

Tinjauan Sistematis tentang Collaborative Learning pada Bidang Kimia

Systematic Review on Collaborative Learning in Chemistry

Afrahamiryano Afrahamiryano^{1,2*}, I Wayan Dasna², and Habiddin Habiddin²

¹ Pendidikan Biologi, Universitas Mahaputra Muhammad Yamin, Jl. Jenderal Sudirman No. 6, Kota Solok, Sumatera Barat, Indonesia

² Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

* afrahamiryano@gmail.com

ARTICLE INFO

Received on:

13 September 2022

Revised till:

19 October 2022

Accepted on:

01 November 2022

Publisher version

published on:

05 November 2022

ABSTRACT

Collaborative Learning (CL) is a learning model that implies cooperation in a group consisting of two or more people to achieve a common goal while respecting each individual's contribution as a whole. CL is more synonymous with social interaction. In the learning process, the centre of attention is the interaction of educators with students, interactions between students, and interactions of students with their environment. The purpose of this review is to look at global trends related to CL research in the field of Chemistry Education. Obtained 62,555 articles discussing CL with various keywords, 88 of which are relevant to the purpose of this article review. After being mapped, there are five research themes related to CL, namely (1) CL based on student activities and the role of educators; (2) Collaboration Strategy for STEM; (3) CL based game; (4) Computer-supported collaborative learning (CSCL); and (5) CL in Laboratory Work. Based on the review findings, research related to CL has excellent potential to be continued and developed, such as collaboration with STEM, games, practicum in the laboratory, and CSCL.

KEYWORDS

Collaborative learning, systematic review, chemistry learning

ABSTRAK

Collaborative Learning (CL) merupakan model pembelajaran yang menyiratkan adanya kerja sama dalam satu kelompok yang beranggotakan dua orang atau lebih untuk mencapai tujuan bersama, dengan tetap saling menghormati kontribusi masing-masing individu secara keseluruhan. CL ini lebih identik dengan interaksi sosial, sehingga dalam proses pembelajaran yang jadi pusat perhatian adalah interaksi pendidik dengan peserta didik, interaksi antar peserta didik, dan interaksi peserta didik dengan lingkungannya. Tujuan dari tinjauan ini adalah untuk melihat trend global terkait penelitian CL di bidang Pendidikan Kimia. Diperoleh 62.555 artikel yang membahas tentang CL dengan berbagai kata kunci, 88 artikel diantaranya relevan dengan tujuan review artikel ini. Setelah dipetakan ada 5 tema penelitian yang berhubungan dengan CL, yaitu (1) CL berbasis aktivitas peserta didik dan peranan pendidik; (2) Strategi Kolaborasi untuk STEM; (3) CL berbasis Permainan; (4) Computer-supported collaborative learning (CSCL); dan (5) CL dalam Kerja di Laboratorium. Berdasarkan temuan review, penelitian terkait CL memiliki potensi yang sangat baik untuk dilanjutkan dan dikembangkan, seperti kolaborasi dengan STEM, games, praktikum di laboratorium, dan CSCL.

KATA KUNCI

Collaborative Learning, tinjauan sistematis, pembelajaran kimia

I. PENDAHULUAN

Collaborative Learning (CL) adalah pendekatan pendidikan untuk belajar mengajar yang melibatkan kelompok peserta didik bekerja sama untuk memecahkan masalah, menyelesaikan tugas, atau membuat produk (1). CL dikatakan sebagai pendekatan pendidikan yang melibatkan upaya intelektual bersama antar peserta didik atau peserta didik dan pendidik secara bersama-sama. Biasanya peserta didik bekerja dalam kelompok yang terdiri dari dua orang atau lebih, saling mencari pemahaman, solusi, atau makna, atau menciptakan suatu produk. CL lebih menekankan pada pembangunan makna oleh peserta didik dari proses sosial yang bertumpu pada konteks belajar. CL ini lebih jauh dan mendalam dibandingkan hanya sekadar kooperatif. Dasar CL adalah teori interaksional yang memandang belajar sebagai suatu proses membangun makna melalui interaksi sosial (2).

Menurut Vygotsky(3), teori perkembangan proksimal bahwa kolaborasi rekan dapat meningkatkan kemampuan individu untuk menyelesaikan tugasnya secara optimal. Proses interaksi itu berlangsung dalam dua tahap, yaitu interaksi sosial dan internalisasi. Masing-masing pelaku interaksi sosial mengalami proses pemaknaan pribadi, dan dalam interaksi sosial terjadi saling pengaruh di antara proses-proses pribadi itu, sehingga terbentuk makna yang diterima bersama. Yackel & Cobb menyebut proses ini sebagai pembentukan makna secara interaktif (2).

Proses interaksi memberikan pembelajaran kognisi sosial bagi peserta didik. Pembelajaran kognisi sosial meyakini bahwa kebudayaan merupakan penentu utama bagi pengembangan individu. Berikut ini beberapa konsep kunci pemikiran kognisi sosial dari teori konstruktivisme Vygotsky: (1) Peserta didik sebagai individu yang unik; (2) Peserta didik yang dapat mengelola diri sendiri (Self Regulated Learner); (3) Tanggung jawab pembelajaran; (4) Motivasi pembelajaran; (5) Zona perkembangan (Zone of Development); (6) Peran guru sebagai fasilitator; (7) Interaksi dinamik antara tugas-tugas, pendidik, dan peserta didik; (8) Kolaborasi antar peserta didik; (9) Pemagangan kognitif (Cognitive Apprenticeship); (10) Proses dari atas ke bawah (Top-Down Process); (11) Pembelajaran kooperatif sebagai implementasi konstruktivisme; dan (12) Belajar dengan cara mengajar (Learning by Teaching) sebagai metode konstruktivis(4).

Studi tentang CL, khususnya dalam pembelajaran kimia selama 5 tahun terakhir ini masih tetap menarik perhatian praktisi pendidikan. Pembahasan tentang CL seolah tidak pernah ada habisnya, karena CL meliputi beberapa fokus utama yang berkaitan dengan pengembangan pembelajaran peserta didik. CL lebih menuntun peserta didik untuk mendapatkan pembelajaran bermakna dan mampu bertahan lama, melalui keterlibatan secara personal dan aktif. Oleh karena itu, pendidik harus bisa menjadi media perantara agar peserta didik mampu membangun pemikiran mereka sendiri melalui sebuah proses asimilasi informasi ke dalam pemahaman mereka.

CL menawarkan kepada peserta didik sejumlah kesempatan untuk mempelajari keterampilan dan karakter interpersonal serta kerja tim dengan cara berpartisipasi dalam kelompok-kelompok belajar berorientasi tugas (project-based learning), sehingga meskipun content pembelajaran terus mengalami perkembangan, kelompok-kelompok kolaboratif tetap mampu mengembangkan berbagai keterampilan yang dapat menyiapkan peserta didik untuk mulai meniti karier mereka. Berbagai penelitian tentang CL terus dikembangkan, sehingga CL tetap menjadi trend dalam dunia penelitian pendidikan.

CL merupakan metode pembelajaran yang menerapkan paradigma baru dalam teori-teori pembelajaran, khususnya konstruktivisme. CL mengacu pada pengaturan instruksional yang melibatkan dua atau lebih peserta didik untuk saling bekerja sama guna mencapai tujuan pembelajaran(5), (6), (7). CL menekankan tentang arti pentingnya interaksi positif antar peserta didik(8). Selama pelaksanaan CL, peserta didik dimotivasi untuk bertanya, memberikan penjelasan yang cukup rumit, bertukar pendapat, merumuskan ide-ide baru dan solusi dari masalah dan sebagainya.

