun^{1,*}, Gwendolyn Lawrie dan Tony Wright

Universitas Queensland, Australia



INFORMASI ARTIKEL

Kata Kunci:

Pembelajaran daring
Perancah
Pembelajaran mandiri
Pembelajaran dengan metode inkuiri
Pendidikan sains

ABSTRAK

Teknologi ada di mana-mana di dunia modern; untuk memanfaatkan potensi pendidikannya dalam upaya memperkenalkan lingkungan yang fleksibel dan membedakan kebutuhan belajar siswa secara individual, diperlukan penggunaan perangkat yang kompleks secara strategis. Keterlibatan dengan tantangan ini berpotensi mengarah pada penyediaan antarmuka yang memungkinkan siswa mengakses sumber daya ini dan menjadi pembelajar mandiri. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi fitur antarmuka tersebut untuk mengkalibrasi dan menanggapi kebutuhan siswa secara individual. Dalam konteks ini, kualitas dukungan yang disediakan untuk pembelajaran, yang disebut perancah, ditetapkan sebagai yang terpenting bagi desain dan struktur lingkungan daring. Dalam studi ini, desain instruksional yang disebut prediksi, amati, jelaskan, dan evaluasi (POEE), yang diinformasikan oleh teori pembelajaran konstruktivis, untuk menerapkan beberapa strategi perancah dijelaskan. Strategi perancah POEE diterapkan dalam pembuatan dua modul pembelajaran penyelidikan. Keterlibatan siswa dengan modul penyelidikan ini dalam lingkungan daring yang diarahkan sendiri dieksplorasi untuk mengidentifikasi elemen penting dari perancah. Temuan penelitian ini, berdasarkan interaksi dan keterlibatan siswa dengan modul pembelajaran, memungkinkan konseptualisasi strategi perancah multimoda untuk penyelidikan mandiri. Kami mengusulkan bahwa rekomendasi dari penerapan modul pembelajaran berantai ini dapat mewakili contoh yang menggambarkan paradigma desain instruksional yang diperkaya untuk mendukung pembelajaran mandiri siswa dalam lingkungan campuran.

1. Pendahuluan

Dalam pendidikan sains, banyak siswa memiliki pandangan pribadi yang kuat, berdasarkan pengetahuan dan pengalaman sebelumnya; penggalan ide-ide ini merupakan inti dari pedagogi yang diinformasikan oleh konstruktivisme (Driver & Scott, 1996). Ketika siswa didorong untuk terlibat dalam proses penggalan ide-ide mereka, mereka menerima kesempatan untuk mengartikulasikan dan mengklarifikasi pandangan mereka dan merefleksikannya secara kritis (Kearney, 2002). Oleh karena itu, proses ini diadopsi untuk berkontribusi dalam memfasilitasi proses perubahan konsepsi sains mereka secara dinamis. Studi penelitian sebelumnya telah mengidentifikasi bahwa strategi perancah prediksi, amati, dan jelaskan (POE), yang dipromosikan oleh White dan Gunstone (1992), merupakan strategi pedagogis yang kuat yang mendukung lingkungan konstruktivis. Strategi ini berpotensi menawarkan kepada pelajar intervensi instruksional tidak langsung sebagai sarana untuk memfasilitasi konstruksi pengetahuan mereka sendiri (Treagust, Mthembu, & Chandrasegaran, 2014).

Scaffolding pertama kali diperkenalkan dan dijelaskan oleh Wood, Bruner, dan Ross (1976) sebagai dukungan pembelajaran yang diberikan oleh orang lain yang lebih berpengetahuan (MKO), baik guru atau teman sebaya, kepada peserta didik dalam konteks pembelajaran untuk memungkinkan mereka menyelesaikan tugas di luar tugas yang diberikan.

* Penulis yang bersangkutan.

Alamat email: a.mamun@ut-dhaka.edu, alamat email: m.mamun@uqconnect.edu.au (MAA Mamun).

¹ Afiliasi Saat Ini: Universitas Teknologi Islam, Bangladesh.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103695>

Diterima 5 Desember 2018; Diterima dalam bentuk revisi 30 Mei 2019; Disetujui 8 September 2019
Tersedia online 12 September 2019

0360-1315/© 2019 Elsevier Ltd. Seluruh hak cipta dilindungi undang-undang.

kapasitas awal mereka. Konsep perancah ini didasarkan pada gagasan zona perkembangan proksimal (ZPD) yang didefinisikan [Vygotsky \(1978\)](#) sebagai kesenjangan antara apa yang dicapai pembelajar secara mandiri dan apa yang dapat dicapai dengan bantuan orang lain yang lebih mampu. Proses mendukung pembelajar melalui ZPD ini diidentifikasi sebagai perancah yang dapat diwujudkan sebagai intervensi guru yang terukur dan tepat melalui perintah lisan, penyediaan materi yang dipilih dengan cermat, kesempatan untuk berinteraksi dengan teman sebaya atau bahkan program komputer yang dipilih dengan baik ([Pritchard & Woollard, 2010](#)).

Sementara strategi POE telah dianggap sebagai model pedagogis yang sukses dalam lingkungan tradisional, integrasinya dalam lingkungan daring untuk melengkapi dan/atau meningkatkan pengajaran tradisional masih sering menghadirkan tantangan berat bagi para pendidik. Sejumlah penelitian telah berupaya untuk mengintegrasikan strategi POE dalam lingkungan multimedia untuk meningkatkan penyelidikan ilmiah siswa. Misalnya, penelitian telah dilakukan yang menunjukkan bagaimana strategi POE dapat meningkatkan pemahaman konseptual ([Rakkapao, Pengpan, Srikeaw, & Prasitpong, 2014](#); [Sesen, 2013](#)), peta konsep ([Yaman & Ayas, 2015](#)) dan konstruksi pengetahuan ilmiah ([Hsu, Tsai, & Liang, 2011](#)) selama proses penyelidikan. [Bumbacher, Salehi, Wieman, dan Blickstein \(2017\)](#) menggunakan POE untuk menyelidiki penyelidikan produktif siswa di lingkungan fisik dan virtual untuk memahami bagaimana lingkungan ini dan affordance mereka berdampak pada pemahaman konseptual (penelitian ini tidak berfokus pada proses pengaturan diri siswa atau bagaimana ini memengaruhi pembelajaran penyelidikan mereka). [Brenner dkk. \(2017\)](#) menyelidiki bagaimana frekuensi dan tingkat bantuan yang diberikan kepada siswa berinteraksi dengan pengetahuan sebelumnya mereka untuk memengaruhi pembelajaran dalam lingkungan pembelajaran-inkuiri sains berbasis web. Mereka mempertimbangkan gerakan produktif, klik, total percobaan, waktu yang berlalu, dll. untuk menentukan tingkat bantuan yang dibutuhkan siswa. Studi-studi terkini ini berkontribusi untuk memahami potensi manfaat dari pengintegrasian model POE ke dalam lingkungan multimedia. Meskipun demikian, metode yang terbukti untuk implementasi yang sukses dan penggunaan teknologi terkait yang komprehensif telah terbukti menjadi tantangan berkelanjutan di bidang-bidang seperti pendidikan sains. Penggabungan pembelajaran inkuiri ke dalam konteks lingkungan daring menonjolkan tantangan ini. Hal ini karena pembelajaran inkuiri memerlukan lingkungan tempat siswa dihadapkan pada cara berpikir ilmiah yang memungkinkan mereka menerapkan proses ilmiah seperti menyatakan hipotesis, terlibat dalam eksperimen, membuat model, dan mengevaluasi efek intervensi ([van Joolingen, De Jong, & Dimitrakopoulou, 2007](#)).

Selain strategi POE, beberapa penelitian lain berupaya mengembangkan dan merumuskan strategi untuk menciptakan lingkungan belajar yang efektif dan berupaya meningkatkan pemahaman siswa tentang proses penyelidikan menggunakan lingkungan daring, berbasis web, atau virtual. Misalnya, bentuk-bentuk perancah instruksional yang strategis diakui penting dalam mendukung regulasi diri dan pembelajaran siswa dalam lingkungan daring ([Lawrie et al., 2016](#)). Contoh lain mencakup penerapan kerangka kerja komunitas penyelidikan (Col) dalam konteks daring dan MOOC ([Kilis & Yildirim, 2018](#); [Kovanoviy et al., 2018](#)), penyelidikan berbasis eksperimen melalui alat pemetaan konsep yang disusun dalam lingkungan virtual yang imersif ([Metcalf et al., 2018](#)), dan pembelajaran berbasis penyelidikan seluler ([Suárez, Specht, Prinsen, Kalz, & Ternier, 2018](#)).

Dalam beberapa tahun terakhir, kerangka kerja Col populer yang diusulkan oleh [Garrison, Anderson, dan Archer \(1999\)](#) telah meningkatkan pendidikan daring melalui konstruksi pengetahuan kolaboratif. Dalam kerangka kerja Col, [Garrison dkk. \(1999\)](#) mengusulkan bahwa pengalaman pendidikan yang berharga membutuhkan dua peserta utama: guru dan siswa; dan mengasumsikan bahwa pembelajaran terjadi dalam komunitas melalui berbagai bentuk "kehadiran", seperti pengajaran, kehadiran sosial, dan kognitif. Kerangka kerja Col berakar terutama pada konstruktivisme sosial di mana interaksi antara para peserta merupakan suatu persyaratan. Hal ini mengharuskan siswa sebagai peserta aktif yang secara kolaboratif terlibat dalam wacana kritis dan refleksi yang bertujuan untuk membangun pembelajaran pribadi dan mengonfirmasi pemahaman bersama ([Garrison & Akyol, 2013](#)). Konstruktivisme kognitif individu siswa dan proses pembelajaran pengaturan diri bukanlah fokus utama dalam model Col, karena secara khusus menganjurkan berbagai kehadiran peserta dan interaksi di antara mereka.

Kerangka pembelajaran inti lain yang diusulkan oleh [Moore \(1989\)](#) menguraikan gagasan tentang interaksi antara peserta dalam lingkungan pembelajaran daring dan jarak jauh. [Moore \(1989\)](#) mendefinisikan tiga interaksi utama dalam lingkungan daring: interaksi siswa-konten, siswa-guru, dan siswa-siswa. Klasifikasi Moore tetap menjadi kerangka kerja yang paling diterima secara luas untuk studi lain yang pada dasarnya berfokus pada hubungan timbal balik antara ketiga jenis interaksi ini ([Xiao, 2017](#)). Di antara semuanya, teorema kesetaraan [Anderson \(2003\)](#) sangat penting bagi studi saat ini.

Model kesetaraan interaksi Anderson, yang menyatakan bahwa "Pembelajaran formal yang mendalam dan bermakna didukung selama salah satu dari tiga bentuk interaksi (siswa-guru; siswa-siswa; siswa-konten) berada pada level yang tinggi. Dua lainnya dapat ditawarkan pada level minimal, atau bahkan dihilangkan, tanpa menurunkan pengalaman pendidikan" ([Anderson, 2003](#), hlm. 4). [Anderson \(2003\)](#) lebih lanjut berpendapat bahwa kehadiran kognitif atau interaksi antara siswa dan konten telah lama diakui sebagai komponen penting dari pendidikan di kampus dan jarak jauh. Namun, banyak penelitian telah didedikasikan untuk interaksi interpersonal timbal balik, yaitu interaksi siswa-siswa dan siswa-guru. Ada jauh lebih sedikit studi penelitian dalam interaksi pelajar-konten meskipun perannya yang mendasar dan penting dalam memastikan efektivitas pengalaman belajar daring ([Xiao, 2017](#)). Interaksi siswa-konten dapat merangsang lingkungan tempat siswa dapat lebih berkomitmen pada pembelajaran yang mandiri dan diatur sendiri daripada interaksi siswa-siswa atau siswa-guru. Meskipun terdapat wawasan penting mengenai pengembangan kurikulum di mana dukungan guru dan/atau rekan sejawat sangat diperlukan dalam proses pembelajaran, hanya ada sedikit penelitian yang mengeksplorasi bagaimana siswa dapat belajar mandiri dalam konteks pembelajaran berbasis penyelidikan tanpa adanya interaksi guru-siswa dan siswa-siswa.

Baru-baru ini, peran pembelajaran mandiri dan pengaturan diri dalam lingkungan daring telah mendapat perhatian besar ([Kilis & Yildirim, 2018](#); [Lin & Tsai, 2016](#)). Karena siswa yang bekerja dalam lingkungan pembelajaran daring perlu memperoleh tingkat kemandirian tertentu untuk pembelajaran yang berhasil, kemampuan peserta didik untuk terlibat dalam pengaturan diri merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan ([Wang, Shannon, & Ross, 2013](#)). Pembelajaran yang diatur sendiri merupakan proses pembelajaran terpadu yang dipandu oleh serangkaian keyakinan motivasi, perilaku, dan aktivitas metakognitif yang direncanakan dan disesuaikan untuk mendukung pengejaran tujuan pribadi ([Schunk & Zimmerman, 2012](#)). Penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran mandiri siswa dapat dipengaruhi secara signifikan oleh tiga konstruk utama: pengetahuan domain sebelumnya, efikasi diri, dan penggunaan strategi pembelajaran ([Diseth, 2011](#); [Sun, Xie, & Anderman, 2018](#)).

Pengetahuan domain sebelumnya mengacu pada pengetahuan, keterampilan atau kemampuan yang dibawa siswa ke dalam proses pembelajaran ([Jonassen &](#)

Grabowski, 2012). Penelitian telah mengungkap hubungan yang signifikan antara pengetahuan awal dan efikasi diri (Ferla, Valcke, & Cai, 2009), dan penggunaan strategi pembelajaran (Taub, Azevedo, Bouchet, & Khosravifar, 2014). Sifat lingkungan daring mendorong konstruksi utama pembelajaran yang diatur sendiri ini dan meletakkan dasar keterampilan bertanya siswa. Keterampilan bertanya telah terbukti berhubungan dengan kepemilikan pembelajaran dan keterampilan bertanya yang diatur sendiri (Fang & Hsu, 2017; Raes & Schellens, 2016).

Namun, dalam praktiknya, sulit bagi siswa untuk mencapai atribut-atribut utama pembelajaran ini tanpa dukungan guru yang langsung dan sinkron karena siswa perlu membuat keputusan tentang berbagai aspek pembelajaran. Aspek-aspek ini meliputi: apa yang harus dipelajari; bagaimana mempelajarinya; berapa banyak waktu yang dibutuhkan untuk belajar; bagaimana mengakses dan menggunakan materi pembelajaran; dan kemudian menentukan apakah mereka memahami materi tersebut atau tidak (Azevedo, 2005). Maka tidak mengherankan jika potensi lingkungan daring untuk secara konsisten memfasilitasi pembelajaran inkuiri dapat melemah karena ketidakmampuan siswa untuk mengatur sendiri aspek-aspek penting dari pembelajaran mereka (Jacobson, 2008). Oleh karena itu, pertanyaan penelitian mendasar yang dibahas dalam penelitian ini adalah sifat perancah seperti apa yang memfasilitasi pembelajaran mandiri siswa, dan dapat mengurangi kebutuhan dukungan guru langsung, dalam konteks inkuiri daring?