Selama 5 tahun terakhir ini tercatat 62.555 artikel bereputasi di seluruh dunia yang membahas tentang CL. Pembahasan mencakup untuk semua bidang kajian pendidikan. Fakta ini menjadi dasar bagi penulis untuk melakukan peninjauan secara sistematis tentang penggunaan CL dalam bidang studi kimia. Tujuan dari tinjauan ini adalah untuk melihat trend global terkait penelitian CL di bidang Pendidikan Kimia.

Istilah collaborative dan cooperative memiliki makna yang hampir sama. Namun ketika diaplikasikan pada model pembelajaran, ada perbedaan dari keduanya. Untuk lebih jelasnya perbedaan antara CL dengan cooperative learning dapat dilihat pada Tabel 1⁽⁹⁾.

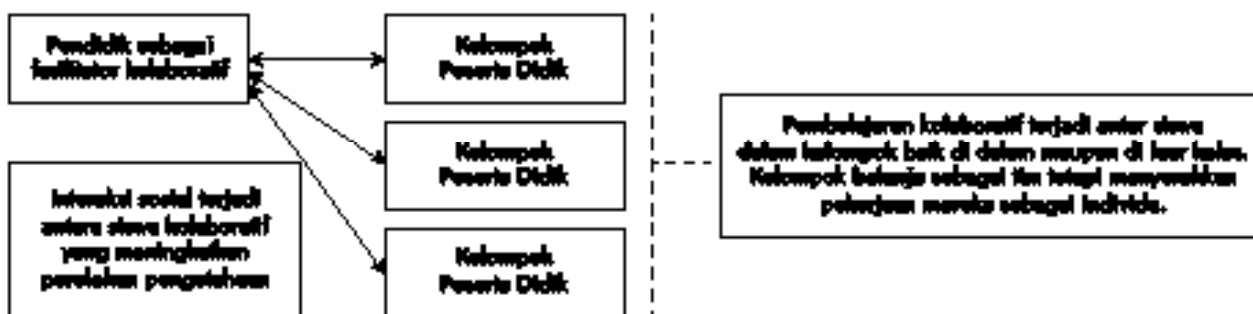
Apabila diperhatikan dengan seksama CL dan cooperative learning memiliki banyak kesamaan(10). Untuk kedua model pembelajaran ini, peserta didik berkumpul dalam kelompok. Kedua model pembelajaran ini menyarankan cara berhubungan/ berinteraksi dengan peserta didik lainnya dengan asas saling menghormati dan menyoroti kemampuan serta kontribusi anggota kelompok secara individu. Ada pembagian wewenang dan penerimaan tanggung jawab antara anggota kelompok untuk tindakan kelompok.

Untuk lebih jelasnya CL didefinisikan sebagai filosofi khusus, bukan sebagai teknik pembelajaran di dalam kelas(11). CL berdasarkan kerjasama antar anggota kelompok, berbeda dengan sebuah kompetisi yang menonjolkan individu terbaik diantara anggota kelompok. Praktisi CL menerapkan filosofi ini di dalam kelas, pada pertemuan komite, dengan kelompok masyarakat, dalam keluarga mereka dan umumnya sebagai cara hidup dan berhubungan dengan orang lain. Proses CL di dalam kelas diilustrasikan pada Gambar 1.

Tabel 1. Tabel 1. Perbedaan Collaborative Learning dengan Cooperative Learning

Collaborative Learning	Cooperative Learning
Peserta didik dan pendidik bekerja sama menciptakan pengetahuan	Peserta didik bekerja sama menyelesaikan tugas bersama, berbagi informasi, dan saling mendukung
Menghindari ketergantungan peserta didik terhadap pendidik yang berperan sebagai pemegang otoritas, baik atas subjek yang diajarkan maupun proses belajar.	Pendidik memiliki peran ganda sebagai ahli dari subjek yang diajarkan sekaligus memegang otoritas di dalam kelas.
Pendidik tidak boleh hanya menjadi pemantau proses belajar, sebaliknya pendidik harus mampu menjadi anggota, seperti halnya para peserta didik, dari sebuah komunitas yang tengah mencari pengetahuan.	Pendidik merancang dan memberikan tugas pembelajaran kelompok, mengelola waktu dan sumber daya, serta memonitor peserta didik.
Tujuan pembelajaran kolaboratif adalah membangun pribadi yang otonom dan pandai mengartikulasikan pemikirannya	Tujuan pembelajaran kooperatif adalah bekerja sama secara selaras dan saling mendukung untuk menemukan solusi.

Proses CL dalam Kelas

**Gambar 1.** Gambar 1. Proses CL dalam Kelas

Berikut ini adalah 4 karakteristik CL(12), yaitu (1) Berbagi pengetahuan antara pendidik dan peserta didik: Pengetahuan bersama dalam banyak hal merupakan karakteristik kelas tradisional, di mana pendidik adalah pemberi informasi, tetapi juga memasukkan beberapa masukan peserta didik, di mana peserta didik berbagi pengalaman atau pengetahuan; (2) Kewenangan bersama antara pendidik dan peserta didik: pendidik berbagi penetapan tujuan dalam suatu topik dengan peserta didik, sehingga memungkinkan peserta didik mendekati penyelesaian tugas dengan cara yang mereka pilih; (3) Pendidik sebagai mediator: dalam bidang ini pendidik mendorong peserta didik untuk belajar bagaimana belajar, ini menjadi salah satu aspek terpenting dari CL; dan (4) Pengelompokan peserta didik yang heterogen: Karakteristik ini mengajarkan semua peserta didik untuk menghormati dan menghargai kontribusi yang dibuat oleh semua anggota kelas, apa pun isinya.