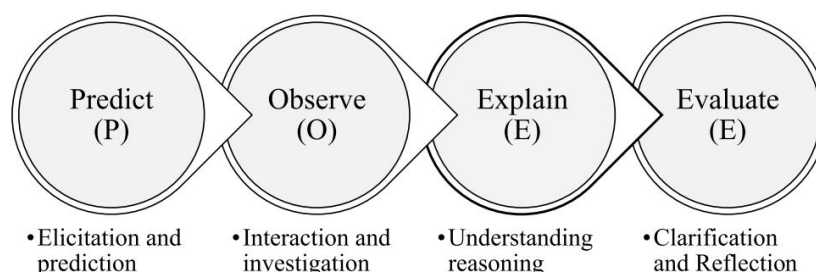
1.1. Prinsip desain dan metodologi perancah

Meskipun ada kemajuan berkelanjutan dalam memahami bentuk perancah apa yang mendukung pembelajaran siswa melalui modul berbasis penyelidikan daring yang diatur sendiri, masih ada kebutuhan untuk mengeksplorasi lebih lanjut bagaimana siswa menanggapi perancah ini. Secara khusus, meskipun tantangan dan kendala telah dikenali (Fang & Hsu, 2017; Kim, Hannafin, & Bryan, 2007), beberapa rekomendasi telah dipublikasikan untuk desain instruksional perancah yang mendukung penyelidikan sains yang diatur sendiri secara daring tanpa adanya interaksi langsung guru atau teman sebaya. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya untuk mengatasi situasi ini dan memberikan contoh yang dibuktikan dari desain dan implementasi modul pembelajaran berbasis penyelidikan dalam lingkungan daring yang membuat perancah eksplisit. Dalam penelitian ini, perancah dikonseptualisasikan sebagai interaksi antara siswa dan perangkat digital canggih serta konten pembelajaran. Dengan demikian, strategi perancah, yang menyiratkan interaksi antara 'orang lain yang lebih berpengetahuan' dan seorang magang, telah ditiru melalui adopsi teknologi untuk mendukung keterlibatan dan pembelajaran siswa (Sharma & Hannafin, 2007).

Salah satu pendekatan untuk mengeksplorasi peran perancah dalam mendukung pengaturan diri siswa dalam lingkungan daring, dan bagaimana perancah tersebut memengaruhi pembelajaran dan keterlibatan mereka selama proses penyelidikan, adalah pengembangan modul pembelajaran. Modul penyelidikan daring biasanya melibatkan serangkaian tugas multimoda yang saling berhubungan menggunakan pertanyaan, perintah, atau umpan balik yang ditempatkan secara strategis yang mendukung perkembangan siswa. Studi terkini mengadopsi POE sebagai dasar untuk strategi pedagogis yang direvisi yang dapat diterapkan dalam lingkungan daring yang diatur sendiri untuk membuat modul pembelajaran daring. Studi ini memperkenalkan elemen baru dari fase evaluasi (E) ke dalam strategi POE asli, oleh karena itu dalam studi ini disebut sebagai *prediksi, amati, jelaskan, dan evaluasi* (POEE). Saat siswa membangun pengetahuan mereka melalui interaksi dengan konten pembelajaran daring, penting bagi mereka untuk mengevaluasi kualitas pengetahuan yang mereka peroleh (Lee & Hannafin, 2016). Tujuan dari pengenalan fase evaluasi adalah untuk memberikan umpan balik sinkron langsung yang memungkinkan siswa memiliki kesempatan untuk mengevaluasi pemahaman mereka secara mandiri dalam lingkungan daring yang diatur sendiri. Hal ini menggantikan kemampuan lingkungan POE tradisional di mana siswa biasanya menerima umpan balik langsung karena interaksi mereka dengan guru atau teman sebaya. Diagram skematik berikut (Gbr. 1) menggambarkan strategi POEE yang telah direvisi.

Alur kerja yang diantisipasi yang akan diterapkan oleh siswa selama kegiatan POEE ini dirangkum dalam Tabel 1 berdasarkan kondisi saat ini pemahaman tentang keterlibatan dan pembelajaran siswa yang diinformasikan oleh literatur.

POEE berfungsi sebagai kerangka payung (perancah makro-skrip) untuk menyusun dan menyusun kegiatan pembelajaran. Dalam menyusun dan mengintegrasikan kegiatan pembelajaran ke dalam modul pembelajaran, strategi POEE meminjam konsep yang sama dari strategi perancah tingkat makro dan mikro (Hammond & Gibbons, 2005; Jumaat & Tasir, 2014; Pan et al., 2012). Dalam studi terkini, Pierre, Luis, dan Jennifer (2018) menerapkan orkestrasi melalui strategi perancah mikro- dan makro-skrip; perancah mikro-skrip bersifat internal terhadap kegiatan tertentu di antara peserta didik sedangkan makro-skrip menyangkut transisi di antara kegiatan (sering kali mencakup kegiatan individu, kegiatan tim, dan kegiatan di seluruh kelas). Orkestrasi kelas mengacu pada manajemen waktu nyata dari kegiatan berlapis-lapis dalam konteks multi-kendala di kelas fisik (Dillenbourg, 2013). Lebih khusus lagi, pendekatan ini melibatkan pengaturan yang cermat dari lingkungan kelas yang dilengkapi teknologi atau aktivitas untuk mencapai efek atau hasil pembelajaran yang diinginkan (Chan, 2013). Para pengadopsi strategi baru ini telah menemukannya inovatif dalam penyediaan alat atau prinsip desain untuk mendukung guru dan siswa dengan mengoptimalkan kendala kelas (Dimitriadis, Prieto, & Asensio-Pérez, 2013). Keterbatasan dari pendekatan ini adalah bahwa intervensi guru adalah kunci utama dalam orkestrasi pembelajaran di lingkungan kelas. Karena pendekatan ini



Gambar 1. Representasi skematis aliran aktivitas siswa yang dipandu oleh strategi POEE.

Tabel 1

Tahapan POEE dan alur kerja siswa yang diantisipasi.

	Alur kerja siswa yang diantisipasi	Konstruksi kunci dari regulasi diri
Meramalkan	Siswa memprediksi kemungkinan jawaban. Tantangan yang dihadapi siswa dalam fase ini akan memunculkan dan mengonseptualisasikan pemikiran mereka ke arah tertentu. Gunstone (1995) merekomendasikan agar siswa menulis prediksi mereka dengan alasan untuk meningkatkan tingkat komitmen mereka terhadap kegiatan belajar. Proses ini mendorong terbentuknya hubungan antara konsep baru dan lama.	Pengetahuan domain sebelumnya
Mengamati	Siswa berinteraksi dengan kegiatan dan membandingkan hasil yang diamati dengan prediksi mereka. Pengaturan diri dapat terjadi selama eksplorasi yang menghasilkan lebih banyak eksplorasi diri terhadap konsep yang diberikan dan memulai proses kognitif dan konstruksi pengetahuan yang bermakna.	Efikasi diri dan strategi pembelajaran
Menjelaskan	Siswa membenarkan ide-ide individual dengan penalaran. Hal ini secara konseptual membentuk kerangka pemrosesan kognitif siswa terhadap konsep-konsep yang diberikan untuk membantu proses pembelajaran. Pada saat yang sama, hal ini dapat mendukung rekonstruksi dan formulasi ulang pemikiran dan berfungsi sebagai kerangka metakognitif.	Efikasi diri dan strategi pembelajaran
Evaluasi	Siswa menerima umpan balik yang sinkron yang, sebagai hasilnya, mendukung klarifikasi dan evaluasi pemahaman mereka. Evaluasi ini membantu siswa untuk berpartisipasi dalam konstruksi pengetahuan yang bermakna (Lee & Hannafin, 2016) dan memfasilitasi kompetensi dan pemahaman masalah yang diberikan (Hyland, 2000).	Efikasi diri dan strategi pembelajaran

menawarkan kemudahan instruksional, rumus konsep makro-mikro yang sama telah diterapkan dalam studi saat ini melalui penyediaan perancah yang didukung teknologi yang disesuaikan dengan cermat yang dapat bertindak sebagai "pengganti" untuk dukungan guru dan bimbingan tatap muka. Diakui bahwa orkestrasi sering kali melibatkan transisi dan interaksi antara berbagai tingkatan (individu, tim, kelas, guru), sedangkan dalam studi saat ini, strategi POEE hanya memungkinkan interogasi efek perancah dalam satu tingkatan (satu siswa dalam lingkungan daring) antara aktivitas individu.

Contoh aktivitas POEE yang diterapkan dalam modul *Panas* menunjukkan bagaimana perancah mikro-skrip diterapkan di setiap Fase POEE pada Tabel 2.

Tabel 2 mengilustrasikan bahwa berbagai alat perancah yang berbeda diintegrasikan pada tingkat mikroskrip. Misalnya, dalam fase *Prediksi*, gagasan ketidakseimbangan kognitif ([Piaget, 1985](#)) digunakan sebagai konsep kunci untuk mendorong ide awal siswa, untuk memotivasi mereka terlibat dalam penyelidikan konseptual dan, melalui proses ini, untuk memulai penyelidikan ([White & Gunstone, 1992](#)). Memprovokasi konflik kognitif dapat mengarah pada pembelajaran yang efektif dengan mendorong pelajar untuk mengartikulasikan dan mengeksplorasi ide dan teori yang mereka miliki tentang suatu konsep ([Treagust et al., 2014](#)). Penggalian pengetahuan domain sebelumnya ini merupakan konstruksi penting dari pembelajaran yang diatur sendiri. Oleh karena itu, konflik kognitif adalah keadaan yang mendorong siswa untuk mengubah beberapa pemahaman mereka yang ada tentang topik yang diketahui sesuai dengan realitas yang baru mereka temukan ([Ronda, 2012](#)). Fase *Prediksi* mengarahkan siswa untuk terlibat, sehingga proses kognitif yang bermakna dapat dilakukan selama fase *Observasi* ([Taber, 1999](#)).

Tahap *Observasi* memungkinkan klarifikasi atas setiap perbedaan antara prediksi dan observasi. Jika observasi bertentangan dengan prediksi sebelumnya, rekonstruksi pemikiran awal kemungkinan akan mendamaikan perbedaan tersebut dalam proses peningkatan pemahaman konseptual ([Tao & Gunstone, 1999](#)). Dalam tahap *Jelaskan*, siswa menerima kesempatan untuk menjelaskan pemahaman mereka terhadap konsep tertentu. Siswa diminta untuk membenarkan ide, pemahaman, dan pembenaran mereka sendiri melalui penjelasan tertulis. Karena siswa tidak menerima dukungan guru, umpan balik sinkron telah diberikan dalam tahap *Evaluasi* (*E*) untuk meminimalkan potensi kebingungan dan perbedaan dalam pemahaman siswa. Dalam tahap *Evaluasi*, pemberian umpan balik sinkron dianggap sebagai elemen kunci, yang memfasilitasi siswa dalam mengevaluasi pemahaman mereka ([Zumbach, Hillers, & Reimann, 2004](#)). Pendekatan pemberian umpan balik sinkron dalam lingkungan daring ini sangat penting untuk pembelajaran ([Leibold & Schwarz, 2015](#)). Karena umpan balik tertanam dalam ruang belajar siswa, tempat semua materi dan sumber belajar tersedia, maka kegunaan umpan balik dimaksimalkan ([Hatziaepostolou & Paraskakis, 2010](#)). Siswa diberikan petunjuk dan informasi yang berguna serta beberapa umpan balik terperinci tentang konsep tertentu yang dianggap berguna untuk mengoreksi dan memperjelas konsep ([Keiding & Qvortrup, 2014](#)).

Tiga dukungan perancah mikro-skrip seperti representasi eksternal ganda, pertanyaan penyelidikan, dan panduan instruksional telah disematkan dalam modul pembelajaran. Tabel 3 mengilustrasikan bagaimana siswa menerima dukungan ini dalam berbagai fase strategi POEE.


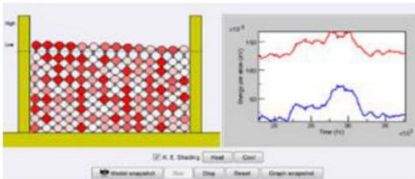

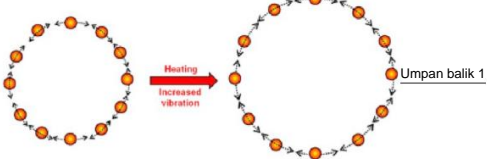

Beberapa representasi eksternal digunakan sebagai alat bantu dalam penelitian ini karena representasi tersebut menyajikan konsep dalam beberapa mode sehingga berpotensi untuk digabungkan guna mendukung pengembangan kompetensi representasional siswa ([Barrett, Stull, Hsu, & Hegarty, 2015](#)). Contoh bagaimana berbagai tingkat representasional seperti tingkat makroskopis, submikroskopis, dan simbolis ([Gilbert, 2008; Johnstone, 1993](#)) telah digabungkan diberikan untuk konsep ekspansi termal dari modul *Kalor* (*Gbr. 2*). Ekspansi termal merupakan konsep sains abstrak dan memerlukan representasi fenomena pada tingkat molekuler untuk membantu siswa memahami prosesnya. Gambar berikut menggabungkan tiga tingkat representasi konsep ini.

Tingkat representasional ini diterapkan dalam modul pembelajaran daring untuk memfasilitasi pemahaman siswa terhadap konsep dan fenomena sains abstrak (lihat Tabel 3). Representasi disampaikan melalui berbagai modalitas termasuk grafik statis, foto atau diagram, animasi dan simulasi dinamis, video dan bentuk tekstual (informasi, pertanyaan, instruksi, petunjuk, kata-kata yang disorot, dll.). Fungsi interaktif tingkat makro tertanam dalam lingkungan pembelajaran berbasis video telah terbukti mendukung regulasi diri dan hasil pembelajaran siswa ([Delen, Liew, & Willson, 2014](#)). Sementara video mewakili mode representasi ganda yang berguna (audio dan visual), siswa dapat terlibat secara pasif dengannya, oleh karena itu penelitian saat ini juga mengadopsi simulasi dinamis interaktif sebagai bagian dari desain modul yang bertujuan untuk melibatkan siswa dalam eksplorasi konsep yang aktif dan mandiri.

Panduan instruksional ([Belland, 2014](#)) digunakan dalam modul pembelajaran mandiri online, sebuah proses yang berpotensi bertindak sebagai

Tabel 2

Contoh aktivitas POEE, diekstrak dari modul Panas.