2. METODE

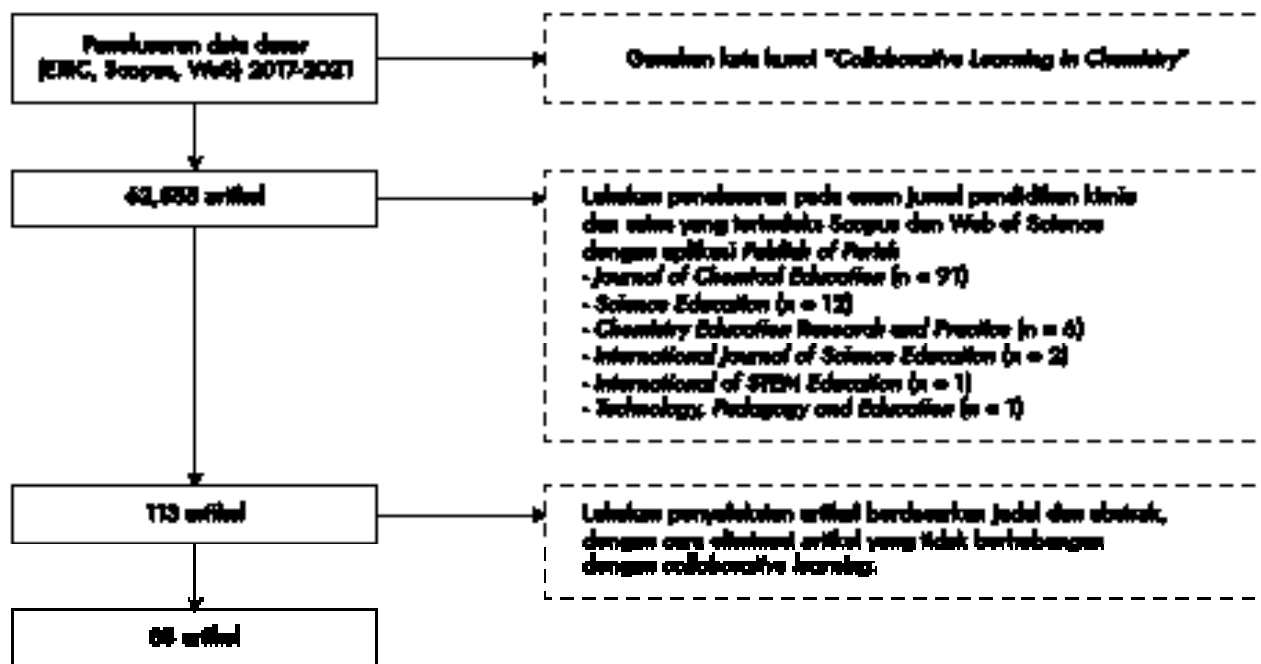
Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review. Proses review mengikuti langkah-langkah(13) berikut: (1) Pencarian literatur/artikel; (2) melakukan pengidentifikasian; (3) melakukan pengkodean; (4) penilaian kualitas; dan (5) analisis tema.

2.1. Pencarian Literatur

Artikel publikasi harus memenuhi dua kriteria untuk dimasukkan dalam tinjauan ini. Pertama, konteks penelitian harus fokus pada penggunaan CL. Kedua, ruang lingkup tinjauan dibatasi untuk mata pelajaran kimia. Untuk memudahkan proses penelusuran, maka dirumuskanlah kata kunci yang mencakup ketiga kriteria tersebut. Kata kunci yang digunakan adalah Collaborative Learning in Chemistry.

Penelusuran dimulai dari basis data ERIC, Scopus, dan Web of Science untuk periode 2017–2021. Untuk mengerucutkan hasil penelusuran, maka digunakan aplikasi Publish or Perish 7 dan pencarian difokuskan pada 6 jurnal yang tercatat pada [halaman berikut](#), pada 21 September 2021. Keenam jurnal tersebut adalah: (1) Journal of Chemical Education; (2) Science Education; (3) Chemistry Education Research and Practice; (4) International Journal of Science Education; (5) International Journal of STEM Education; dan (6) Technology, Pedagogy and Education. Setelah data jumlah artikel didapatkan, maka penelusuran dilanjutkan langsung ke masing-masing jurnal. Proses penelusuran dan penyeleksian artikel dapat dilihat pada [Gambar 2](#).

Bagan proses penelusuran dan penyeleksian artikel untuk peninjauan sistematis



Gambar 2. Gambar 2. Bagan proses penelusuran dan penyeleksian artikel untuk peninjauan sistematis

Jenis penelitian menggunakan educational design research dengan model Plomp. Model pengembangan Plomp ini memiliki tiga tahapan yaitu penelitian pendahuluan, pembentukan prototipe, dan penilaian^[12]. Tahap penelitian awal melibatkan analisis kebutuhan, konteks, studi literatur, dan pengembangan kerangka konseptual^[13]. Pembentukan prototipe ada empat tahap yaitu pembentukan prototipe I, II, III dan IV^[14]. Setelah itu penilaian merupakan tahapan evaluasi penilaian dengan evaluasi (semi-) sumatif^[15]. Tempat melakukan penelitian berlokasi di MAN 2 Kota Padang dan kampus FMIPA UNP pada tahun 2022 yang melibatkan tiga orang dosen kimia FMIPA UNP, tiga orang pendidik kimia MAN 2 Kota Padang, dan 18 orang peserta didik kelas XI IPA MAN 2 Kota Padang sebagai subjek penelitian. Langkah-langkah penelitian dapat dijabarkan pada uraian berikut.

Penelusuran artikel terkait collaborative learning dalam pembelajaran kimia melalui ERIC, ditemukan 62.555 artikel publikasi. Selanjutnya dilakukan pengkerucutan dengan menggunakan aplikasi Publish or Perish 7 untuk artikel yang terindeks Scopus dan Web of Science (WoS). Penelusuran dilakukan langsung pada 6 jurnal pendidikan kimia dan sains. Hasil penelusuran menghasilkan 113 artikel yang relevan dengan CL. Untuk mendapatkan hasil peninjauan yang lebih terfokus sesuai dengan ruang lingkup yang sudah ditetapkan, maka dilakukan lagi pengidentifikasian dengan cara mengeliminasi artikel yang tidak berhubungan dengan CL. Hasil penyeleksian akhir diperoleh 88 artikel untuk dilanjutkan ketahap pengkodean, penilaian kualitas, dan analisis tema.

2.2. Melakukan Pengidentifikasian

Setelah artikel berhasil dikoleksi, maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah pengidentifikasian artikel. Penulis melakukan scanning secara menyeluruh terhadap artikel yang sudah berhasil dikoleksi. Prosedur ini dilakukan untuk memastikan bahwa kriteria seleksi terhadap artikel yang ditinjau, dan tahap ini dilakukan secara konsisten.

2.3. Melakukan Pengkodean

Pengkodean dilakukan dengan cara mengulas masing-masing artikel melalui proses penilaian kualitas penelitian, penggalian data yang relevan, dan sintesis temuan. Setelah itu, semua temuan diubah dalam bentuk kualitatif, dan selanjutnya melakukan analisis tematik⁽¹⁴⁾, ⁽¹⁵⁾. Pada peninjauan ini, 88 artikel yang terpilih diproses secara kualitatif dengan cara membaca artikel dan merumuskan frase ringkasan yang merangkum semua temuan. Frase ringkasan ini merefleksikan temuan yang dijelaskan di bagian hasil tertentu. Hal penting yang perlu dicatat, bahwa setiap artikel/ hasil penelitian dapat menghasilkan beberapa frase ringkasan jika artikel tersebut menggambarkan beberapa temuan yang relevan dengan tinjauan yang dilakukan ini.

2.4. Penilaian Kualitas

Selanjutnya, untuk penilaian kualitas setiap artikel secara kualitatif digunakan instrumen the Qualitative Research Checklist (QRC)⁽¹⁶⁾. Penggunaan instrumen ini untuk menjamin ketelitian dan validitasnya.

2.5. Analisis Tema

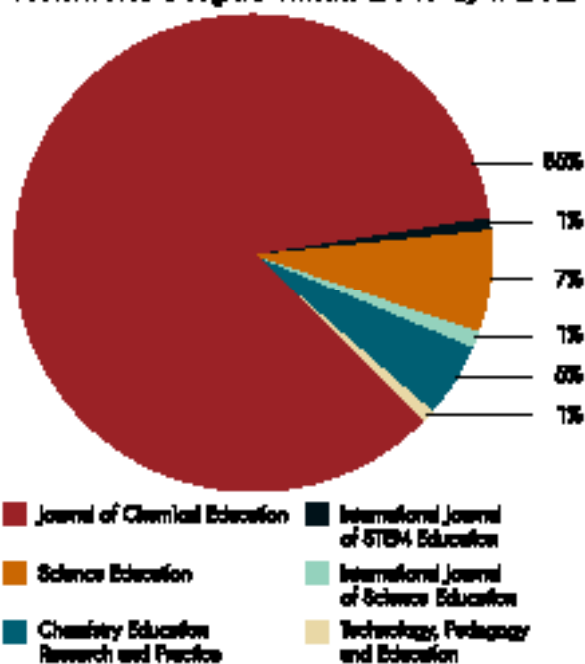
Pada langkah akhir, semua frase ringkasan dikumpulkan dan dikategorikan secara tematis untuk mensintesis artikel secara terpisah. Tujuannya adalah untuk menganalisis frase ringkasan yang berasal dari studi individu dari bawah ke atas dengan membiarkan kategori muncul dari data secara bersamaan, dalam hal ini penulis mencoba menggunakan kerangka teoritis yang dapat mendasari atau menyatukan kategori yang ditemukan di dalam frase.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Deskripsi Terkait Penelusuran Artikel

Artikel-artikel yang sudah selesai diseleksi kemudian dikelompokkan berdasarkan persentase penelitian tentang CL yang terbit pada 6 jurnal terindeks Scopus tahun 2017 s.d 2021 (Gambar 3) dan jumlah penelitian terkait CL setiap tahunnya (Gambar 4).

Persentase Penelitian tentang CL yang terbit pada enam jurnal terindeks Scopus Tahun 2017 s/d 2021



Gambar 3. Gambar 3. Persentase Penelitian tentang CL yang terbit pada 6 Jurnal Terindeks Scopus Tahun 2017 s.d 2021

Berdasarkan diagram pada Gambar 3 dapat diperoleh informasi bahwa selama 5 tahun terakhir ini, jurnal yang paling banyak mempublikasikan hasil penelitian sehubungan dengan CL pada pembelajaran kimia adalah Journal of Chemical Education dan disusul pada urutan kedua Chemistry Education Research and Practice. Kedua jurnal ini merupakan jurnal terindeks Scopus yang khusus mempublikasikan hasil-hasil penelitian di bidang pendidikan kimia.

Jumlah Penelitian Terkait CL Tahun 2017 s/d 2021



Gambar 4. Gambar 4. Jumlah Penelitian Terkait CL Tahun 2017 s.d 2021

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 dapat diperoleh informasi bahwa penelitian yang berhubungan dengan CL pada pembelajaran kimia mulai dari tahun 2017 s.d 2021 memiliki kecenderungan terus meningkat. Khusus untuk tahun 2021, terlihat penurunan jumlah publikasi terkait CL pada pembelajaran kimia.

3.2. Deskripsi Temuan Terkait “Kata Kunci”

Berdasarkan hasil penelusuran terkait “Kata Kunci” ditemukan bahwa 78 artikel dari 88 artikel yang ditemukan menggunakan kata kunci “collaborative/ cooperative learning”^[17-32]. Penggunaan kedua istilah secara bersamaan, seolah-olah menyatakan bahwa CL sama dengan cooperative learning. Bahkan ada beberapa penulis menggunakan istilah CL dan cooperative learning secara bergantian dalam publikasinya (33), (34), (35), (36), sedangkan yang lainnya mencatat perbedaan penting antara kedua istilah tersebut. Perbedaan CL dan cooperative learning ini sering didasarkan pada gagasan bahwa pembelajaran kooperatif melibatkan pembagian kerja, sementara pembelajaran kolaboratif dipandang sebagai “keterlibatan timbal balik peserta dalam upaya terkoordinasi untuk memecahkan masalah secara bersama” (37).

3.3. Trend Penelitian 2017 s.d 2021

Ada beberapa trend tema penelitian tentang CL yang ditemukan selama 5 tahun terakhir ini, yaitu:

3.3.1. CL berbasis aktivitas peserta didik dan peranan pendidik

CL ini lebih identik dengan interaksi sosial (38), (39), (40), proses yang diikuti untuk mengkaraktirasi manifestasi regulasi kognitif selama perencanaan kolaboratif investigasi praktikum kimia. Pada penelitian ini dilihat aktivitas metakognitif peserta didik dalam pemecahan masalah terkait praktikum kimia, melalui pendekatan kualitatif. Penelitian lain yang menunjukkan bahwa adanya interaksi diantara peserta didik (41), (42). Penelitian-penelitian

tersebut mengamati tentang pentingnya interaksi dalam CL seperti cara peserta didik bekerja sama, mengemukakan ide/pendapat, berkomunikasi dan lain sebagainya. Keberhasilan proses interaksi ini memerlukan dukungan, yaitu dukungan dari pendidik sebagai fasilitator proses pembelajaran. Penelitian lain (43), (44), (45), (46) menunjukkan bahwa CL dapat membantu dalam meningkatkan pemahaman konseptual dan kompetensi representasional (menafsirkan, menjelaskan, dan membangun representasi) peserta didik.

Selanjutnya (47) bagi pimpinan lembaga penyelenggara pendidikan perlu untuk mengeksplor potensi peserta didik dengan cara mendukung dan mengevaluasi CL, sehingga peserta didik dapat bekerja secara mandiri maupun tim dalam rangka menstimulasi profesionalitas dalam bekerja bagi lulusan. Melalui interaksi on-task (saat bertugas) yang dimaksud dalam hal ini adalah interaksi yang relevan dengan tugas yang diberikan. Perlu digarisbawahi bahwa tugas yang diberikan tidak terbatas pada aktivitas kognitif (seperti menjelaskan dan meresume) atau interaksi yang berfokus langsung pada konsep sebagaimana terlihat pada tugas, tetapi juga mencakup aktivitas regulatif yang berkontribusi pada pencapaian keberhasilan tim/kelompok.

Selain itu (48) ada dua hal penting dalam CL yang perlu diperhatikan yaitu bagaimana peserta didik mengerjakan tugas dan bagaimana perilaku peserta didik selama mengerjakan tugas. Hal ini akan terlihat jelas ketika peserta didik terlibat dalam kegiatan elaborasi tingkat tinggi, seperti memberikan jawaban atau memberikan tanggapan terhadap suatu topik pembahasan yang membutuhkan wawasan luas dan rumit, meminta alasan dan memberikan klarifikasi (49). Kegiatan ini secara positif menunjukkan proses pembelajaran yang lebih besar dan kompleks (50). Jadi, hasil penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa cara peserta didik berinteraksi satu sama lain secara kritis memberikan impact factor selama proses CL berlangsung. Contohnya suatu penelitian menunjukkan bahwa CL membantu peserta didik dalam mengasah keterampilan dan keterampilan ini membantu mereka nantinya dalam bekerja (51).

Selama CL, pendidik memegang peranan penting dalam membentuk serta membina interaksi positif antar peserta didik (52), (53). Pendidik dapat melakukan diagnosis kemajuan setiap kelompok dan melakukan intervensi jika diperlukan. Apabila tidak ada bimbingan yang memadai dari pendidik, interaksi positif antara peserta didik tidak akan terwujud. Ketika pendidik tidak melakukan identifikasi masalah tepat waktu dan tidak melakukan intervensi dengan baik, kualitas proses kolaboratif dan hasil belajar peserta didik mungkin tidak sesuai harapan.