Tugas POEE	Representasi Multimodal	Alat perancah
<p>Prediksi (P)</p> <p>Saat Anda memanaskan suatu zat, kenaikan suhu bukanlah satu-satunya hal yang terjadi pada skala atom. Ada perubahan penting lain yang dapat timbul akibat perpindahan energi panas. Pikirkan pertanyaan berikut dan jelaskan pemahaman Anda di kotak teks.</p> <p><i>Rel kereta api dapat melengkung dalam cuaca yang sangat panas. Jelaskan bagaimana hal ini dapat terjadi dalam istilah molekuler.</i></p>	 <p>Rel kereta api yang tertekuk: a</p> <p>representasi makroskopis dari konteks dunia nyata (Sumber: Science Blog, 2009)</p>	<p>Pertanyaan penyelidikan, beberapa representasi eksternal</p>
<p>Amati (O)</p> <p>Simulasi berikut menunjukkan bahwa benda padat bereaksi terhadap masukan panas dengan meningkatkan volumenya karena peningkatan getaran atom. Hal ini ekspansi termal.</p> <p>Klik di sini untuk menuju simulasi Molecular Workbench yang berjudul: <i>Heat dan Suhu: Pandangan energi tentang pemanasan</i> (kutipan dari halaman 8). Setelah Anda menyelesaikan aktivitas ini, kembalilah ke halaman ini dan lakukan aktivitas pemeriksaan konsep berikut.</p>	 <p>Simulasi: Molekul bergetar dalam benda padat: representasi tingkat molekuler (Sumber: Meja Kerja Molekuler)</p>	<p>Beberapa representasi eksternal.</p> <p>Panduan instruksionalnya minimal</p>
<p>Jelaskan (E)</p> <p>Plat besi yang digambarkan di sini memiliki lubang yang dipotong di bagian tengahnya. Apa yang akan terjadi pada lubang tersebut saat plat dipanaskan? Jelaskan dalam istilah molekuler dengan penalaran.</p>	 <p>Lubang pada pelat besi: representasi makroskopis dari objek nyata (Lawrie, 2014)</p>	<p>Pertanyaan penyelidikan, beberapa representasi eksternal</p>
<p>Evaluasi (E)</p> <p>Siswa menerima umpan balik yang sinkron</p> <p><u>Umpan balik 1:</u> Pertama-tama, kita perlu mengenali apa yang terjadi pada molekul, ketika besi dipanaskan.</p> <p><i>Atom besi bergetar lebih banyak karena peningkatan energi panas dan setiap atom menempati lebih banyak ruang. Akibatnya, rata-rata setiap atom semakin jauh dari atom tetangganya. Hal ini mengakibatkan "ekspansi termal" pada material yang dipanaskan.</i></p> <p>Di sini, pelat besi akan mengembang. Relatif mudah untuk merasionalisasi bahwa keliling bagian luar pelat telah mengembang, tetapi ini tidak sesederhana itu ketika kita mempertimbangkan lubang bagian dalam.</p> <p>Bayangkan atom-atom yang berjejer di tepi lubang bagian dalam (secara efektif merupakan lingkaran atom – lihat diagram di bawah). Jika jarak di antara atom-atom tersebut bertambah, maka lingkaran tersebut akan menjadi lebih besar. Akibatnya, lubang tersebut akan bertambah besar.</p> <p><u>Umpan Balik 2:</u> Tonton video untuk melihat demonstrasi klasik konsep ini menggunakan bola dan cincin kuningan.</p>	 <p>Ekspansi termal: representasi tingkat molekuler (Lawrie, 2014)</p> <p><u>Umpan balik 2</u></p>  <p>Demonstrasi video lubang bagian dalam pelat besi yang mengembang: representasi makroskopis. (Sumber: YouTube)</p>	<p>Penyediaan umpan balik, berbagai representasi eksternal</p>

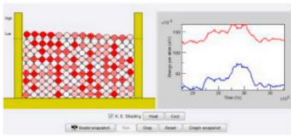
MAA Mamun, dkk.

Tabel 3
Dukungan perancah disediakan di berbagai fase POEE.

Tahap Perancah	Alat perancah yang digunakan	Dukungan perancah
Prediksi (P)	Pertanyaan penyelidikan, beberapa representasi eksternal	Memberikan arahan kognitif dalam proses pembelajaran dan memunculkan pemikiran tingkat tinggi
Amati (O)	Beberapa representasi eksternal: panduan instruksional, pertanyaan penyelidikan	Membangun sarana untuk memberikan arahan kognitif dan intuitif dalam pembelajaran proses - Menimbulkan pemikiran tingkat tinggi - Meningkatkan pengaturan diri - Memberikan arahan pengajaran - Menawarkan pembiasaan tugas - Memberikan arahan untuk menggunakan dan memanfaatkan sumber daya Minta siswa untuk menunjukkan tingkat pemahaman mereka pada situasi masalah yang diberikan berdasarkan pengalaman sebelumnya dan interaksi dalam fase <i>Mengamati</i> .
Jelaskan (E)	Beberapa representasi eksternal, pertanyaan penyelidikan	Memberikan informasi evaluatif atau korektif tentang tanggapan siswa.
Evaluasi (E)	Beberapa representasi eksternal, umpan balik sinkron	



(a)



(b)

The simulation model shows that a solid responds to heat input by increasing its volume due to increased atomic vibrations. This is thermal expansion. The buckled rail lines are example.

(c)

Gambar 2. Contoh tiga tingkat representasi berbeda yang diambil dari modul Panas . (a) Gambar statis: Representasi makroskopis dari ekspansi termal rel kereta api besi yang dapat diamati. (b) Simulasi: Representasi submikroskopis dari atom logam yang bergetar dan grafik energi kinetik sebagai fungsi waktu. (c) Informasi tekstual (representasi simbolik).

Tabel 4
Sifat dukungan instruksional dan komponen representasional yang relevan.

Panduan instruksional	Komponen representasional	Fungsi	Hasil yang diharapkan
Dipandu dengan kuat	Representasi grafis dan simbolik: simulasi, video, instruksi tekstual, pertanyaan, kata-kata yang disorot	<u>Pembelajaran terbimbing.</u> Siswa menerima materi ilmiah yang rinci instruksi tindakan yang akan membantu mereka memahami konsep dalam lingkungan simulasi. Siswa memiliki kebebasan untuk menyelidiki berbagai konsep secara mandiri.	Siswa membangun pengetahuan dan mempelajari konsep dengan mengikuti petunjuk yang diberikan. Namun, bahkan dengan instruksi yang jelas, siswa mungkin memilih untuk mengeksplorasi simulasi lebih jauh dengan cara yang diarahkan sendiri untuk menyelidiki hal yang tidak diketahui.
Cukup dipandu	Grafis dan simbolik Representasi: simulasi, video, tombol periksa konsep, petunjuk, pertanyaan	<u>Pembelajaran eksploratif dengan bimbingan—sedang—</u> Dengan instruksi sedang, siswa ditempatkan dalam konteks pembelajaran penyelidikan dan diminta untuk mengeksplorasi dan memahami konsep.	Siswa memperoleh dukungan awal dari instruksi dan menjelajahi simulasi. Mereka memahami konsep melalui eksplorasi mandiri dengan bimbingan sedang.
Terbuka (atau, dipandu minimal)	Representasi grafis: model simulasi dan video	<u>Pembelajaran eksploratif murni—</u> Hal ini menciptakan lingkungan belajar yang eksploratif, berdasarkan fondasi konstruktivis dan premis berbasis penyelidikan. Siswa mungkin memperoleh dukungan dan bimbingan dari fasilitas yang sudah tersedia di sekolah. lingkungan	Siswa membangun pemahaman mereka sendiri dan mempelajari konsep melalui eksplorasi diri.

fasilitator “pengganti” saat tidak ada guru atau teman sebaya. Oleh karena itu, di bawah fase *Observasi* dari strategi perancah POEE, semua tugas simulasi interaktif dirangkai dengan memberikan panduan yang kuat, sedang, atau minimal (misalnya eksplorasi terbuka). Contoh bentuk panduan instruksional dan komponen representasional yang relevan disediakan dalam Tabel 4.

Lima jenis pertanyaan digunakan sebagai perancah: pertanyaan konflik kognitif; pertanyaan yang meminta jawaban; pertanyaan pengecekan konsep; pertanyaan pengecekan keyakinan; dan pertanyaan pilihan ganda. Secara kolektif, pertanyaan-pertanyaan tersebut disebut sebagai *pertanyaan penyelidikan* yang menarik perhatian pada sifat umum pertanyaan yang memunculkan pemikiran siswa tentang suatu topik dan pertanyaan tersebut memfasilitasi penyelidikan yang berkaitan dengan konsep ilmiah yang dibahas oleh pertanyaan-pertanyaan tersebut. Pertanyaan dan permintaan jawaban disematkan pada titik-titik strategis dalam modul untuk mendukung penyelidikan siswa (Chin, 2007; Kawalkar & Vijapurkar, 2013). Tabel 5 mengilustrasikan contoh fungsi terpisah dari pertanyaan-pertanyaan ini:

Tabel 5

Contoh pertanyaan penyelidikan.

Pertanyaan Penyelidikan	Contoh pertanyaan	Fungsi	Tahap perancah
Pertanyaan tentang konflik kognitif	Pada hari yang dingin, saat Anda memegang kotak logam dengan tangan kosong, Anda akan merasa sangat dingin. Saat Anda memegang kotak kedua, yang terbuat dari plastik, Anda tidak akan merasa dingin. Jelaskan mengapa kotak logam terasa lebih dingin daripada kotak plastik. (Modul: Panas)	Dapatkan apa yang diketahui siswa, dorong mereka untuk menguraikan pemikiran mereka, dan bantu mereka menyelesaikan masalah.	Prediksi (P)
Pertanyaan yang perlu diajukan	<u>Reflektif</u> : Dapatkan Anda menghubungkan apa yang Anda lihat dalam simulasi mengapa air lebih padat daripada minyak? (Modul: Perubahan Fase). <u>Elaboratif</u> : Bandingkan setiap konduktor dengan saksama dan analisis semua bacaan Anda. Konduktor mana yang memungkinkan zat padat mencapai kesetimbangan paling cepat? (Modul: Panas). <u>Prosedural</u> : Dalam simulasi berikut, gunakan zat yang berbeda dan amati jenis molekul mana yang menggumpal paling rapat? (Modul: Perubahan fase).	Dorong siswa untuk mengeksplorasi konsep, mencari bukti dalam modul pembelajaran, membimbing mereka untuk menyelidiki eksplorasi yang bermakna dan produktif.	Amati (O)
Pertanyaan pemeriksaan konsep	Jelaskan mengapa air sering kali berwujud cair, tetapi oksigen (O ₂) selalu berwujud gas pada suhu ruangan. (Modul: Perubahan fase)	Memfasilitasi siswa dalam menjelaskan apa yang telah mereka pahami, membantu mereka untuk mengevaluasi dan merekonstruksi pengetahuan mereka	Jelaskan (E)
Pemeriksaan kepercayaan pertanyaan	Seberapa yakinakah Anda dengan jawaban Anda? 4: Sangat tinggi, 3: Tinggi, 2: Rendah, 1: Sangat rendah.	Merefleksikan apa yang telah mereka pahami dan jelaskan, membantu mereka untuk menyempurnakan dan memodifikasi pemahaman dan penalaran ilmiah mereka	Jelaskan (E)
Pertanyaan pilihan ganda	T. Mengapa uap air kurang padat daripada air cair? A. Karena molekul-molekul dalam uap air memiliki lebih banyak energi dan tidak lagi saling menempel. B. Ketika dipanaskan, molekul uap air memiliki berat lebih ringan daripada molekul air cair. C. Karena molekul uap air melepaskan energi dan menjadi lebih ringan. D. Uap air adalah gas, jadi lebih ringan dari air.	Memiliki tujuan yang sama dengan pertanyaan pengecekan konsep, misalnya, memudahkan siswa menjelaskan apa yang telah mereka pahami, membantu mereka mengevaluasi dan merekonstruksi pengetahuan mereka dengan mendorong mereka untuk meninjau kembali model simulasi.	Jelaskan (E)

2. Metodologi

Studi penelitian ini melibatkan bias terhadap pengumpulan data kualitatif, namun penyertaan beberapa data kuantitatif untuk memperkuat temuan menjadikan studi ini pendekatan metode campuran berstatus dominan kualitatif (Leech & Onwuegbuzie, 2009). Data dikumpulkan dari berbagai sumber termasuk observasi aktivitas siswa, rekaman video, tanggapan tertulis, dan wawancara ingatan terstimulasi. Pendekatan multi-metode pengumpulan data kualitatif ini membentuk dasar triangulasi untuk menguatkan atau menyatukan hasil dari pendekatan alternatif ini dan secara sistematis mengurangi potensi bias yang melekat dalam salah satu metode pengumpulan data (Creswell, 1999). Peneliti dapat menyelidiki lebih jauh ke dalam kumpulan data untuk memahami maknanya dan menggunakan satu kumpulan data untuk memverifikasi temuan yang berasal dari kumpulan data lainnya (Onwuegbuzie & Teddlie, 2003). Data yang dikumpulkan dari berbagai sumber memastikan deskripsi konteks yang kaya dan konvergensi informasi menegaskan kepercayaan dan keandalan data (Borrego, Douglas, & Amelink, 2009). Sebagian kecil data ini dilaporkan di sini untuk singkatnya, namun studi yang lebih lengkap tersedia (Mamun, 2018).

2.1. Pengiriman konten

Dua modul pembelajaran dirancang berdasarkan konsep sains penting tentang *Perubahan Fase* dan *Panas* yang juga selaras dengan konsep yang diajarkan dalam kurikulum kimia tahun pertama. Platform berbasis web digunakan untuk mendukung penyampaian modul. Para peneliti merancang dan mengembangkan modul pembelajaran melalui adopsi sistem manajemen konten sumber terbuka gratis WordPress. Sistem ini menyediakan berbagai peluang penyesuaian untuk menanamkan konten pembelajaran. Meskipun menanamkan applet Java (terutama untuk mendukung simulasi) sangat penting, opsi HTML 5 untuk beberapa simulasi memudahkan untuk mengintegrasikannya dalam modul pembelajaran.

Modul pembelajaran tidak diintegrasikan ke dalam kurikulum formal selama penelitian; sebaliknya, modul tersebut ditawarkan sebagai kegiatan terpisah di samping pengajaran tatap muka formal dan karenanya tidak dikaitkan secara formal dengan proses penilaian siswa. Akan tetapi, topik modul pembelajaran didasarkan pada topik yang secara formal menjadi bagian dari kurikulum kimia sekolah menengah dan tahun pertama sehingga dianggap bermanfaat bagi siswa yang berpartisipasi dalam penelitian. Tingkat partisipasi siswa bersifat sukarela.

Siswa diperbolehkan menjelajahi sumber daya dan menemukan informasi dan/atau solusi secara mandiri dari materi yang diberikan, sehingga memungkinkan mereka untuk menjelajahi topik yang mereka anggap menarik lebih jauh. Namun, perancah dalam bentuk pertanyaan, petunjuk, dan panduan instruksional disediakan dalam modul pembelajaran untuk memfasilitasi interaksi siswa dengan modul dan menjaga mereka tetap pada jalur menuju pembelajaran yang diantisipasi.

2.2. Partisipan dan Teknik Pengambilan Sampel

Studi ini bergantung pada ukuran sampel yang relatif kecil, yaitu 30 mahasiswa. Kekuatan sampel yang kecil adalah memungkinkan peneliti untuk memperoleh data yang terperinci dan mendalam tentang ide-ide utama, dan menyediakan kesempatan untuk mendapatkan catatan pengalaman terperinci terkait fenomena yang diteliti (Creswell & Clark, 2007; Ryan, Coughlan, & Cronin, 2009). Konteks studi ini adalah satu institusi pendidikan tinggi besar di Australia. Teknik pengambilan sampel yang mudah digunakan dalam studi ini untuk merekrut partisipan dari kelompok mahasiswa kimia tahun pertama. Undangan untuk berpartisipasi disebarkan kepada semua mahasiswa yang terdaftar melalui sistem manajemen pembelajaran dan hanya mereka yang menyatakan minat untuk berpartisipasi dalam studi yang direkrut. Mahasiswa sains tahun pertama diundang untuk berpartisipasi karena mahasiswa dalam konteks ini sering kali mengungkapkan masalah dalam memahami konsep sains abstrak di awal pendidikan tinggi mereka (Markow & Lonning, 1998). Proses pengumpulan dan penyimpanan data yang digunakan dalam studi ini telah disetujui melalui komite etik institusi dan partisipasi mengharuskan mahasiswa untuk ikut serta berdasarkan persetujuan yang diinformasikan.

Peserta disaring menjadi dua kelompok berdasarkan pengetahuan kimia yang mereka miliki sebelumnya. Penelitian ini menghindari pra-ujian terhadap siswa karena potensi ancaman pengujian yang dapat mengubah perilaku peserta selama penelitian sebenarnya karena informasi yang mungkin mereka peroleh dari pra-ujian. Peneliti dapat mengendalikan ancaman pengujian dengan menggunakan kelompok kontrol; namun, sifat penelitian ini tidak menuntut adanya kelompok kontrol. Oleh karena itu, pengelompokan siswa berdasarkan pengalaman kimia mereka sebelumnya adalah tepat.

2.3. Pengumpulan data

Setiap siswa diundang untuk terlibat dengan satu modul pembelajaran (baik *Perubahan Fase* atau *Panas*), yang mereka akses pada antarmuka komputer yang telah diformat sebelumnya di ruang belajar tempat hanya siswa yang hadir. Peserta diminta untuk berkomitmen pada modul pembelajaran selama sekitar 50 menit. Sebelum memulai aktivitas, siswa diperkenalkan secara singkat dengan modul tersebut oleh peneliti yang mengarahkan mereka dalam simulasi dan cara menavigasi pengaturan daring. Mereka kemudian dibiarkan bekerja secara mandiri pada modul tersebut. Namun, aktivitas mereka di layar dipantau oleh peneliti dari lokasi terpencil (ruang terpisah di dekatnya) dengan bantuan perangkat lunak Virtual Networking Computing (VNC). Sementara siswa berinteraksi dengan konten situs web daring, aktivitas layar komputer mereka dipantau dan direkam oleh perangkat lunak tangkapan layar Echo360 untuk menangkap bagaimana peserta berinteraksi dengan aktivitas. Mengacu pada pengalaman siswa, penelitian ini menggunakan wawancara mengingat kembali yang distimulasi setelah mereka menyelesaikan aktivitas daring mereka sebagai alat utama untuk pengumpulan data (O'Brien, 1993). Pengumpulan data melibatkan beberapa fase: perekaman video aktivitas siswa di layar, catatan observasi, respons tertulis siswa yang dimasukkan secara daring ke berbagai pertanyaan penyelidikan yang tertanam dalam modul pembelajaran, dan akhirnya wawancara mengingat stimulus. Kombinasi dari dua fase pertama, perekaman video dan perekaman catatan observasi, menyediakan dasar untuk pertanyaan dalam wawancara mengingat stimulus.

Setiap peserta diberi pengenalan unik dan modul yang mereka selesaikan diberi nama 'H' untuk panas atau 'P' untuk perubahan fase saat data disajikan di bagian hasil.

2.4. Analisis data

Analisis tematik, metode analitik kualitatif yang paling banyak digunakan dalam penelitian, diterapkan pada data kualitatif yang dikumpulkan dalam penelitian ini. Penelitian ini mempertimbangkan model yang diusulkan oleh Braun dan Clarke (2006) sebagai cetak biru untuk pendekatan induktif guna menemukan pola di seluruh set data. Data yang diperoleh dari aktivitas siswa, catatan observasi, wawancara, respons tertulis siswa diperiksa dan diberi kode untuk menjelaskan pertanyaan penelitian. Pendekatan berbasis teori untuk menemukan pola dan tema yang terkait dengan pertanyaan penelitian juga diterapkan di mana beberapa konstruk, yang terkait dengan aktivitas siswa, yang muncul dari literatur diterapkan sebagai indikator utama saat mencari tema dari data. Pendekatan ini memungkinkan pengorganisasian data untuk interpretasi selanjutnya dan beberapa subtema yang akan mendukung teori ini diidentifikasi.

3. Hasil

Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa strategi perancah POEE memenuhi empat kondisi lingkungan belajar konstruktivis yang disarankan oleh Baviskar, Hartle, dan Whitney (2009). Dalam penelitian mereka, Baviskar et al. (2009) berpendapat bahwa lingkungan konstruktivis perlu menetapkan empat kriteria penting yang memungkinkan siswa untuk membangun pengetahuan atau membangun pengetahuan sebelumnya. Kriteria ini adalah: a) penggalan pengetahuan sebelumnya siswa; b) penyediaan konteks yang menciptakan disonansi kognitif dalam pikiran siswa; c) memberi siswa kesempatan untuk menerapkan pengetahuan baru; dan d) memberikan umpan balik dan dukungan untuk refleksi dan klarifikasi selama proses pembelajaran. Contoh bukti yang diperoleh yang mendukung realisasi keempat kriteria disediakan dalam Tabel 6 (kasus siswa tunggal telah diilustrasikan).

Pada bagian berikut, data gabungan dianalisis untuk mempertimbangkan seberapa efektif perancah dalam setiap fase strategi POEE dan kemajuan siswa melalui modul.

3.1. Fase prediksi

Tahap prediksi mengungkapkan bahwa pertanyaan penyelidikan, seperti pertanyaan konflik kognitif, telah menciptakan tingkat disonansi kognitif dalam pikiran siswa tentang apa yang mereka ketahui. Dalam banyak kasus, dipastikan bahwa beberapa siswa bingung dan tidak yakin tentang jawaban asli mereka. Ada bukti bahwa mereka dibiarkan dalam keadaan tidak seimbang ketika pengetahuan mereka

MAA Mamun, dkk.

Tabel 6

Contoh bukti perilaku siswa dalam lingkungan belajar konstruktivis.

Alat yang digunakan	Contoh bukti: Respon siswa	Komentar Peneliti
<p>Kriteria 1: Menggali pengetahuan awal siswa</p> <p>Pertanyaan konflik kognitif: Pada hari yang dingin, ketika Anda memegang kotak logam dengan tangan kosong, kotak itu terasa sangat dingin. Ketika Anda memegang kotak kedua, yang terbuat dari plastik, kotak itu tidak terasa dingin. Jelaskan mengapa kotak logam terasa lebih dingin daripada kotak plastik.</p>	<p><i>Kotak logam terasa lebih dingin karena panas ditransfer lebih cepat ke tangan dibandingkan kotak plastik [H207].</i> (kutipan dari tanggapan tertulis)</p>	<p>Siswa tersebut menggunakan pengetahuan sebelumnya yang diperoleh melalui pertanyaan ini. Siswa tersebut membahas masalah bahwa perpindahan panas lebih cepat dari logam ke tangan dibandingkan dengan plastik. Ini adalah bukti nyata bahwa siswa tersebut memiliki pengetahuan sebelumnya tentang fenomena ini dan oleh karena itu ia menjelaskannya berdasarkan pemahaman sebelumnya.</p>
	<p><i>Kriteria 2: Menciptakan disonansi kognitif</i></p> <p><i>Konsep ini sedikit membingungkan. Saya pernah melakukan hal seperti itu dan sayangnya saya tidak dapat mengingatnya lagi. Saya tidak tahu mengapa, tetapi saya pikir, saya agak bingung dengan konsep tersebut, dan saya berasumsi bahwa logam adalah konduktor yang lebih cepat dan menarik panas dari tangan Anda lebih cepat daripada plastik karena merupakan konduktor yang buruk. [H207] (data wawancara)</i></p>	<p>Ketika siswa gagal memberikan jawaban yang memuaskan, hal itu menciptakan disonansi kognitif dan akhirnya, siswa menyadari kesenjangan antara pengetahuan sebelumnya dan masalah yang disajikan. Disonansi kognitif menciptakan motivasi intrinsik dan menuntunnya untuk mengeksplorasi konsep-konsep tersebut.</p>
<p>Pertanyaan pemeriksaan konsep, CnCQ8: Dalam bahasa populer demonstrasi kuliah, sebuah batang yang setengahnya terbuat dari kayu dan setengahnya lagi dari logam dibungkus rapat dengan selembar kertas. Jika diletakkan di atas api, kertas pada setengah batang akan terbakar sementara kertas pada setengah batang lainnya tidak terpengaruh. Bagian batang manakah yang kertasnya terbakar? Jelaskan dengan penalaran. (CnCQ8 adalah pertanyaan lanjutan dari CgCQ4 sebelumnya untuk memahami bagaimana siswa menerapkan pengetahuan mereka dalam situasi yang berbeda.)</p>	<p><i>Kriteria 3: Menerapkan pengetahuan baru</i></p> <p><i>Setengah dari batang yang kertasnya terbakar adalah kayu karena merupakan konduktor energi panas yang buruk. Sebaliknya, logam, oleh karena itu, panas ditransfer dengan cepat dari api ke batang logam, yang menyebabkan kertas terbakar. [H207].</i> (kutipan dari tanggapan tertulis)</p>	<p>Setelah mengeksplorasi dan mengalami model simulasi, siswa diminta untuk menjelaskan masalah dalam situasi baru. Siswa mencoba menjelaskan dan menerapkan pemahamannya untuk mengatasi masalah yang diberikan.</p>
<p>Umpan balik sinkron pada CnCQ8: Logam merupakan konduktor termal yang baik. Kertas langsung kehilangan panasnya ke logam, sehingga tidak terpengaruh oleh api. Logam menghantarkan panas dari api yang dihasilkan oleh kertas. Kertas yang terbuat dari kayu akan terbakar karena kayu merupakan konduktor panas yang buruk.</p>	<p><i>Kriteria 4: Mendukung refleksi dan evaluasi</i></p> <p><i>Saya tidak menyadari hal itu, dan saya tidak pernah benar-benar memikirkannya. Begitu saya membaca penjelasannya (umpun balik), saya menjadi jelas. Saya agak memahami konsepnya dari bacaan. [H207].</i> (data wawancara)</p>	<p>Setelah siswa menyelesaikan penjelasan tertulisnya, ia menerima umpan balik langsung mengenai konsep tersebut yang membantunya merefleksikan pemahamannya. Umpan balik tersebut memberinya kesempatan untuk mengklarifikasi dan mengevaluasi pemahamannya saat ini.</p>

Tabel 7

Perilaku siswa saat menjawab pertanyaan konflik kognitif.

Subtema	Frekuensi [N = 30]	Sumber data
Menciptakan ketidakpuasan (terkadang kebingungan) dalam memahami konsep	14	Observasi, rekaman video dan wawancara
Kesadaran tentang kurangnya pengetahuan dan ketidakmampuan menjelaskan dengan benar	10	
Ketidakpuasan atau kesadaran menyebabkan penyelidikan segera dilakukan	19	

yang berkaitan dengan masalah yang diberikan tidak memadai dalam memberikan penjelasan yang memuaskan. Tabel 7 merangkum perilaku siswa menggunakan data yang dikumpulkan dari interaksi siswa secara individu (observasi dan rekaman video) dan wawancara.

Contoh pertanyaan kognitif yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 'Pada hari yang dingin, Anda memegang kotak logam dengan tangan kosong. Kotak itu terasa sangat dingin. Anda memegang kotak kedua, yang terbuat dari plastik dan tidak terasa dingin. Jelaskan mengapa kotak logam terasa lebih dingin daripada kotak plastik'. Selama wawancara pasca-aktivitas, siswa mengungkapkan kebingungan dan ketidakpastian mereka tentang jawaban yang mereka berikan untuk pertanyaan ini:

Saya tidak begitu yakin apa yang menyebabkan ... seperti saya tahu logam dapat berubah bentuk saat menjadi sangat panas. Saya hanya tahu bahwa molekul dapat bergerak di sekitar ... tetapi saya tidak yakin sebenarnya. [H105]

Saya tahu bahwa logam adalah konduktor yang lebih cepat, tetapi ya, saya akan benar-benar kesulitan dengan ini karena saya tidak dapat memikirkannya. ... Saya tahu saya pernah mengalaminya sebelumnya, tapi saya agak frustrasi dengan apa yang terjadi di sana. [H207]

Berdasarkan refleksi siswa selama wawancara, pertanyaan konflik kognitif tampaknya telah menimbulkan kebingungan di antara siswa; lebih jauh, disorientasi awal ini terbukti menjadi katalis dalam mendorong mereka untuk lebih menyadari ketidakmampuan mereka dalam menyelaraskan konsep dengan skema pengetahuan yang ada. Oleh karena itu, refleksi siswa terhadap pemikiran mereka sendiri menunjukkan bahwa penyertaan pertanyaan konflik kognitif telah mendorong kesadaran akan pemikiran mereka sendiri. Kutipan berikut menunjukkan bagaimana pertanyaan konflik kognitif memfasilitasi kesadaran diri ini:

Saya mencoba untuk berpikir ke depan tentang seperti apa informasi yang akan diberikan, untuk menjawab pertanyaan dengan tepat. Saya tahu (bahwa informasi yang saya miliki) tidak akan sepenuhnya benar. [H104]

Saya punya gambaran samar tentang apa jawabannya, tetapi bahkan sebelum saya tahu jawaban apa yang akan saya tulis, saya tahu saya tidak yakin akan hal itu. [H105]

Ini merupakan konsekuensi penting dari konflik kognitif yang dialami (Bao, Kim, Raplinger, Han, & Koenig, 2013, hlm. 1–51).

Kesadaran ini tampaknya mendorong siswa untuk menyelidiki lebih lanjut dan mengeksplorasi aktivitas berbasis simulasi untuk mengklarifikasi dan memperbaiki kurangnya pemahaman konseptual mereka. Ketidakpastian serta kesadaran diri tentang ketidakmampuan mereka memiliki efek gabungan dalam mendorong siswa untuk menyelidiki konsep-konsep tersebut. Hal ini dikonfirmasi oleh sejumlah siswa dalam wawancara mereka.

Saya tidak tahu bagaimana menjawabnya. Jadi, saya pikir tulis saja apa yang saya ketahui, lalu lakukan saja simulasi modelnya, misalnya, lihat apakah saya bisa belajar dari sana. [H203]

Saya tahu (bahwa informasi yang saya miliki) tidak akan sepenuhnya benar. Jadi, hal itu mendorong saya untuk terlibat (dalam aktivitas) guna mencari informasi untuk itu. [H104]

Singkatnya, pertanyaan konflik kognitif memungkinkan siswa untuk menyadari perbedaan antara pengetahuan yang mereka miliki saat ini dan informasi yang diberikan dalam soal, yang mengarah ke keadaan ketidakseimbangan (Limón, 2001; Piaget, 1985; Ronda, 2012). Pada tahap ini, fungsi perancah tampaknya telah bekerja pada dua dimensi. Pertama, fungsi ini mendorong siswa untuk berpikir tentang konsep yang diberikan dan kedua, kebingungan yang dihasilkan mendorong siswa untuk terlibat dalam proses metakognitif, yang merangsang mereka untuk menyelidiki lebih lanjut konsep-konsep tersebut guna menyesuaikan pemahaman mereka (Bao et al., 2013).

3.2. Fase pengamatan

Tahap *Observasi* merupakan elemen perancah utama dari strategi POEE. Setelah ditantang melalui pertanyaan konflik kognitif dalam tahap prediksi, siswa dibimbing untuk melakukan observasi menggunakan aktivitas berbasis simulasi atau, dalam beberapa kesempatan, aktivitas video. Contoh bagaimana siswa mengikuti proses penyelidikan mengenai konsep yang diamati pada tingkat sub-mikroskopis melalui representasi eksternal diberikan di bawah ini.

Saya melihat atom-atom ini memantul. Saya dapat melihat molekul-molekul di area panas bergerak jauh lebih cepat, dan saya dapat melihat bagaimana campuran itu dapat melihat bagaimana zat panas akan memengaruhi zat dingin untuk mencapai kesetimbangan suhu. [H101, ref: hSim1]

Saya melihat benturan dan perbedaan antara dua sisi molekul yang berputar dan secara khusus bertabrakan (satu sama lain). Saya mendapat gambaran tentang perilaku interaksi molekuler, yang saya duga, tetapi saya belum pernah melihatnya sebelumnya dalam penelitian saya. [P207, ref: pSim1]

Komentar di atas menunjukkan bahwa siswa telah mengamati dan berinteraksi dengan sifat dinamis molekul dan atom serta perilaku selanjutnya yang diakibatkan oleh gerakan dan strukturnya. Representasi konsep tingkat submikro dalam aktivitas simulasi selama proses penyelidikan mendukung siswa dalam mendamaikan keadaan ketidakseimbangan yang telah mereka hadapi sebelumnya. Diketahui bahwa selama proses penyelidikan, keterampilan visualisasi siswa dapat ditingkatkan dengan representasi dinamis (Chang & Linn, 2013; Ryoo & Linn, 2012) yang mendukung siswa dalam pemahaman konseptual mereka tentang topik yang sedang diselidiki. Saat setiap aktivitas berlangsung, siswa mengalami berbagai jenis aktivitas visual dan interaktif. Suatu bentuk perkembangan pembelajaran telah terjadi melalui persepsi yang berkembang tentang struktur dan perilaku molekul yang memfasilitasi transisi pemahaman siswa dari tingkat makro ke tingkat submikro (Dickson, Thompson, & O'Toole, 2016; Gilbert & Justi, 2016). Perkembangan pembelajaran ini memberi siswa kesempatan untuk menerapkan proses kognitif yang lebih dalam.