Penelitian lain^[54-56] menunjukkan bahwa faktor sosial, yaitu interaksi peserta didik dengan teman sejawatnya dan pendidik, kehadiran sosial, dan penggunaan media sosial berdampak positif pada CL aktif dan keterlibatan peserta didik, sehingga

memberikan pengaruh pada kinerja belajar mereka. Oleh karena itu, membimbing kelompok peserta didik yang berkolaborasi adalah tugas yang menuntut pendidik untuk memiliki kompetensi lanjutan (57), (58) (seperti kompetensi dalam merancang dan melaksanakan kegiatan belajar kelompok). Selama proses CL dibutuhkan lebih banyak peran pendidik sebagai fasilitator daripada hanya sekedar menempatkan peserta didik dalam kelompok dan menginstruksikan mereka untuk bekerja sama (59). Studi lain (60), (61), (62) menunjukkan peranan penting pendidik untuk kolaborasi peserta didik dan mendorong terbentuknya interaksi. Jadi, intinya bahwa dukungan pendidik dalam proses CL menempati peranan penting dalam interaksi antara anggota kelompok/ antar peserta didik.

3.3.2. Strategi Kolaborasi untuk STEM

STEM adalah singkatan dari Science, Technology, Engineering, and Mathematic, merupakan sebuah pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan antara pengetahuan alam, teknologi, teknik, dan matematika dalam satu pengalaman belajar bagi peserta didik. Kolaborasi pembelajaran aktif berstruktur tinggi pada kelas STEM adalah metode yang ampuh untuk meningkatkan hasil akademik peserta didik dalam Kimia Organik (22). Selanjutnya (63) dalam penelitian yang melibatkan CL pada peserta didik kelas STEM menunjukkan bahwa peningkatan yang signifikan dari persepsi peserta didik tentang lingkungan belajar dan organisasi laboratorium, lebih menyukai modul pengalaman penelitian otentik daripada eksperimen konvensional.

Pada studi lainnya, untuk Pendidikan STEM (64) mencoba melakukan desain ulang model belajar pilihan peserta didik yang digunakan untuk mengatasi peningkatan besar dalam meningkatkan kualitas pengajaran, dan mempertahankan keberhasilan peserta didik. Model ini adalah teknik pembelajaran yang memungkinkan peserta didik untuk memilih bagaimana terlibat dalam proses pembelajaran. Keberhasilan kolaborasi untuk STEM ini ditentukan oleh bentuk reformasi struktur kurikulum yang digunakan (65). Untuk memaksimalkan potensi pembelajaran kolaborasi pada kelas STEM yang beragam dan mendorong retensi, instruktur harus menggabungkan dan "mengaktifkan" keragaman yang ada (66). Pelaksanaan strategi kolaborasi untuk STEM ini secara umum menghasilkan peserta didik dengan kemampuan ekspektasi sains yang baik, bekerja sama dalam tim, melakukan refleksi terhadap hasil kerja tim maupun individu, serta public speaking yang baik. Kolaborasi STEM juga dapat meningkatkan keterampilan literasi sains peserta didik (67).

3.3.3. CL berbasis Permainan

CL berbasis permainan menfokuskan pada komposisi kelompok, heterogen melawan homogen, pemilihan kelompok, ukuran serta struktur dan jumlah intervensi pendidik dalam proses pembelajaran. Penelitian yang dilakukan (31)

menunjukkan penggunaan permainan memiliki penerimaan yang tinggi, dimana permainan membangkitkan minat dan rasa ingin tahu peserta didik serta meningkatkan pengetahuan. Selain itu (68), (69) pembelajaran berbasis permainan juga dapat meningkatkan kinerja peserta didik dalam proses pembelajaran dan (70) meningkatkan potensi akademik, serta meningkatkan minat peserta didik terhadap pembelajaran (71).

Kekuatan dari pembelajaran kolaborasi berbasis permainan membangun karakteristik bertanya (72) dan dapat membangun bingkai pemahaman atas masalah, kejelasan tugas tim dalam memecahkan masalah, meningkatkan kemampuan interaksi sosial, dan dapat menghasilkan kerja yang lebih dapat dipertanggungjawabkan (73). Inovasi pun bisa dilakukan dalam CL dimana pendidik juga bisa menjadikan video game, film, atau acara televisi untuk menyediakan kerangka kerja inovatif bagi siswa untuk berpikir tentang kimia dan teknik kimia (74).

Escape-room-game activity merupakan salah satu contoh penerapan permainan dalam pembelajaran kimia. Hasil survei terhadap peserta didik menunjukkan bahwa peserta menikmati laboratorium dan mereka merasa itu adalah tinjauan efektif teknik laboratorium (75). Escape-room-game ini membutuhkan penerapan pengetahuan kimia yang signifikan, keterampilan berpikir tingkat tinggi (analisis, sintesis, atau evaluasi), dan berpikir kreatif untuk solusinya (76). Jadi, penerapan CL berbasis games dapat dijadikan salah satu alternatif untuk meningkatkan minat peserta didik terhadap pembelajaran.

3.3.4. *Computer-supported collaborative learning (CSCL)*

CSCL merupakan paradigma pendidikan yang relatif baru dalam pembelajaran kolaboratif yang menggunakan teknologi dalam lingkungan pembelajaran untuk membantu menengahi dan mendukung interaksi kelompok dalam konteks pembelajaran kolaboratif. Sistem CSCL menggunakan teknologi untuk mengontrol dan memonitor interaksi, mengatur tugas, aturan, peran, dan menengahi perolehan pengetahuan baru. Melalui CSCL setiap pendidik dengan komputer berperforma sederhana dapat mengatur versi aktivitas pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran secara terintegrasi (28), misal menggunakan microsoft excel untuk belajar membaca spektrum UV-Vis (77). CSCL juga dapat membantu dalam simulasi interaktif dan visualisasi bentuk molekul (78).

Terkait dengan CSCL, pemanfaatan Google Formulir dan Google Spreadsheet untuk menetapkan/assign (A) peserta didik ke dalam kelompok, mengumpulkan/collect (C), menganalisis/analyze (A), dan mendistribusikan/distribute (D) umpan balik mereka dalam kerja kelompok serta dalam, pekerjaan individu yang dinilai oleh rekan sejawat, dan instruktur. Kerangka Umpan Balik ACAD dirancang untuk merampingkan

pengiriman manual dari empat proses menjadi satu kerangka kerja online (79).

CSCL juga memungkinkan terjadinya pembelajaran antarnegara (80), (81), (82), dimana intervensi ini dirancang untuk mendukung penguasaan konten, membantu meningkatkan keterampilan komunikasi siswa melalui gambar kimia dan verbalisasi, memfasilitasi munculnya identitas profesional, dan mempromosikan pengembangan apresiasi kimia sebagai bahasa internasional.

3.3.5. *CL dalam Kerja di Laboratorium*

Kolaborasi interlab (83) merupakan cara kreatif untuk membangun keterampilan menyimpan buku catatan/kerja dan bekerja dalam tim. Berbagai data penilaian, termasuk skor buku catatan, rekan dan evaluasi diri, survei penilaian, dan refleksi peserta didik menunjukkan bahwa kolaborasi ini dapat membangun keterampilan manajemen waktu, komunikasi, organisasi dan perekaman data (83). CL dalam kerja di laboratorium mampu mengatasi kesulitan kognitif, afektif, dan psikomotor peserta didik (49), (50), (84). Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul CL efektif dalam membantu siswa untuk belajar tentang proteomik berbasis spektrometri massa (85).

CL juga digunakan untuk pelaksanaan praktikum berbasis green chemistry. Karena kimia dan teknik hijau sedang diintegrasikan ke dalam proses kimia di dunia akademis dan industri, menjadi sama pentingnya untuk membekali peserta didik dengan alat yang relevan di bidang kimia dan proses yang berkelanjutan (86).

CL juga mendukung program pembelajaran berbasis proyek dan dukungan online untuk teknik laboratorium (87). Jadi implementasi dari CL dalam praktikum adalah meningkatkan pengalaman penelitian otentik kepada peserta didik (88).

3.4. **Potensi Untuk Penelitian Lanjutan**

Berdasarkan temuan hasil tinjauan maka ada beberapa potensi penelitian yang dapat dikembangkan di masa yang akan datang, yaitu:

1. Perlu dilakukan tinjauan sistematis terkait CL dan cooperative learning agar bias antara CL dan cooperative learning dapat dihilangkan.
2. CL identik dengan interaksi sosial, dimana dalam proses pembelajaran akan terjadi interaksi antara peserta didik, interaksi pendidik dengan peserta didik, dan interaksi peserta didik dengan lingkungannya. Proses interaksi ini sangat menarik untuk diteliti, dimana dalam interaksi ini akan melibatkan pola berpikir ilmiah, public speaking, proses berpikir kreatif reflektif, dan lain-lain.
3. Penelitian kolaborasi dengan STEM baru sebatas penggunaan kelas STEM sebagai sampel. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait strategi kolaborasi untuk pembelajaran STEM.
4. Kolaborasi pembelajaran dengan game dapat dikembangkan lagi karena penerapan game dalam pembelajaran dapat memberikan suasana belajar yang hangat dan menyenangkan.
5. Computer-supported collaborative

learning (CSCL) sangat berpotensi untuk dikembangkan karena CSCL merupakan paradigma pendidikan yang mengkolaborasikan penggunaan komputer dalam pembelajaran.

4.SIMPULAN

Review ini menemukan bahwa selama proses CL pendidik berperan penting dalam mendukung interaksi antar peserta didik. Intensitas dan sarana bimbingan yang diberikan pendidik berhubungan positif dengan kolaborasi peserta didik. Tepatnya pendidik berperan sebagai fasilitator kolaborasi yang aktif karena tantangan terbesar bagi pendidik adalah mempertahankan eksistensi sebagai figur sentral dalam mendukung CL. Selanjutnya ada 5 tema penelitian yang berhubungan dengan CL, yaitu (1) CL berbasis aktivitas peserta didik dan peranan pendidik; (2) Strategi Kolaborasi untuk STEM; (3) CL berbasis Permainan; (4) Computer-supported collaborative learning (CSCL); dan (5) CL dalam Kerja di Laboratorium.

REFERENSI

1. Laal M, Laal M. Collaborative learning : What is it ? *Procedia Soc Behav Sci.* 2012;31:491–5.
2. Thobroni M. Belajar dan pembelajaran _ Teori dan Praktik. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media; 2015.
3. Vygotsky LS. *Mind and society: The development of higher mental processes.* Cambridge, MA: Harvard University Press; 1978. 170 hal.
4. Hariyanto S dan. Belajar dan Pembelajaran: Teori dan Konsep Dasar. Bandung: Remaja Rosdakarya; 2015.
5. Schwarz G, Picotti V, Bleiner D, Gundlach-graham A. Incorporating a Student-Centered Approach with Collaborative Learning into Methods in Quantitative Element Analysis. *J Chem Educ.* 2020;
6. Ranga JS. Factors In fl uencing Student Learning in Semi-Flipped General Chemistry Courses. *J Chem Educ.* 2020;
7. Flener-Lovitt C, Bailey K, Han R. Using Structured Teams to Develop Social Presence in Asynchronous Chemistry Courses. *J Chem Educ [Internet].* 2020;97(9):2519–25.
8. Gemmel PM, Goetz MK, James NM, Jesse KA, Ratliff BJ. Collaborative Learning in Chemistry: Impact of COVID-19. *J Chem Educ [Internet].* 2020;97(9):2899–904. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85090989115
9. Diana PZ. COLLABORATIVE LEARNING DALAM PEMBELAJARAN BAHASA INDONESIA. Yogyakarta; 2020.
10. Kreijns K, Kirschner PA, Jochems W. Identifying the pitfalls for social interaction in computer-supported collaborative learning environments : a review of the research. *Comput Human Behav.* 2003;19(3):335–53.
11. Panitz T. Collaborative versus Cooperative Learning: A Comparison of the Two Concepts Which Will Help Us Understand the Underlying Nature of Interactive Learning. *Opinion Papers.* 1999;
12. Roberts TS. *Online Collaborative Learning : Theory and Practice.* Khosrow-Pour M, editor. United States of America: Information Science Publishing; 2004.
13. Wesel F van, Boeijs HR, Alisic E. Towards a method for synthesizing diverse evidence using hypotheses as common language. *Qual Quant.* 2014;49(6):2237–49.
14. Dixon-woods M, Agarwal S, Jones D, Young B, Sutton A. Synthesising qualitative and quantitative evidence : a review of possible methods. *J Health Serv Res Policy.* 2005;10(1):45–53.
15. Flemming K. Synthesis of quantitative and qualitative research: an example using Critical Interpretive Synthesis. *J Adv Nurs.* 2009;66(1):201–17.
16. CASP. Critical Appraisal Skills Programme (CASP) Systematic Review Checklist. [Internet]. 2018. Tersedia pada: www.casp-uk.net
17. Elbahri M, Soliman A, Yliniemi K, Abdelaziz R, Homaeigohar S, Zarie ES. Innovative Education and Active Teaching with the Leidenfrost Nanochemistry. *J Chem Edu.* 2018;
18. Espinasse A, Jayaraman A, Reisbick SA, Harris CM, Kou Y, Xu H, et al. Model for Student-Led Safety. *J Chem Educ.* 2020;
19. Heuvelen KM Van. Emergency remote instruction during the covid-19 pandemic reshapes collaborative learning in general chemistry. *J Chem Educ [Internet].* 2020;97(9):2884–8. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85089516160
20. Naibert N, Duck KD, Phillips MM, Barbera J. Multi-institutional Study of Self-E ffi cacy within Flipped Chemistry Courses. *J Chem Educ.* 2021;
21. White KN, Vincent-Layton K, Villarreal B. Equitable and Inclusive Practices Designed to Reduce Equity Gaps in Undergraduate Chemistry Courses. *J Chem Educ [Internet].* 2021;98(2):330–9. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85099092931
22. Crimmins MT, Midkiff B. High Structure Active Learning Pedagogy for the Teaching of Organic Chemistry: Assessing the Impact on Academic Outcomes. *J Chem Educ [Internet].* 2017;94(4):429–38.
23. McCarthy BD, Dempsey JL. Cultivating Advanced Technical Writing Skills through a Graduate-Level Course on Writing Research Proposals. *J Chem Educ [Internet].* 2017;94(6):696–702.
24. Naibert N, Geye E, Phillips MM, Barbera J. Multicourse Comparative Study of the Core Aspects for Flipped Learning: Investigating In-Class Structure and Student Use of