Teknik perancah prosedural utama lain yang diterapkan dalam penelitian ini adalah berbagai cara bimbingan instruksional tertulis yang disematkan untuk mendukung interaksi siswa dengan berbagai kegiatan. Berdasarkan tanggapan siswa dalam wawancara, tampak bahwa kegiatan yang dipandu dengan kuat merupakan teknik perancah yang paling efektif untuk memfasilitasi keterlibatan mereka dalam lingkungan yang diarahkan sendiri (Tabel 8).

Banyak siswa yang mengamati bahwa mereka merasa sulit untuk mengeksplorasi dan terlibat secara mandiri dengan modul pembelajaran ketika Kegiatan ini dibingkai sebagai kegiatan penyelidikan terbuka. Misalnya:

Ada beberapa bagian yang mengharuskan saya melakukan beberapa aktivitas tetapi instruksinya tidak cukup bagi saya. Jadi saya kesulitan di sana. [H204]
Simulasinya cukup sulit dipahami. Karena saya harus mencoba-coba sendiri, dan akan lebih baik jika ada orang yang menyuarakan atau menjelaskannya kepada saya. [P205]

Kalau tidak ada yang memberi tahu saya apa yang harus dilakukan, maka saya mungkin akan tersandung-sandung sebentar. [H205]

Wawasan di atas selaras dengan perspektif terkini dalam literatur, di mana para peneliti berpendapat bahwa bimbingan instruksional dalam pembelajaran penyelidikan itu penting (Clark, Kirschner, & Sweller, 2012; Kirschner, Sweller, & Clark, 2006; Luo, 2015). Secara khusus, data dari penelitian ini mengungkapkan bahwa dukungan instruksional ditemukan sebagai elemen kunci dalam strategi perancah untuk memfasilitasi pembelajaran mandiri siswa dalam proses penyelidikan. Namun, karena beberapa siswa lebih menyukai kesempatan untuk terlibat dalam kegiatan dengan bimbingan minimal, hal ini menunjukkan pentingnya bimbingan instruksional yang fleksibel dalam lingkungan daring. Masalah yang teridentifikasi ini menunjukkan bahwa penelitian lebih lanjut tentang konteks pembelajaran daring mandiri diperlukan.

3.3. Menjelaskan fase

Pada tahap *Penjelasan*, dua jenis pertanyaan penyelidikan digunakan untuk menyelidiki pemahaman siswa terhadap konsep yang baru saja mereka selidiki. Pertanyaan pemeriksaan konsep digunakan sebagai strategi perancah untuk mendukung penyelidikan siswa yang memungkinkan pengujian diri untuk memastikan konsep mana yang telah dipelajari. Siswa diminta untuk berkomitmen menuliskan pemahaman mereka dalam kotak teks yang tertanam di halaman web dan menekan tombol kirim setelah mereka menyelesaikan penjelasan mereka. Strategi ini memungkinkan siswa untuk berpartisipasi dalam

Tabel 8

Contoh komentar siswa yang mendukung kegiatan yang dipandu dengan kuat.

Subtema	Contoh kutipan siswa	Temuan
Dipandu dengan kuat	Saya mengikuti instruksinya. Saya naik turun beberapa kali untuk memeriksanya. Molekul-molekul nonpolar mulai bergerak sedikit menjauh. Mereka memutus ikatannya dan mulai memisahkan diri sedangkan molekul polar tetap bertahan karena semuanya tersusun rapat. [P103]	Meningkatkan kemampuan visual, mendukung eksplorasi yang bermakna, membantu memahami ikatan polar-nonpolar
	Saya pikir sangat penting untuk memiliki instruksi tertulis. Jika ada sesuatu yang tidak Anda pahami, itu ada di depan Anda dan Anda dapat mengatasinya. [H101]	Mendukung eksplorasi yang bermakna
	Instruksi mengatakan untuk menjalankan model tersebut selama beberapa saat dan mengamati grafik batang di sebelah kanan. Jadi, semacam menunggu untuk melihat apakah sesuatu akan terjadi. Dan, ya, saya melihat bahwa suhu menurun ketika penutup dilepas karena molekul mulai menguap. [P105]	Meningkatkan kemampuan visual, mendukung eksplorasi yang bermakna, membantu memahami proses penguapan
	Petunjuknya mengatakan, lihatlah seberapa cepat kalor dihantarkan dari benda panas ke benda dingin dan seperti mengetahui hal itu dari petunjuk tersebut maka Anda akan melakukan aktivitas tersebut dengan jelas. [H103]	Mendukung eksplorasi yang bermakna

proses pembelajaran mereka dengan menjelaskan pengetahuan yang diperoleh atau intuitif, dan pemikiran kritis apa pun yang mungkin telah mereka terapkan dalam proses tersebut. Untuk menunjukkan bagaimana pertanyaan pengecekan konsep memfasilitasi keterlibatan kognitif siswa, contoh-contoh berikut diambil dari entri tertulis siswa (Tabel 9).

Pada item pertama (Q4, Tabel 9) siswa diminta untuk setuju atau tidak setuju dengan pernyataan tersebut, pendekatan ini membimbing siswa untuk berkomitmen pada sebuah jawaban dan membenarkannya. Respons kognitif diperlukan untuk menjawab pertanyaan bahkan ketika kemampuan dan/atau motivasi responden rendah (Tourangeau, Rips, & Rasinski, 2000). Untuk menjawab, siswa perlu memahami pertanyaan tersebut, mengambil informasi yang relevan dari ingatan mereka dan mengintegrasikan informasi ini ke dalam sebuah keputusan. Contoh pada Tabel 9 mengungkapkan bahwa siswa berkomitmen untuk memilih jawaban dengan menunjukkan ketidaksetujuan dengan pernyataan tersebut. Setelah itu, siswa P101 menjelaskan alasan mereka dengan merujuk pada ikatan molekul yang kuat (daya tarik antarmolekul). Sebaliknya, P104 gagal menyebutkan alasan apa pun untuk perilaku tersebut. Data tersebut mengungkapkan bahwa siswa ini memahami konsep bahwa molekul bergetar dalam keadaan padat, yang mendukung hipotesis bahwa jenis pertanyaan ini berguna dalam pembelajaran daring yang diarahkan sendiri. Q9 (Tabel 9) juga tampaknya meningkatkan keterampilan penalaran siswa karena siswa menunjukkan pemahaman konseptual yang baik dalam tanggapan mereka. Siswa pertama, H206 memahami masalah dan menjawab penalaran dengan benar. Hal ini menegaskan bahwa pertanyaan pemeriksaan konsep, dalam bentuk pertanyaan penyelidikan, membantu siswa untuk berpikir dan memperoleh pemahaman konseptual (Kawalkar & Vijapurkar, 2013). Di sisi lain, H107 salah memahami konsep vakum karena ia menyatakan bahwa vakum mengandung "lapisan udara". Ini adalah contoh di mana seorang siswa telah mengembangkan konsepsi alternatif (terkadang kesalahpahaman) selama proses pembelajaran. Sifat dari konsepsi dan kesalahpahaman alternatif ini harus dieksplorasi lebih lanjut dalam penelitian mendatang tentang sifat perancah dalam lingkungan penyelidikan daring.

Pertanyaan pengecekan keyakinan dimasukkan sebagai elemen metakognitif dalam fase *Jelaskan* dengan memberikan kesempatan kepada siswa untuk merefleksikan apa yang telah mereka pahami dari pengalaman berpikir tentang masalah yang diberikan. Jenis pertanyaan ini

Tabel 9

Peran pertanyaan pemeriksaan konsep dalam mendukung keterlibatan kognitif siswa.

Pertanyaan pemeriksaan konsep	Respon tertulis siswa
Q4: 'Molekul air tidak bergerak dalam benda padat (es)' - Apakah Anda setuju atau tidak? Jelaskan.	Tidak setuju. Molekul-molekul dalam keadaan padat bergetar! Mereka mungkin tidak bergerak bebas seperti air, tetapi mereka tetap bergerak dalam jumlah kecil. [P104] Ini tidak benar, molekul dalam zat padat memang bergerak, namun, mereka tidak bergerak secepat, dan mereka tidak menyebar seperti gas karena ketidakmampuan mereka untuk bergerak. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan yang mereka miliki akibat ikatan dengan molekul air lainnya. Pergerakan mereka tidak pernah berhenti. [P101]
Q9: Termos adalah wadah berdinding ganda dengan ruang hampa di antara kedua dindingnya. Bagaimana termos menjaga agar isinya tetap lebih panas atau lebih dingin daripada udara luar?	Karena ruang hampa tidak memiliki partikel di dalamnya, maka konduksi terhenti karena partikel-partikel saling bertumbukan. Jadi, jika tidak ada partikel yang bertumbukan, maka panas tidak akan berpindah dan suhunya akan tetap konstan. [H206] Pengaruh udara di luar wadah dijauhkan dari isinya oleh lapisan udara yang berada di antara wadah dan lapisan bahan di dalam yang menyentuh cairan. [H107]

Tabel 10

Contoh yang mendukung subtema terkait pertanyaan pemeriksaan Konsep.

Temuan	Kutipan siswa dari wawancara
Menyadari ketidakmampuan untuk memahami alasan	<i>Saya tidak yakin dengan vakum. Saya memilih Rendah percaya diri. Saya tahu bahwa (dalam vakum) tidak ada perpindahan panas. Suhunya tetap sama. Namun tidak tahu alasan di baliknya. [H104]</i> <i>Saya memiliki keyakinan yang rendah. Saya tidak begitu tahu teori kinetik molekular. Saya tidak begitu yakin tentang itu. [H105]</i> <i>Saya menginginkannya seperti di antara (Tinggi dan Rendah). Saya punya ide yang tepat, tetapi saya yakin saya tidak memiliki terminologi yang tepat atau cara yang tepat untuk menjelaskannya. [P104]</i>
Memikirkan kembali konsep-konsep tersebut, mereka belajar	<i>Bila saya menempatkan Rendah, saya tentu ingin belajar lebih banyak. Jika saya menempatkan Tinggi, maka saya ingin menebak-nebak diri saya sendiri dan bertanya lagi, apakah saya benar-benar berpikir bahwa saya ahli dalam hal itu atau semacamnya. [P101]</i>

mengikuti setiap pertanyaan pengecekan konsep untuk melibatkan siswa dengan apa yang telah mereka tulis dan untuk memastikan tingkat keyakinan mereka dalam pemahaman mereka terhadap konsep yang telah mereka pelajari. Mereka diminta untuk menilai tingkat keyakinan mereka dari 'sangat tinggi' hingga 'sangat rendah' pada skala penilaian 4 poin. Studi ini tidak berfokus pada kuantifikasi persentase siswa yang memilih opsi *Tinggi*, *Rendah*, dst., tetapi lebih pada mengeksplorasi bagaimana pertanyaan pengecekan keyakinan memengaruhi pemikiran siswa tentang jawaban mereka. Data tersebut mengungkapkan bahwa begitu siswa menghadapi pertanyaan pengecekan keyakinan, mereka menjadi sadar akan penjelasannya (bukti metakognisi). Contoh refleksi siswa terkait dengan pertanyaan pengecekan keyakinan disediakan dalam [Tabel 10](#).

Telah dibuktikan bahwa ketika siswa menghadapi pertanyaan pemeriksaan keyakinan ([Tabel 10](#)), mereka diminta untuk merenungkan pemikiran dan tindakan mereka dalam hal apakah mereka telah menjawab dengan benar dan cukup mendalam. Dalam beberapa kasus, pertanyaan-pertanyaan ini meningkatkan kesadaran siswa dan pemikiran yang lebih mendalam dalam konsep-konsep yang telah mereka pahami, dan dalam prosesnya membantu mereka untuk memikirkan kembali pemahaman awal mereka.

3.4. Fase evaluasi

Pengenalan fase *Evaluasi* merupakan perluasan dari strategi POE yang diusulkan dalam studi ini sebagai pendekatan potensial untuk meningkatkan desain perancah dalam lingkungan daring melalui keterlibatan siswa dengan umpan balik untuk lebih memfasilitasi refleksi dan evaluasi pemahaman mereka. [Hattie dan Timperley \(2007\)](#) menyatakan, terkait dengan siswa yang menerima umpan balik berkualitas tinggi, bahwa tiga pertanyaan penting perlu dijawab oleh siswa dalam upaya mencapai tujuan pembelajaran mereka: 'ke mana saya akan pergi?', 'bagaimana saya akan pergi?' dan 'ke mana selanjutnya?'. [van den Bergh, Ros, dan Beijard \(2013\)](#) menunjukkan bahwa pertanyaan pertama harus membahas tujuan pembelajaran yang dimaksud. Umpan balik sinkron yang diadopsi dalam studi saat ini pada dasarnya memberi siswa tujuan untuk apa yang akan mereka pelajari jika siswa telah menyimpang dari hasil pembelajaran yang diantisipasi. Kutipan siswa menegaskan bagaimana umpan balik membantu mereka memfokuskan kembali pada tujuan pembelajaran yang diantisipasi.

Jika saya tidak mendapatkan umpan balik dan jika saya tidak tahu jawabannya, saya akan terus saja tidak memahami konsepnya. Namun karena hal itu memberi Anda kesempatan untuk menjawab dan kemudian memberikan umpan balik, ya, saya pikir itu sangat membantu. [P103]

Saya tidak mengerti sampai saya membaca umpan baliknya. Saya tidak terhubung sampai saya mendapatkan penjelasannya.

[H107] [van den Bergh dkk. \(2013\)](#) lebih lanjut menunjukkan bahwa dua pertanyaan terakhir yang diajukan oleh [Hattie dan Timperley \(2007\)](#) harus membahas apa yang perlu diketahui siswa: bagaimana kinerja mereka saat ini berhubungan dengan tujuan pembelajaran dan kegiatan apa yang perlu dilakukan untuk mencapai kemajuan. Umpan balik yang sinkron, seperti yang diamati dalam penelitian ini, mendorong kesadaran siswa bahwa kinerja mereka saat ini (eksplorasi diri siswa dan keterlibatan dengan kegiatan) berada di jalur yang benar (atau tidak) sehingga memungkinkan mereka untuk mempertimbangkan pemahaman mereka terhadap konsep tersebut.

Ada beberapa pertanyaan di sana yang memberikan umpan balik, lalu jelaskan mengapa saya menjawab pertanyaan yang salah dan mengapa saya menjawabnya dengan benar. Saya merasa itu sangat berguna. [H101]

Hal ini akhirnya mengarahkan siswa untuk menghadapi pertanyaan ketiga 'ke mana selanjutnya' dengan merujuk mereka kembali ke aktivitas untuk meninjau ulang, mengeksplorasi ulang, dan mengevaluasi ulang pemahaman mereka. Ini merupakan pola umum yang diamati dalam perilaku siswa saat berinteraksi dengan aktivitas simulasi. Ketika siswa menemukan tombol petunjuk, atau menerima umpan balik setelah mengirimkan jawaban mereka, mereka biasanya kembali ke aktivitas simulasi untuk memverifikasi konsep.