- Video Resources. *J Chem Educ* [Internet]. 2020;97(10):3490–505.
25. Finkenstaedt-quinn SA, Halim AS, Chambers TG, Moon A, Goldman RS, Gere AR, et al. Investigation of the Influence of a Writing-to-Learn Assignment on Student Understanding of Polymer Properties. *J Chem Educ*. 2017;
 26. Bancroft SF, Jalaeian M, John SR. Systematic review of flipped instruction in undergraduate chemistry lectures (2007-2019): Facilitation, independent practice, accountability, and measure type matter [Internet]. Vol. 98, *Journal of Chemical Education*. 2021. hal. 2143–55. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85108535032
 27. Kou Y, Peng X, Dingwell CE, Reisbick SA, Tonks IA, Sitek AA. Learning Experience Reports Improve Academic Research Safety. *J Chem Educ*. 2020;
 28. Silva A V., Louro RO. Biomolecular NMR Assignment: Illustration Using the Heme Signals in Horse Cytochrome c. *J Chem Educ* [Internet]. 2017;94(9):1280–4. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85029221507
 29. Frey RF, Fink A, Cahill MJ, McDaniel MA, Solomon ED. Peer-Led Team Learning in General Chemistry I: Interactions with Identity, Academic Preparation, and a Course-Based Intervention. *J Chem Educ* [Internet]. 2018;95(12):2103–13.
 30. Summerton L, Clark JH, Hurst GA, Ball PD, Rylott EL, Carslaw N, et al. Industry-Informed Workshops to Develop Graduate Skill Sets in the Circular Economy Using Systems Thinking. *J Chem Educ* [Internet]. 2019;
 31. Bernardo JMM, Gonzalez AF. Chemical Battleship: Discovering and Learning the Periodic Table Playing a Didactic and Strategic Board Game. *J Chem Educ* [Internet]. 2021;98(3):907–14. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85100148500
 32. Festa G, Saladino ML, Nardo VM, Armetta F, Renda V, Nasilla G, et al. Identifying the Unknown Content of an Ancient Egyptian Sealed Alabaster Vase from Kha and Merit's Tomb Using Multiple Techniques and Multicomponent Sample Analysis in an Interdisciplinary Applied Chemistry Course. *J Chem Educ*. 2020;
 33. Ayril R, Molvinger K. Using Games to Build and Improve 10th Grade Students' Understanding of the Concept of Chemical Bonding and the Representation of Molecules. *J Chem Educ*. 2020;
 34. O'Donoghue J. Stories from the Lab: Development and Feedback from an Online Education and Public Engagement Activity with Schools. *J Chem Educ* [Internet]. 2020;97(9):3271–7. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85090993332
 35. Atieh EL, York DM. Through the Looking CLASS: When Peer Leader Learning Attitudes Are Not What They Seem. *J Chem Educ* [Internet]. 2020;97(8):2078–90. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85089538940
 36. Ruder SM, Stanford C. Training Undergraduate Teaching Assistants to Facilitate and Assess Process Skills in Large Enrollment Courses. *J Chem Educ* [Internet]. 2020;97(10):3521–9. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85091039312
 37. Roschelle J, Teasley SD. The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving. *Comput Support Collab Learn*. 1995;69–97.
 38. Mathabathe KC, Potgieter M. Manifestations of metacognitive activity during the collaborative planning of chemistry practical investigations. *Int J Sci Educ*. 2017;39(11):1465–84.
 39. Laal M, Laal M. Collaborative learning : What is it ? *Procedia Soc Behav Sci*. 2012;31(December 2012):1–6.
 40. Leeuwen A van, Janssen J. A systematic review of teacher guidance during collaborative learning in primary and secondary education [Internet]. Vol. 27, *Educational Research Review*. Elsevier BV; 2019. hal. 71–89. Tersedia pada: <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2019.02.001>
 41. Webb NM, Mastergeorge AM. The Development of Students' Helping Behavior and Learning in Peer-Directed Small Groups. *Cogn Instr*. 2010;21(4):361–428.
 42. Pun JKH, Ka K, Cheung C. Meaning making in collaborative practical work : a case study of multimodal challenges in a Year 10 chemistry classroom. *Res Sci Technol Educ* [Internet]. 2021;39(1):1–18. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1895101>
 43. Nichols K, Gillies R, Hedberg J. Argumentation-Based Collaborative Inquiry in Science Through Representational Work : Impact on Primary Students' Representational Fluency. *Res Sci Educ*. 2015;46(3):343–64.
 44. Bellova R, Melicher D, Tomcik P. Approximate Relations in pH Calculations for Aqueous Solutions of Extremely Weak Acids: A Topic for Problem-Based Learning. *J Chem Educ*. 2018;
 45. Tomat E. Chemistry Discovery: A Service-Learning Outreach Course Produces a Workshop Series for Middle-School Students. *J Chem Educ* [Internet]. 2020;97(11):4019–25. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85092392099
 46. Özkanbaş M, Kirik OT. Implementing collaborative inquiry in a middle school science course. *Chem Educ Res Pract*

- [Internet]. 2020;21(4):1199–217. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85094863645
47. Williams P. Assessing collaborative learning : big data , analytics and university futures. *Assess Eval High Educ.* 2016;42(6):978–89.
 48. Mullins D, Rummel N, Spada H. Are two heads always better than one ? Differential effects of collaboration on students ’ computer-supported learning in mathematics. *Comput Support Collab Learn.* 2011;6(3):421–43.
 49. Hibbard L. Case Studies for General Chemistry: Teaching with a Newsworthy Story. *J Chem Educ [Internet].* 2019;96(11):2528–31.
 50. Ginzburg AL, Check CE, Hovekamp DP, Sillin AN, Brett J, Eshelman H, et al. Experiential Learning to Promote Systems Thinking in Chemistry: Evaluating and Designing Sustainable Products in a Polymer Immersion Lab. *J Chem Educ [Internet].* 2019;96(12):2863–71.
 51. Stockard J, Greene J, Richmond G, Lewis P. Is the Gender Climate in Chemistry Still Chilly? Changes in the Last Decade and the Long-Term Impact of COACH-Sponsored Workshops. *J Chem Educ [Internet].* 2018;95(9):1492–9.
 52. Kaendler C, Wiedmann M, Rummel N, Spada H. Teacher Competencies for the Implementation of Collaborative Learning in the Classroom : a Framework and Research Review. *Educ Res Rev.* 2015;27(3):505–36.
 53. Ritchie TS, Cardenas MTP, Ganapati S. Establishment and Implementation of a Peer-Supported Professional-Development Initiative by Doctoral Students, for Doctoral Students. *J Chem Educ [Internet].* 2018;95(11):1947–53.
 54. Qureshi MA, Khaskheli A, Qureshi JA, Raza A, Yousufi SQ. Factors affecting students ’ learning performance through collaborative learning and engagement. *Interact Learn Environ [Internet].* 2021;0(0):1–21. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1884886>
 55. Mousavi MPSM, Sohrabpour Z, Anderson EL, Stemig-Vindedahl A, Golden D, Christenson G, et al. Stress and Mental Health in Graduate School: How Student Empowerment Creates Lasting Change. *J Chem Educ [Internet].* 2018;95(11):1939–46.
 56. Knox KJ, Gillis AL, Dake GR. Research and Practice project work in upper-year undergraduate chemistry. *Chem Educ Res Pract.* 2019;
 57. Hei MSA De, Sjoer E, Admiraal W, Strijbos J, Hei MSA De, Sjoer E, et al. Teacher educators ’ design and implementation of group learning activities. *Educ Stud.* 2016;42(2):394–409.
 58. Heeg J, Hundertmark S, Schanze S. THE interplay between individual Reflection and Collaborative learning – seven essential features develop students ’ individual conceptions. *Chem Educ Res Pract.* 2020;
 59. Flaherty A, O’Dwyer A, Mannix-McNamara P, Leahy J. Aligning Perceptions of Laboratory Demonstrators’ Responsibilities to Inform the Design of a Laboratory Teacher Development Program. *J Chem Educ [Internet].* 2017;94(8):1007–18.
 60. Donnelly DF, Hume A. Using collaborative technology to enhance pre-service teachers’ pedagogical content knowledge in Science. *Res Sci Technol Educ [Internet].* 2015;33(1):61–87.
 61. Elbahri M. Comment on “synthesizing Gold Nanoparticles Using Honey in Basic Solution under Leidenfrost Conditions to Aid Students in Reliably Reproducing Observable Color Changes.” *J Chem Educ [Internet].* 2020;97(3):878–9. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85081923853
 62. Leopold H. Implementing reflective group work activities in a large chemistry lab to support collaborative learning. *Educ Sci [Internet].* 2020;10(1).
 63. Mutambuki JM, Fyneweaver H, Douglass K, Cobern WW, Obare SO. Integrating Authentic Research Experiences into the Quantitative Analysis Chemistry Laboratory Course: STEM Majors’ Self-Reported Perceptions and Experiences. *J Chem Educ [Internet].* 2019;96(8):1591–9.
 64. McDowell TR, Schmittzehe ET, Duerden AJ, Cernusca D, Collier H, Woelk K. A Student-Choice Model to Address Diverse Needs and Promote Active Learning. *J Sci Educ Technol [Internet].* 2019;28(4):321–8. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85060681951
 65. Talanquer V, Pollard J. Reforming a Large Foundational Course: Successes and Challenges. *J Chem Educ [Internet].* 2017;94(12):1844–51.
 66. Goethe E V, Colina CM. Taking Advantage of Diversity within the Classroom. *J Chem Educ.* 2017;
 67. Mitra S, Wagner E. Introducing undergraduates to primary research literature. *J Chem Educ [Internet].* 2021;98(7):2262–71. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85110231866
 68. Zeng H, Zhou S-N, Hong G-R, Li Q, Xu S-Q. Evaluation of Interactive Game-Based Learning in Physics Domain. *J Balt Sci Educ.* 2020;19(3):484–98.
 69. Huelsmann RD, Vailati AF, Laia LR de, Tessaro PS, Xavier FR. Tap It Fast! Playing a Molecular Symmetry Game for Practice and Formative Assessment of Students’ Understanding of Symmetry Concepts. *J Chem Educ [Internet].* 2018;95(7):1151–5.
 70. Brydges S, Dembinski HE. Catalyze! Lowering the Activation Barriers to Undergraduate

- Students' Success in Chemistry: A Board Game for Teaching Assistants. *J Chem Educ.* 2018;
71. Miller JL, Wentzel MT, Clark JH, Hurst GA. Green Machine: A Card Game Introducing Students to Systems Thinking in Green Chemistry by Strategizing the Creation of a Recycling Plant. *J Chem Educ [Internet].* 2019;96(12):3006–13.
 72. Thangjai N. Developing Inquiry Learning Characteristics of Grade 7 Students Using Integrated 5E's of Inquiry-Based Learning and Game-Based Learning. *J Educ Issues.* 2022;8(1):137–50.
 73. Czauderna A, Guardiola E. Remote Collaboration in Higher Game Development Education. *Online Practices and Learning Processes of Students between Professional Routines and Psychosocial Challenges.* *High Educ Stud.* 2021;11(2):1–19.
 74. Dietrich N, Jimenez M, Souto M, Harrison AW, Coudret C, Olmos E. Using Pop-Culture to Engage Students in the Classroom. *J Chem Educ [Internet].* 2021;98(3):896–906. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85100729679
 75. Vergne MJ. Escape the Lab: An Interactive Escape-Room Game as a Laboratory Experiment. *J Chem Educ [Internet].* 2019;96(5):985–91. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85065065299
 76. Avargil S, Shwartz G, Zemel Y. Educational Escape Room: Break Dalton's Code and Escape! *J Chem Educ [Internet].* 2021;98(7):2313–22. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85108581125
 77. Muelleman AW, Glaser RE. Learning To Read Spectra: Teaching Decomposition with Excel in a Scientific Writing Course. *J Chem Educ.* 2018;
 78. Gandhi HA, Jakymiw S, Barrett R, Mahaseth H, White AD. Real-Time Interactive Simulation and Visualization of Organic Molecules. *J Chem Educ [Internet].* 2020; Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85092362516
 79. Limpanuparb T, Datta S, Tawornparcha P, Chinsukserm K. ACAD-Feedback: Online Framework for Assignment, Collection, Analysis, and Distribution of Self, Peer, Instructor, and Group Feedback. *J Chem Educ [Internet].* 2021;98(9):3038–44. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85114110053
 80. Skagen D, McCollum B, Morsch L, Shokoples B. Developing communication confidence and professional identity in chemistry through international online collaborative learning. *Chem Educ Res Pract [Internet].* 2018;19(2):567–82. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85048695324
 81. Houseknecht JB, Bates LK. Transition to Remote Instruction Using Hybrid Just-in-Time Teaching, Collaborative Learning, and Specifications Grading for Organic Chemistry 2. *J Chem Educ.* 2020;
 82. Dietrich N, Kentheswaran K, Ahmadi A, Teychene J, Bessiere Y, Alfenore S, et al. Attempts, successes, and failures of distance learning in the time of covid-19. *J Chem Educ [Internet].* 2020;97(9):2448–57.
 83. Young SC. Incorporating Interlab Collaborations into the Organic Chemistry Teaching Laboratories. *J Chem Educ [Internet].* 2021;98(9):2848–60. Tersedia pada: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jchemed.0c01350>
 84. Flaherty A, O'Dwyer, Mannix-McNamara P, Leahy JJ. Evaluating the Impact of the "Teaching as a Chemistry Laboratory Graduate Teaching Assistant" Program on Cognitive and Psychomotor Verbal Interactions in the Laboratory [Internet]. Vol. 94, *Journal of Chemical Education.* 2017. hal. 1831–43.
 85. Kovarik ML, Robinson JK. Collaborative Learning Exercises for Teaching Protein Mass Spectrometry. *J Chem Educ [Internet].* 2019;96(5):905–11. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85065713901
 86. Zhang S, Xu R, Zhu H, Kern REB, Spillman MG, Chen ES, et al. Reaction of Diphenyldiazomethane with Benzoic Acids in Batch and Continuous Flow. *J Chem Educ [Internet].* 2021;98(2):469–77. Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85100104245
 87. Williams NA. Using an Inclusive Curriculum Framework to Address an Awarding Gap in a First-Year Chemistry Module. *J Chem Educ [Internet].* 2021; Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85111527136
 88. Rubush DM. A learning community involving collaborative course-based research experiences for foundational chemistry laboratories. *Educ Sci [Internet].* 2020;10(4). Tersedia pada: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85083844581