Ketika saya salah (menerima umpan balik), saya naik lagi (ke simulasi). Kemudian saya mendinginkannya. Oke, sekarang saya mengerti bagaimana ikatan antarmolekul seperti mengembang dan menyusut. [H204]

Jelas bahwa memberikan umpan balik yang sinkron berpotensi meningkatkan keterlibatan dan pembelajaran siswa dalam lingkungan daring, sebuah temuan yang sejalan dengan penelitian [Mount, Chambers, Weaver, dan Priestnall \(2009\)](#). Selain itu, ketika siswa menyadari bahwa pemahaman yang mereka duga salah berdasarkan umpan balik, banyak yang terdorong untuk meninjau kembali dan mengeksplorasi kembali model simulasi. Ini merupakan langkah penting dalam proses pembelajaran penyelidikan.

Sementara fase *Evaluasi* telah terbukti penting bagi perkembangan kognitif dan proses refleksi metakognitif yang tertanam dalam strategi perancah inti POEE, yang bertindak sebagai "tulang punggung" untuk modul daring, tampak jelas bahwa banyak siswa memerlukan umpan balik konten yang lebih eksplisit, yang terletak lebih awal dalam proses strategis, seperti pertanyaan penyelidikan, petunjuk, dan panduan instruksional yang digunakan dalam penelitian ini. Ini sejalan dengan pertanyaan kedua yang dikutip [Hattie dan Timperley \(2007\)](#): 'bagaimana saya melakukannya?'. Tampaknya umpan balik pada berbagai tahap modul memiliki kemampuan untuk memenuhi berbagai tujuan psikologis dan pendidikan. Oleh karena itu, umpan balik dikonseptualisasikan sebagai strategi yang memiliki banyak segi dan multidimensi yang sangat diperlukan bagi siswa untuk mencapai

pemahaman tentang status pembelajaran mereka saat ini. Misalnya, contoh-contoh di bawah ini (diperoleh dari data wawancara) menunjukkan persepsi siswa dan menggambarkan bagaimana umpan balik yang sinkron membantu siswa mengevaluasi pemahaman mereka sendiri.

Saya mengingat kembali pengetahuan sebelumnya, jadi saya memilih partikel bermuatan. Umpan balik yang diberikan dari jawaban yang salah menurut saya benar-benar memperjelas apa yang terjadi. [H108]

Saya tidak menyadari hal itu, dan saya tidak pernah benar-benar memikirkannya, karena dalam pikiran saya hal-hal itu jelas meluas, tetapi ternyata tidak. Begitu saya membaca penjelasannya, hal itu menjadi jelas bagi saya. [H207]

Data ini mengungkap bahwa, dalam pembelajaran daring yang diarahkan sendiri, umpan balik yang sinkron membantu siswa untuk mengevaluasi, mengklarifikasi, dan mengonfirmasi pembelajaran mereka. Umpan balik tersebut juga mendukung mereka melalui perkembangan pembelajaran yang terstruktur sehingga mereka dapat melanjutkan pembelajaran tanpa pengawasan langsung. Penelitian sebelumnya juga mengonfirmasi pentingnya umpan balik yang tepat waktu dan sering yang berkontribusi pada kinerja pembelajar daring (Goldsmith, 2014; Thiele, 2003).

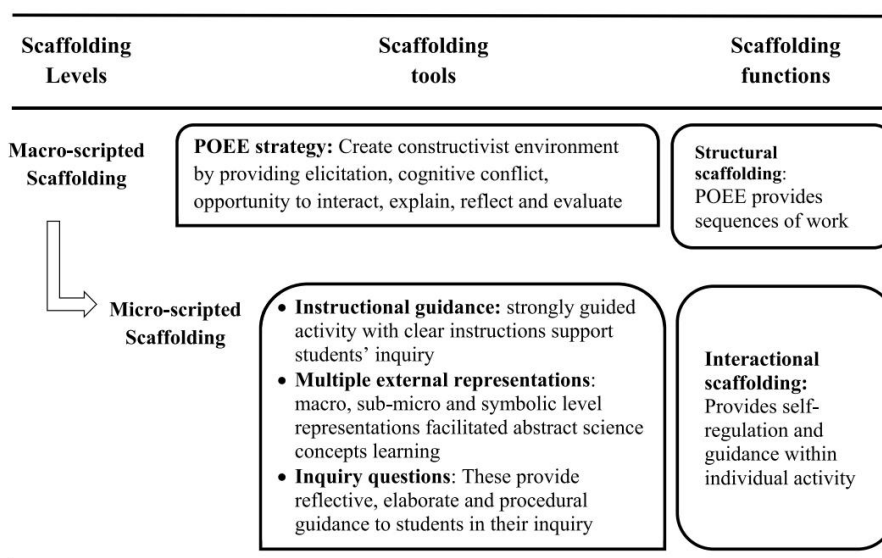
Perlu dicatat, sejumlah kecil mahasiswa menyarankan agar umpan balik harus sangat spesifik terhadap konsep karena dianggap bahwa informasi yang berlebihan berpotensi menciptakan beban kognitif dan dengan demikian mengurangi pencapaian hasil pembelajaran yang diinginkan. Oleh karena itu, umpan balik harus dibuat dengan baik dan spesifik terhadap konsep, kualitas yang tidak hanya membantu mahasiswa untuk memperjelas konsep mereka tetapi juga berfungsi sebagai alat pengajaran dalam proses pembelajaran. Ada kemungkinan bahwa pengembangan modul di masa mendatang perlu mempertimbangkan sifat dan posisi berbagai bentuk umpan balik dalam kaitannya dengan tahap-tahap strategis.

4. Diskusi

Dasar pemikiran untuk desain instruksional dari dua modul pembelajaran daring yang disusun telah disajikan dalam penelitian ini; desain ini diinformasikan oleh teori konstruktivis untuk meningkatkan pembelajaran penyelidikan siswa. Aktivitas POEE dirancang untuk memunculkan ide awal siswa yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk mengarahkan siswa dalam menyelidiki pemahaman mereka sendiri dengan cara yang diatur sendiri. Penerapan strategi POEE dalam konteks ini merupakan perkembangan baru dalam penggunaan strategi ini di lingkungan daring dalam pendidikan sains. Perluasan POE melalui fase evaluasi (E) merupakan inovasi yang signifikan dan bukti substansial ditemukan dalam studi ini yang menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif.

Hasil dari penelitian ini telah digambarkan ke dalam empat fase kunci perancah sehingga mengkonseptualisasikan POEE sebagai strategi perancah multimoda. Strategi POEE diterapkan untuk mendukung pembelajaran penyelidikan siswa (Gbr. 3).

Perancah multimoda merupakan pendekatan yang dapat memberikan dukungan dalam berbagai cara melalui kombinasi berbagai alat dalam lingkungan belajar. Ada bukti yang berkembang bahwa berbagai dukungan perancah dalam lingkungan virtual dapat mempercepat pembelajaran melalui praktik penyelidikan (Li, Gobert, Dickler, & Moussavi, 2018; Puntambekar, 2015; Ustunel & Tokel, 2018). Penelitian sebelumnya telah menetapkan bahwa siswa memerlukan berbagai bentuk dukungan melalui materi instruksional, urutan tugas, representasi, perintah, dan intervensi tepat waktu untuk mempelajari sains dengan sukses (Puntambekar & Hubscher, 2005; Ustunel & Tokel, 2018). Meskipun demikian, ada bukti bahwa terlepas dari kekayaan dukungan ini, perancah mungkin tidak mencapai potensinya tanpa adanya mediasi guru langsung dan interaksi teman sebaya (Palincsar, Fitzgerald, Marcum, & Sherwood, 2018). Studi terkini tidak secara langsung menentang gagasan ini karena tidak membandingkan kinerja siswa dengan dan tanpa lingkungan yang dimediasi guru. Akan tetapi, studi ini merancang dan mengeksplorasi strategi perancah baru untuk memahami bagaimana pendekatan baru ini memfasilitasi penyelidikan sains siswa. Hal ini bertujuan untuk mengatasi kurangnya rekomendasi dan bukti yang dipublikasikan tentang bagaimana seorang siswa terlibat dengan, dan menyelidiki,



Gambar 3. Tingkatan strategi perancah multimoda terkonseptualisasi (POEE) yang diterapkan dalam modul pembelajaran inkuiri daring.

konsep sains secara mandiri dalam lingkungan daring. Pengamatan terhadap kemajuan dan keterlibatan siswa dalam berbagai kegiatan sebagai respons terhadap strategi perancah ini memberikan bukti pendukung bahwa strategi perancah POEE telah berhasil mendukung urutan tugas (makro-skrip). Studi ini menegaskan bahwa dalam model POEE, sebagaimana dilaporkan serupa dalam studi lain, strategi konflik kognitif cukup efektif untuk meningkatkan motivasi di antara peserta didik guna membangun keseimbangan sains yang lebih tinggi dan meningkatkan kinerja siswa (Arguedas et al., 2018; Yang, 2010). Secara khusus, penyediaan kesempatan bagi siswa untuk memprediksi jawaban merupakan bagian penting dari proses bagi mereka untuk memperoleh pemahaman konseptual. Ditemukan pula bahwa penyediaan umpan balik sinkron sebagai bagian dari strategi perancah POEE merupakan elemen penting untuk hasil yang sukses dalam pembelajaran daring yang diarahkan sendiri. Memang, beberapa temuan studi ini sejalan dengan pemikiran terkini dalam penelitian yang dipublikasikan, seperti bahwa siswa yang menerima umpan balik langsung memiliki kinerja yang lebih baik pada tugas penyelidikan berikutnya (Li et al., 2018) dan dapat mengembangkan keterampilan pengaturan diri yang efektif (Basu, Biswas, & Kinnebrew, 2017). Namun, siswa memerlukan tingkat keterlibatan kognitif tertentu untuk menafsirkan umpan balik dan membuat penyesuaian yang diperlukan terhadap pemahaman konseptual mereka (Louwrens & Hartnett, 2015). Van der Kleij, Feskens, dan Eggen (2015) dalam sebuah tinjauan, berpendapat bahwa umpan balik yang terperinci dapat menghasilkan hasil pembelajaran yang lebih tinggi, terutama untuk konstruksi pembelajaran tingkat tinggi. Dengan demikian, umpan balik, yang melaluinya siswa menerima dukungan langsung, ditemukan sebagai aspek utama pembelajaran penyelidikan dalam lingkungan daring yang diarahkan sendiri.

Tingkat kedua alat perancah (mikro-skrip) yang tertanam dalam strategi POEE berfungsi sebagai perancah interaksi dengan menggabungkan pertanyaan yang diminta, panduan instruksional, dan beberapa representasi eksternal. Temuan ini mendukung gagasan bahwa belajar dengan permintaan meningkatkan interaksi dan pengaturan diri pelajar selama aktivitas belajar. Temuan ini selaras dengan penelitian lain, khususnya dalam lingkungan virtual tempat Müller dan Seufert (2018) berpendapat bahwa belajar dengan permintaan dapat menumbuhkan efikasi diri dan karenanya pengaturan diri di seluruh sesi pembelajaran. Panduan instruksional mengatur aktivitas siswa dan mendukung penyelidikan siswa, beberapa representasi eksternal mendukung konstruksi model mental dan akhirnya pertanyaan penyelidikan memicu panduan reflektif, elaboratif, dan prosedural dalam proses penyelidikan. Konseptualisasi strategi perancah ini didukung oleh gagasan perancah struktural dan interaksional seperti yang diusulkan oleh (Hammond & Gibbons, 2005).

Sebagai strategi menyeluruh, lingkungan POEE mendorong interaksi siswa dengan modul pembelajaran dan kesempatan untuk terlibat secara kognitif, yang merupakan bahan utama untuk pembelajaran yang berhasil sebagaimana dilaporkan oleh Rapp (2005). Tingkat kedua dukungan bertahap bekerja sama untuk meningkatkan keterlibatan siswa dan memberikan kesempatan bagi mereka untuk menyelidiki fenomena ilmiah dalam berbagai cara. Singkatnya, strategi POEE menandakan perkembangan baru dalam penggunaan strategi POE asli untuk mengeksplorasi konsep sains abstrak dalam pengaturan berbasis penyelidikan daring.

4.1. Generalisasi dan keterbatasan penelitian ini

Strategi perancah POEE secara langsung memperluas desain pedagogi POE yang berkarakteristik baik yang mendukung generalisasi temuan dari studi ini. Diusulkan bahwa strategi POEE ini dapat diadopsi sebagai perancah untuk interaksi siswa saat menentukan kualitas keterlibatan siswa dalam modul pembelajaran daring. Karena siswa yang terdaftar dalam kursus sains pengantar sering kali memiliki pengalaman belajar sebelumnya yang serupa dalam konteks tersier, diusulkan bahwa temuan tersebut dapat diterapkan pada berbagai aktivitas dalam disiplin STEM. Namun, juga diakui bahwa membatasi studi terkini ini pada konteks kursus sains pengantar di satu universitas yang menghasilkan ukuran sampel yang kecil dapat memengaruhi generalisasi temuan. Berbagai sumber data kualitatif telah menghasilkan wawasan berharga yang dapat digunakan untuk menginformasikan pengembangan strategi perancah efektif tambahan yang akan digunakan dalam modul daring yang diarahkan sendiri yang dapat diterjemahkan antara program tingkat yang sama di lembaga tersier. Ada beberapa penelitian yang menunjukkan hasil yang dapat digeneralisasi (misalnya, Karamustafaöylü & Mamlok-Naaman, 2015; İyeyen & Mutlu, 2016) tetapi berbagai hasil untuk konteks individual berpotensi menginformasikan desain instruksional melalui bobot bukti gabungan. Selain itu, penerapan strategi perancah yang dimodifikasi ini dalam konteks lingkungan belajar mandiri daring merupakan hal baru, oleh karena itu, perlu pengujian lebih lanjut untuk menentukan apakah temuannya dapat digeneralisasikan ke berbagai tingkat program sains.

Studi ini mengasumsikan bahwa penggunaan simulasi akan meningkatkan pemahaman siswa terhadap fenomena ilmiah yang kompleks terlepas dari pengalaman siswa dengan teknologi tersebut. Beberapa siswa bahkan mungkin tidak memiliki keterampilan komputer dasar yang diperlukan untuk belajar dalam lingkungan yang dimediasi komputer; pencapaian keterampilan ini tidak diuji dalam studi ini, namun tidak ada contoh keterlibatan yang buruk dengan aktivitas yang diamati yang disebabkan oleh kompetensi teknologi yang buruk. Meskipun siswa seperti itu mungkin jarang di era digital ini, siswa tersebut mungkin benar-benar mengalami hambatan ini terhadap pembelajaran mereka dalam konteks lingkungan belajar yang diadopsi dalam studi ini. Lebih jauh, siswa yang mengalami berbagai kesulitan belajar mungkin juga memerlukan dukungan khusus untuk membantu pembelajaran mereka, agar dapat mengakses lingkungan ini dengan sukses. Selain itu, seperti yang dilaporkan dalam penelitian, mungkin ada beberapa siswa yang telah mengembangkan metode yang kaku untuk memantau pemahaman mereka sendiri tentang suatu subjek, dan dengan demikian mungkin tidak mengenali atau menghargai umpan balik yang disampaikan melalui antarmuka web (Dedic, Rosenfield, Cooper, & Fuchs, 2001). Meskipun ada keterbatasan yang melekat tersebut, penelitian ini berpotensi untuk menambah pemahaman tentang bagaimana strategi perancah memengaruhi desain instruksional dari lingkungan pembelajaran penyelidikan daring yang diarahkan sendiri sehingga dapat menjadi semakin dapat digeneralisasikan setelah bukti dalam penelitian terkait dipublikasikan. Dengan menghubungkan teori pedagogi, lingkungan konstruktivis, desain instruksional berbasis web, pertanyaan penyelidikan, dan beberapa representasi eksternal, pendidik dapat memperoleh sintesis yang lebih baik dari lingkungan pembelajaran berbasis penyelidikan yang diarahkan sendiri yang dapat memfasilitasi keterlibatan dan pembelajaran siswa dengan lebih baik dalam konteks daring.

Modul yang dirancang dalam studi ini paling sesuai untuk diterapkan dalam konteks kimia umum atau kimia sekolah menengah atas tingkat atas dan dapat digunakan sebagai kegiatan belajar mandiri selama kelas atau sebagai kegiatan di luar kampus sebagai bagian dari lingkungan belajar campuran. Keterbatasannya adalah bahwa perancah atau instruksi tambahan mungkin diperlukan untuk mendukung siswa yang memiliki pengetahuan kimia sebelumnya yang rendah atau tidak ada, aspek ini dieksplorasi sebagai bagian dari studi ini namun akan dilaporkan secara terpisah karena singkatnya.

Karena unsur-unsur disiplin ilmu sains dan teknik serupa sifatnya, dan mahasiswa teknik sering kali dituntut untuk mengintegrasikan pengetahuan dan praktik dari bidang sains, kerangka kerja POEE dapat memberikan landasan bagi skenario pembelajaran berbasis masalah dalam disiplin ilmu teknik untuk menyelidiki bagaimana hal itu mendukung pembelajaran mandiri mahasiswa.

5. Kesimpulan

Studi ini memberikan contoh positif tentang cara menerapkan pembelajaran berbasis penyelidikan dalam lingkungan daring tanpa mempertimbangkan dukungan guru atau rekan secara langsung. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kerangka kerja POEE yang menyeluruh dan penggunaan alat pedagogis yang efektif seperti berbagai representasi eksternal, pertanyaan penyelidikan, dan panduan instruksional berpotensi mengurangi kebutuhan dukungan guru dan rekan secara langsung dalam lingkungan daring. Namun, penelitian terkini juga memerlukan lebih banyak perhatian karena tantangan meningkat ketika perancah digunakan dalam lingkungan pembelajaran yang diatur sendiri tanpa dukungan guru secara langsung (Palincsar et al., 2018). Beberapa peneliti berpendapat bahwa menggabungkan beberapa alat perancah efektif karena alat-alat ini memiliki efek yang berbeda-beda pada pemahaman siswa terhadap suatu masalah (Zydney, 2010). Oleh karena itu, Ustunel dan Tokel (2018) menyarankan bahwa perancah berbasis teknologi dan integrasinya dalam lingkungan pembelajaran harus dipertimbangkan secara cermat oleh para desainer dengan mempertimbangkan tujuan dan konteks. Sejalan dengan argumen ini, studi ini merekomendasikan perlunya studi dalam skala yang lebih besar dan di domain lain tentang penggunaan perancah multimoda, khususnya strategi POEE yang diusulkan dalam konteks daring yang diarahkan sendiri tanpa bimbingan pribadi, langsung, dan sinkron oleh guru atau teman sebaya.

Pendanaan

Penelitian ini didukung oleh Beasiswa Penelitian Pascasarjana Internasional dan Penghargaan Pascasarjana Australia oleh Pemerintah Australia.

Ucapan Terima Kasih

Penulis yang bersangkutan sangat berterima kasih kepada Dr. Michael Boyle atas dukungan tanpa syaratnya dalam mengedit dan mengoreksi makalah ini. kertas.

Lampiran A. Data tambahan

Data tambahan untuk artikel ini dapat ditemukan daring di <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103695>.

Referensi

- Anderson, T. (2003). Mendapatkan campuran yang tepat lagi: Dasar pemikiran yang diperbarui dan teoritis untuk interaksi. *Tinjauan Internasional Penelitian dalam Pembelajaran Terbuka dan Jarak Jauh*, 4(2), 1–14.
- Arguedas, M., Xhafa, F., Casillas, L., Daradoumis, T., Peña, A., & Caballé, S. (2018). Model penyediaan kesadaran emosi dan umpan balik menggunakan logika fuzzy dalam pembelajaran daring. *Soft Computing*, 22(3), 963–977.
- Azevedo, R. (2005). Menggunakan hypermedia sebagai alat metakognitif untuk meningkatkan pembelajaran siswa? Peran pembelajaran yang diatur sendiri. *Psikolog Pendidikan*, 40(4), 199–209.
- Bao, L., Kim, Y., Raplinger, A., Han, J., & Koenig, K. (2013). *Faktor afektif dalam pembelajaran STEM dan penyelidikan ilmiah: Penilaian konflik kognitif dan kecemasan*. Penelitian tentang Penilaian dan Pembelajaran Pendidikan 2013.
- Barrett, T.J., Stull, A.T., Hsu, T.M., & Hegarty, M. (2015). Interaktivitas terbatas untuk menghubungkan beberapa representasi dalam sains: Ketika virtual lebih baik daripada nyata. *Komputer & Pendidikan*, 81, 69–81.
- Basu, S., Biswas, G., & Kinnebrew, J.S. (2017). Pemodelan pembelajar untuk perancah adaptif dalam lingkungan pembelajaran sains berbasis pemikiran komputasional. *Pengguna Pemodelan dan Interaksi yang Disesuaikan dengan Pengguna*, 27(1), 5–53.
- Baviskar, S.N., Hartle, R.T., & Whitney, T. (2009). Kriteria penting untuk mengkarakterisasi pengajaran konstruktivis: Diambil dari tinjauan literatur dan diterapkan pada lima model pembelajaran. *artikel metode pengajaran konstruktivis. Jurnal Internasional Pendidikan Sains*, 31(4), 541–550.
- Belland, B.R. (2014). Scaffolding: Definisi, perdebatan terkini, dan arah masa depan. Dalam M.J. Spector, D.M. Merrill, J. Elen, & J.M. Bishop (Eds.). *Handbook of research tentang komunikasi dan teknologi pendidikan* (hlm. 505–518). New York, NY: Springer (New York).
- van den Bergh, L., Ros, A., & Beijjaard, D. (2013). Umpan balik guru selama pembelajaran aktif: Praktik terkini di sekolah dasar. *British Journal of Educational Psikologi*, 83(2), 341–362.
- Blog, Sains (2009). Diperoleh dari <https://2009tr8scizach.wordpress.com/2009/12/04/temperature-from-a-molecules-perspective/>.
- Borrego, M., Douglas, E.P., & Amelink, C.T. (2009). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan campuran dalam pendidikan teknik. *Jurnal Pendidikan Teknik*, 98(1), 53–66.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Menggunakan analisis tematik dalam psikologi. *Penelitian Kualitatif dalam Psikologi*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>.
- Brenner, D.G., Matlen, B.J., Timms, M.J., Gochyyev, P., Grillo-Hill, A., Luttgen, K., dkk. (2017). Pemodelan pola perilaku belajar siswa dalam lingkungan penyelidikan sains daring. *Teknologi, Pengetahuan dan Pembelajaran*, 22(3), 405–425.
- Bumbacher, E., Salehi, S., Wieman, C., & Blickstein, P. (2017). Alat untuk pembelajaran penyelidikan sains: Ketersediaan alat, strategi eksperimen, dan konseptualisasi pemahaman. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10956-017-9719-8>.
- Chan, T.W. (2013). Berbagi sentimen dan mengenakan sepasang 'kacamata lapangan' untuk melihat orkestrasi kelas. *Komputer & Pendidikan*, 69, 514–516.
- Chang, H.Y., & Linn, M.C. (2013). Perancah pembelajaran dari visualisasi molekuler. *Jurnal Penelitian dalam Pengajaran Sains*, 50(7), 858–886. <https://doi.org/10.1002/teh.21089>.
- Chin, C. (2007). Pertanyaan guru di kelas sains: Pendekatan yang merangsang pemikiran produktif. *Jurnal Penelitian dalam Pengajaran Sains*, 44(6), 815–843.
- Clark, R., Kirschner, P.A., & Sweller, J. (2012). Menempatkan siswa pada jalur pembelajaran: Argumen untuk instruksi yang sepenuhnya dipandu. *American Educator*, 36(1), 6–11.
- Creswell, J.W. (1999). Penelitian metode campuran: Pendahuluan dan penerapan. Dalam G.J. Cizek (Vol. Ed.), *Handbook of educational policy: Vol. 455*, (hlm. 455–472).
- Creswell, J.W., & Clark, V.L.P. (2007). *Merancang dan melaksanakan penelitian dengan metode campuran*. Thousand Oaks, CA: Sage publications.
- Dedic, H., Rosenfield, S., Cooper, M., & Fuchs, M. (2001). "Apakah saya benar-benar Hafza?" WebCal, tinjauan penggunaan perangkat lunak LiveMath dalam materi berbasis web yang menyediakan keterlibatan interaktif dalam lingkungan pembelajaran kolaboratif untuk kalkulus diferensial. *Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 7(2–3), 285–312.

Delen, E., Liew, J., & Willson, V. (2014). Efek interaktivitas dan perancah instruksional pada pembelajaran: Pengaturan diri dalam lingkungan berbasis video daring.

- Komputer & Pendidikan*, 78, 312–320.
- Dickson, H., Thompson, CD, & O'Toole, P. (2016). Sebuah gambar bernilai seribu kata: Menyelidiki kemampuan mahasiswa kimia tahun pertama untuk mengekspresikan pemahaman mereka tentang konsep kimia secara visual. *Jurnal Internasional Sains Inovatif dan Teknik Modern*, 24(1), 12–23.
- Dillenbourg, P. (2013). Desain untuk orkestrasi kelas. *Komputer & Pendidikan*, 69, 485–492.
- Dimitriadis, Y., Prieto, LP, & Asensio-Pérez, JI (2013). Peran pola desain dan enactment dalam orkestrasi: Membantu mengintegrasikan teknologi dalam musik campuran. ekosistem kelas. *Komputer & Pendidikan*, 69, 496–499.
- Diseth, A. (2011). Efikasi diri, orientasi tujuan dan strategi pembelajaran sebagai mediator antara prestasi akademik sebelum dan sesudahnya. *Pembelajaran dan Perbedaan Individu*, 21(2), 191–195.
- Driver, R., & Scott, P. (1996). Pengembangan kurikulum sebagai penelitian: Pendekatan konstruktivis terhadap pengembangan dan pengajaran kurikulum sains. Dalam DF Treagust (Ed.), *Meningkatkan pengajaran dan pembelajaran dalam sains dan matematika* (hlm. 94–108). New York: Teachers College Press.
- Fang, SC, & Hsu, YS (2017). Memahami penerapan kurikulum inkuiri berbasis komputer oleh guru sains. *Komputer & Pendidikan*, 112 (Suplemen C), 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.004>.
- Ferla, J., Valcke, M., & Cai, Y. (2009). Efikasi diri akademis dan konsep diri akademis: Mempertimbangkan kembali hubungan struktural. *Pembelajaran dan Perbedaan Individu*, 19(4), 499–505.
- Garrison, DR, & Akyol, Z. (2013). Kerangka kerja teoritis komunitas penyelidikan. *Buku Pegangan Pendidikan Jarak Jauh*, 104–119.
- Garrison, DR, Anderson, T., & Archer, W. (1999). Penyelidikan kritis dalam lingkungan berbasis teks: Konferensi komputer dalam pendidikan tinggi. *Internet dan Pendidikan Tinggi Pendidikan*, 2(2), 87–105.
- Gilbert, JK (2008). Visualisasi: Bidang praktik dan penyelidikan yang baru muncul dalam pendidikan sains. Dalam JK Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualisasi: Teori dan praktik dalam pendidikan sains* (hlm. 3–24). Dordrecht: Springer Belanda.
- Gilbert, JK, & Justi, R. (2016). Kontribusi visualisasi terhadap pengajaran berbasis pemodelan. Dalam JK Gilbert (Ed.), *Pengajaran berbasis pemodelan dalam pendidikan sains* (hlm. 121–148). Cham: Penerbitan Internasional Springer.
- Goldsmith, L. (2014). Umpun balik digital: Bagian integral dari kelas daring. *Pembelajaran jarak jauh*, 11(2), 33–40.
- Gunstone, R. (1995). Pembelajaran konstruktivis dan pengajaran sains. Dalam B. Hand, & V. Prain (Eds.), *Pengajaran dan pembelajaran dalam sains: Ruang kelas konstruktivis* (hlm. 3–20). Sydney: Harcourt Brace.
- Hammond, J., & Gibbons, P. (2005). Menggunakan perancah untuk bekerja: Kontribusi perancah dalam mengartikulasikan pendidikan ESL. *Prospect*, 20, 6–30.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). Kekuatan umpun balik. *Tinjauan Penelitian Pendidikan*, 77(1), 81–112.
- Hatzia Apostolou, T., & Paraskakis, I. (2010). Meningkatkan dampak umpun balik formatif pada pembelajaran siswa melalui sistem umpun balik daring. *Jurnal Elektronik e-Pembelajaran*, 8(2), 111–122.
- Hsu, CY, Tsai, CC, & Liang, JC (2011). Memfasilitasi konstruksi pengetahuan ilmiah anak-anak prasekolah melalui permainan komputer mengenai cahaya dan bayangan: Pengaruh strategi prediksi-observasi-penjelasan (POE). *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 20(5), 482–493.
- Hyland, P. (2000). Belajar dari umpun balik tentang penilaian. Dalam P. Hyland, & A. Booth (Eds.), *Praktik pengajaran sejarah universitas* (hlm. 233–247). Manchester: Pers Universitas Manchester.
- Jacobson, MJ (2008). Kerangka kerja desain untuk sistem hypermedia pendidikan: Teori, penelitian, dan pembelajaran perspektif konseptual ilmiah yang baru muncul. *Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pendidikan*, 56(1), 5–28.
- Johnstone, AH (1993). Pengembangan pengajaran kimia: Sebuah perubahan respon terhadap perubahan permintaan. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 70(9), 701–709. <https://doi.org/10.1021/ed070p701>.
- Jonassen, DH, & Grabowski, BL (2012). *Buku pegangan tentang perbedaan individu, pembelajaran, dan instruksi*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. van Joolingen, WR, De Jong, T., & Dimitrakopoulou, A. (2007). Isu-isu dalam pembelajaran inkuiri yang didukung komputer dalam sains. *Jurnal Pembelajaran Berbantuan Komputer*, 23(2), 111–119.
- Jumaat, NF, & Tasir, Z. (2014). Scaffolding instruksional dalam lingkungan pembelajaran daring: Sebuah meta-analisis. *Prosiding pengajaran dan pembelajaran dalam komputasi dan teknik* (hlm. 74–77). Diperoleh dari <http://ieeexplore.ieee.org/document/6821832/>.
- Karamustafaoğlu, S., & Mamlok-Naaman, R. (2015). Memahami konsep elektrokimia menggunakan strategi prediksi-amati-jelaskan. *Jurnal Eurasia Pendidikan Matematika, Sains dan Teknologi*, 11(5), 923–936.
- Kawalkar, A., & Vijapurkar, J. (2013). Scaffolding Science Talk: Peran pertanyaan guru dalam kelas inkuiri. *Jurnal Internasional Pendidikan Sains*, 35(12), 2004–2027.
- Kearney, M. (2002). *Penggunaan tugas prediksi-observasi-jelaskan yang didukung multimedia di kelas untuk memancing dan mendorong diskusi tentang konsep fisika siswa*. Perth: Program Doktorat disertasi, Curtin University of Technology. Diperoleh dari <https://espace.curtin.edu.au/handle/20.500.11937/1543>.
- Keiding, TB, & Qvortrup, A. (2014). Umpun balik sebagai konstruksi waktu nyata. *E-Learning dan Media Digital*, 11(2), 191–203. <https://doi.org/10.2304/elea.2014.11.2.191>.
- Kilis, S., & Yildirim, Z. (2018). Investigasi kerangka kerja komunitas penyelidikan dalam kaitannya dengan regulasi diri, metakognisi, dan motivasi. *Komputer & Pendidikan*, 126, 53–64.
- Kim, MC, Hannafin, MJ, & Bryan, LA (2007). Alat penyelidikan yang ditingkatkan teknologi dalam pendidikan sains: Kerangka pedagogis yang muncul untuk kelas praktik. *Pendidikan Sains*, 91(6), 1010–1030.
- Kirschner, PA, Sweller, J., & Clark, R. (2006). Mengapa bimbingan minimal selama pembelajaran tidak berhasil: Sebuah analisis kegagalan pengajaran konstruktivis, penemuan, berbasis masalah, pengalaman, dan berbasis penyelidikan. *Psikolog Pendidikan*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1.
- Kovanović, V., Joksimović, S., Poquet, O., Hennis, T., Jukić, I., de Vries, P., ... Gašević, D. (2018). Menjelajahi komunitas penyelidikan dalam kursus online terbuka yang masif. *Komputer & Pendidikan*, 119, 44–58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.010>.
- Lawrie, G. (2014). Meningkatkan transisi sekunder-tercier dalam kimia melalui penilaian formatif dan lingkungan belajar yang diatur sendiri. *Laporan akhir Australia: Kantor pembelajaran dan pengajaran* 978-1-76028-119-9 https://ltr.edu.au/resources/ID12_2277_Lawrie_Report_%202015.pdf.
- Lawrie, GA, Schultz, M., Bailey, CH, Mamun, MAA, Micallef, AS, Williams, M., dkk. (2016). Pengembangan modul online scaffolded untuk mendukung kemandirian pembelajaran yang diatur dalam konsep kimia. Dalam M. Schultz, S. Schmid, & T. Holme (Vol. Eds.), *Teknologi dan strategi penilaian untuk meningkatkan pembelajaran siswa dalam kimia: Vol. 1235*, (hlm. 1–21). Washington, DC: American Chemical Society.
- Leech, NL, & Onwuegbuzie, AJ (2009). Tipologi desain penelitian metode campuran. *Kualitas dan Kuantitas*, 43(2), 265–275.
- Lee, E., & Hannafin, MJ (2016). Kerangka kerja desain untuk meningkatkan keterlibatan dalam pembelajaran yang berpusat pada siswa: Miliki, pelajari, dan bagikan. *Teknologi Pendidikan Penelitian & Pengembangan*, 64(4), 707–734. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9422-5>.
- Leibold, N., & Schwarz, LM (2015). Seni memberikan umpun balik daring. *Jurnal Pengajaran Efektif*, 15(1), 34–46.
- Li, H., Gbert, J., Dickler, R., & Moussavi, R. (2018). Dampak berbagai pengalaman perancah waktu nyata pada praktik penyelidikan sains. Dalam R. Nkambou, R. Azevedo, & J. Vassileva (Vol. Eds.), *Sistem bimbingan belajar cerdas: Vol. 10858*, (hlm. 99–109). Cham: Springer.
- Limón, M. (2001). Mengenai konflik kognitif sebagai strategi pengajaran untuk perubahan konseptual: Sebuah penilaian kritis. *Pembelajaran dan Instruksi*, 11(4–5), 357–380. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00037-2).
- Lin, JW, & Tsai, CW (2016). Dampak lingkungan pembelajaran berbasis proyek daring dengan dukungan kesadaran kelompok pada siswa dengan regulasi diri yang berbeda level: Eksperimen jangka panjang. *Komputer & Pendidikan*, 99, 28–38. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.04.005>.
- Louwrens, N., & Hartnett, M. (2015). Persepsi siswa dan guru tentang keterlibatan siswa daring di sekolah menengah daring. *Jurnal Terbuka, Fleksibel, dan Jarak Jauh Pembelajaran*, 19(1), 27.
- Luo, T. (2015). Panduan pembelajaran dalam pembelajaran yang didukung microblogging: Wawasan dari studi kasus ganda. *Jurnal Komputasi dalam Pendidikan Tinggi*, 27(3), 173–194. <https://doi.org/10.1007/s12528-015-9097-2>.
- Mamun, MAA (2018). *Peran scaffolding dalam desain instruksional lingkungan pembelajaran daring, mandiri, dan berbasis penyelidikan: Keterlibatan dan pembelajaran siswa pendekatan*. St Lucia: Universitas Queensland.
- Markow, PG, & Lonning, RA (1998). Kegunaan peta konsep di laboratorium kimia perguruan tinggi: Persepsi mahasiswa dan pengaruhnya terhadap prestasi. *Jurnal*

Penelitian dalam Pengajaran Sains, 35(9), 1015–1029.

- Metcalf, S.J., Reilly, J.M., Kamarainen, A.M., King, J., Grotzer, T.A., & Dede, C. (2018). Dukungan untuk pembelajaran yang lebih mendalam tentang ilmu ekosistem berbasis penyelidikan dalam lingkungan virtual - membandingkan pemetaan konsep virtual dan fisik. *Komputer dalam Perilaku Manusia*, 87, 459–469. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.03.018>.
- Molecular Workbench, Molecular Workbench Generasi Berikutnya. Simulasi Visual dan Interaktif untuk Pengajaran & Pembelajaran Sains. The Concord Consortium. URL: <http://mw.concord.org/nextgen/>.
- Moore, M.G. (1989). Editorial: Tiga jenis interaksi. *American Journal of Distance Education*, 3(2), 1–7.
- Mount, N.J., Chambers, C., Weaver, D., & Priestnall, G. (2009). Keterlibatan peserta didik dalam dunia virtual 3D: Prinsip-prinsip yang muncul dari proyek DELVE. *Inovasi dalam Pengajaran dan Pembelajaran dalam Ilmu Informasi dan Komputer*, 8(3), 40–55.
- Müller, N.M., & Seufert, T. (2018). Efek dari perintah pengaturan diri dalam pembelajaran hipermedia terhadap kinerja pembelajaran dan efikasi diri. *Pembelajaran dan Instruksi*, 58, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.04.011>.
- O'Brien, J. (1993). Penelitian tindakan melalui ingatan terstimulasi. *Penelitian dalam Pendidikan Sains*, 23(1), 214–221. <https://doi.org/10.1007/BF02357063>.
- Onwuegbuzie, A.J., & Teddlie, C. (2003). Kerangka kerja untuk menganalisis data dalam penelitian metode campuran. Dalam A. Tashakkori, & C. Teddlie (Vol. Eds.), *Handbook of mixed methods metode dalam penelitian sosial dan perilaku: Vol. 2*, (hlm. 397–430). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Palincsar, A.S., Fitzgerald, M.S., Marcum, M.B., & Sherwood, C.-A. (2018). Menelaah karya "perancah" dalam teori dan praktik: Studi kasus siswa kelas 6 dan guru mereka yang berinteraksi satu sama lain, kurikulum sains yang ambisius, dan perangkat seluler. *Jurnal Internasional Penelitian Pendidikan*, 90, 191–208. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2017.11.006>.
- Pan, G., Sen, S., Starrett, D., Bonk, C., Rodgers, M., Tikoo, M., dkk. (2012). Video buatan instruktur sebagai alat bantu. *Jurnal Pembelajaran dan Pengajaran Daring*, 8(4), 298–311.
- Piaget, J. (1985). *Penyeimbangan struktur kognitif: Masalah utama perkembangan intelektual*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Pierre, D., Luis, P.P., & Jennifer, K.O. (2018). Orkestrasi kelas. Dalam F. Fischer, C.E. Hmelo-Silver, S.R. Goldman, & P. Reimann (Eds.), *Buku Pegangan Internasional tentang ilmu pembelajaran: Buku pegangan Routledge daring*.
- Pritchard, A., & Woollard, J. (2010). *Psikologi untuk kelas: Konstruktivisme dan pembelajaran sosial*. London: Taylor dan Francis.
- Puntambekar, S. (2015). Mendistribusikan perancah di berbagai tingkatan: Individu, kelompok kecil, dan sekelompok siswa. Dalam P. Ertmer (Ed.), *Bacaan penting dalam pembelajaran berbasis masalah* (hlm. 207–221). Indiana: Purdue University Press.
- Puntambekar, S., & Hubscher, R. (2005). Alat untuk membantu siswa dalam lingkungan belajar yang kompleks: Apa yang telah kita peroleh dan apa yang telah kita lewatkan? *Psikologi Pendidikan*, 40(1), 1–12. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4001_1.
- Raes, A., & Schellens, T. (2016). Dampak intervensi kelas yang dipimpin guru selama penyelidikan sains yang ditingkatkan teknologi terhadap integrasi pengetahuan siswa dan keterampilan dasar. *Komputer & Pendidikan*, 92–93, 125–141. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.10.014>.
- Rakkapao, S., Pengpan, T., Srikeaw, S., & Prasitpong, S. (2014). Evaluasi pendekatan POE dan pemecahan masalah yang dipimpin instruktur yang terintegrasi ke dalam gaya dan gerakan. *kelas kuliah menggunakan teknik analisis model. Jurnal Fisika Eropa*, 35(1), 1–10.
- Rapp, D.N. (2005). Model mental: Isu-isu teoritis untuk visualisasi dalam pendidikan sains. Dalam J.K. Gilbert (Ed.), *Visualisasi dalam pendidikan sains* (hlm. 43–60). Dordrecht: Springer Belanda.
- Ronda, E. (2012). Apa itu pendekatan konflik kognitif dalam mengajar? Diambil dari situs web Matematika untuk Pengajaran <http://math4teaching.com/2012/01/19/what-adalah-pendekatan-konflik-kognitif-untuk-mengajar/>.
- Ryan, F., Coughlan, M., & Cronin, P. (2009). Wawancara dalam penelitian kualitatif: Wawancara satu lawan satu. *Jurnal Internasional Terapi dan Rehabilitasi*, 16(6), 309–314.
- Ryoo, K., & Linn, M.C. (2012). Dapatkah visualisasi dinamis meningkatkan pemahaman siswa sekolah menengah tentang energi dalam fotosintesis? *Jurnal Penelitian Sains Pengajaran*, 49(2), 218–243. <https://doi.org/10.1002/tea.21003>.
- Schunk, D.H., & Zimmerman, B.J. (2012). *Motivasi dan pembelajaran yang diatur sendiri: Teori, penelitian, dan aplikasi*. Oxford, Inggris: Routledge.
- Sesen, B.A. (2013). Mendiagnosis pemahaman calon guru sains terhadap konsep kimia dengan menggunakan tugas prediksi-observasi-jelas yang dimediasi komputer. *Pendidikan Kimia: Penelitian dan Praktik*, 14(3), 239–246.
- ÿeyen, B.A., & Mutlu, A. (2016). Tugas prediksi-observasi-jelaskan di laboratorium kimia: Pemahaman dan sikap calon guru SD. *Jurnal Pendidikan Universitas Sakarya*, 6(2), 184–208.
- Sharma, P., & Hannafin, M.J. (2007). Perancah dalam lingkungan belajar yang ditingkatkan teknologi. *Lingkungan Belajar Interaktif*, 15(1), 27–46. <https://doi.org/10.1080/10494820600996972>.
- Suárez, Á., Specht, M., Prinsen, F., Kalz, M., & Ternier, S. (2018). Tinjauan jenis aktivitas seluler dalam pembelajaran berbasis penyelidikan seluler. *Komputer & Pendidikan*, 118, 38–55. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.004>.
- Sun, Z., Xie, K., & Anderman, L.H. (2018). Peran pembelajaran yang diatur sendiri dalam keberhasilan siswa dalam mata kuliah matematika sarjana terbalik. *Internet dan Pendidikan Tinggi Pendidikan*, 36, 41–53. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2017.09.003>.
- Taber, K.S. (1999). Gagasan tentang energi ionisasi: Instrumen diagnostik. *School Science Review*, 81, 97–104.
- Tao, P.K., & Gunstone, R.F. (1999). Proses perubahan konseptual dalam gaya dan gerak selama pembelajaran fisika dengan dukungan komputer. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Sains*, 36(7), 859–882. [10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199909\)36:7%3c859::AID-TEA7%3e3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199909)36:7%3c859::AID-TEA7%3e3.0.CO;2-J).
- Taub, M., Azevedo, R., Bouchet, F., & Khosravifar, B. (2014). Apakah penggunaan strategi pembelajaran mandiri kognitif dan metakognitif dapat diprediksi oleh peserta didik? tingkat pengetahuan awal dalam lingkungan pembelajaran hipermedia? *Komputer dalam Perilaku Manusia*, 39, 356–367.
- Thiele, J.E. (2003). Pola pembelajaran mahasiswa daring. *Jurnal Pendidikan Keperawatan*, 42(8), 364–366.
- Tourangeau, R., Rips, L.J., & Rasinski, K. (2000). *Psikologi respons survei*. Cambridge University Press.
- Treagust, D.F., Mthembu, Z., & Chandrasegaran, A.L. (2014). Evaluasi strategi pembelajaran prediksi-amati-jelaskan untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang reaksi redoks. Dalam I. Devetak, & S.A. Glazár (Eds.), *Belajar dengan pemahaman di kelas kimia* (hlm. 265–286). Dordrecht: Springer Belanda.
- Ustunel, H.H., & Tokel, S.T. (2018). Perancah terdistribusi: Sinergi dalam lingkungan pembelajaran yang ditingkatkan teknologi. *Teknologi, Pengetahuan dan Pembelajaran*, 23(1), 129–160. <https://doi.org/10.1007/s10758-017-9299-y>.
- Van der Kleij, F.M., Feskens, R.C., & Eggen, T.J. (2015). Dampak umpan balik dalam lingkungan pembelajaran berbasis komputer terhadap hasil belajar siswa: Sebuah meta-analisis. *Tinjauan Penelitian Pendidikan*, 85(4), 475–511.
- Vygotsky, L. (1978). *Pikiran dalam masyarakat: Perkembangan proses psikologis tingkat tinggi*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wang, C.H., Shannon, D.M., & Ross, M.E. (2013). Karakteristik siswa, pembelajaran yang diatur sendiri, efikasi diri terhadap teknologi, dan hasil kursus dalam pembelajaran daring. *Pendidikan Jarak Jauh*, 34(3), 302–323.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Menyelidiki pemahaman*. London : New York: The Falmer Press.
- Wood, D., Bruner, J.S., & Ross, G. (1976). Peran bimbingan belajar dalam pemecahan masalah. *Jurnal Psikologi Anak dan Psikiatri*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>.
- Xiao, J. (2017). Interaksi pembelajar-konten dalam pendidikan jarak jauh: Mata rantai terlemah dalam penelitian interaksi. *Pendidikan Jarak Jauh*, 38(1), 123–135.
- Yaman, F., & Ayas, A. (2015). Menilai perubahan pemahaman konseptual siswa sekolah menengah melalui peta konsep sebelum dan sesudah tugas prediksi-amati-jelaskan berbasis komputer (CB-POE) pada kimia asam-basa di tingkat sekolah menengah. *Pendidikan Kimia: Penelitian dan Praktik*, 16(4), 843–855.
- Yang, Y.F. (2010). Konflik kognitif dan resolusi dalam revisi teks online: Tiga profil. *Teknologi Pendidikan & Masyarakat*, 13(4), 202–214.
- YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=V0ETKRZ2UCA>.
- Zumbach, J., Hillers, A., & Reimann, P. (2004). Mendukung pembelajaran berbasis masalah terdistribusi: Penggunaan mekanisme umpan balik dalam pembelajaran daring. Dalam T.S. Roberts (Vol. Ed.), *Pembelajaran kolaboratif daring: Teori dan praktik: Vol. 86*, (hlm. 86–102). Hershey: Information Science Publishing.
- Zydney, J.M. (2010). Pengaruh berbagai alat bantu perancah terhadap pemahaman siswa, pertimbangan berbagai perspektif, dan kesalahpahaman terhadap masalah yang kompleks. *Komputer & Pendidikan*, 54(2), 360–370.