

Implementasi Model Pembelajaran *Project-Based Learning* Pengolahan Limbah Praktikum Asam Basa untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik

Hany Enggar Listyana¹⁾, Ridwan Joharmawan^{1),*}, Brian Anggriawan¹⁾

¹⁾Pendidikan Profesi Guru Sekolah, Pascasarjana, Universitas Negeri Malang,

*Corresponding Author: ridwan.joharmawan.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini memiliki tujuan mengkaji efektivitas model *Project-Based Learning* (PjBL) dalam meningkatkan keterampilan kolaborasi dan hasil belajar peserta didik pada materi pengolahan limbah praktikum asam-basa. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan desain *one group pre-test* dan *post-test*. Sejumlah 19 peserta didik kelas XI di salah satu SMA Negeri di Kota Malang sebagai subjek penelitian. Instrumen pengumpulan data meliputi observasi keterampilan kolaborasi, tes *pre-test* dan *post-test*, dan wawancara mendalam. Hasil penelitian menunjukkan meningkatnya skor rata-rata keterampilan kolaborasi dari kategori sedang ke tinggi, serta N-Gain hasil belajar dengan rata-rata 0,5 yang termasuk kategori sedang. Wawancara mendalam memperkuat temuan kuantitatif dengan menggambarkan bagaimana peserta didik aktif, reflektif, dan mampu bekerja sama dalam menyelesaikan proyek. Penemuan ini menunjukkan bahwa model PjBL tidak hanya mampu meningkatkan pemahaman konsep kimia, namun juga menumbuhkan keterampilan kolaboratif peserta didik dalam pembelajaran berbasis pengalaman nyata dan bermakna mendalam sesuai tuntutan kurikulum.

Kata Kunci: *Project-Based Learning*; Keterampilan Kolaborasi; Limbah Asam-Basa, Pembelajaran Kimia

Received: 24 May 2025; Revised: 2 Jul 2025; Accepted: 5 Jul 2025; Available Online: 14 Jul 2025

This is an open access article under the CC - BY license.



PENDAHULUAN

Di era pendidikan modern, tantangan dalam membekali peserta didik dengan keterampilan kolaboratif semakin nyata, mengingat dinamika pembelajaran abad ke-21 yang menuntut kemampuan bekerja sama dalam menyelesaikan permasalahan kompleks, seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, ekonomi digital, dan globalisasi. Untuk menghadapi tantangan ini, pendidikan harus bertransformasi dengan menekankan penguasaan keterampilan esensial yang dikenal sebagai *21st Century Skills*, yang dikenal sebagai 4C—*Critical Thinking, Creativity, Communication, dan Collaboration* (Dede, 2010; Trilling & Fadel, 2009). Kolaborasi menjadi aspek penting yang mendukung keberhasilan peserta didik dalam belajar dan bekerja. Keterampilan ini bukan hanya mencakup kemampuan bekerja dalam kelompok, tetapi juga melibatkan komunikasi efektif, negosiasi, pemecahan masalah, serta kepemimpinan. Peserta didik yang terampil dalam kolaborasi lebih siap menghadapi dunia kerja berbasis tim, beradaptasi dalam lingkungan multikultural, serta mendorong lahirnya kreativitas dan inovasi (OECD, 2018; Griffin et al., 2012; Saavedra & Opfer, 2012).

Salah satu metode pembelajaran yang telah terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan kolaborasi adalah *Project-Based Learning* (PjBL). Model pembelajaran ini memungkinkan peserta didik untuk bekerja dalam tim dalam menyelesaikan proyek nyata yang menuntut kerja sama, komunikasi, serta pemecahan masalah berbasis kolaborasi (Krajcik & Blumenfeld, 2006). Dengan menerapkan PjBL, peserta didik tidak hanya meningkatkan pemahaman akademik, tetapi juga memperoleh pengalaman praktis dalam bekerja sama dan berpikir kritis dalam menyelesaikan tugas kompleks (Brigid Barron & Darling-hammond, 2008)

Selain manfaat akademik, keterampilan kolaborasi juga memiliki dampak positif pada pengembangan karakter peserta didik. Pembelajaran berbasis kerja sama dapat meningkatkan rasa tanggung jawab, empati, serta keterampilan sosial yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan bermasyarakat dan profesional (Scardamalia &

Bereiter, 2006). Lebih jauh lagi, keterampilan ini berkontribusi dalam membangun masyarakat yang lebih inklusif, inovatif, dan kompetitif di era globalisasi (Johnson & Johnson, 2009).

Limbah yang dihasilkan dari praktikum asam-basa di laboratorium pendidikan dan penelitian dapat menimbulkan risiko signifikan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Sifat korosif dari limbah asam dan basa dapat merusak jaringan biologis serta peralatan laboratorium, dan jika tidak dikelola dengan benar, dapat mencemari air tanah serta ekosistem perairan. Studi oleh Nascimento & Tenuta Filho (2014) menunjukkan bahwa institusi pendidikan dan penelitian menghasilkan limbah kimia beracun dalam jumlah kecil namun berbahaya, termasuk asam, logam, dan pelarut, yang dapat mencemari lingkungan jika dibuang tanpa pengelolaan yang tepat. Selain itu, pengelolaan limbah laboratorium yang tidak memadai dapat menyebabkan cedera dan tumpahan bahan berbahaya, sebagaimana diilustrasikan dalam studi kasus oleh Langerman (2020). Oleh karena itu, pengelolaan limbah asam-basa secara aman dan berkelanjutan sangat penting untuk mencegah dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan.

Metode netralisasi merupakan pendekatan yang umum digunakan dalam pengelolaan limbah asam-basa di laboratorium, di mana limbah asam dan basa direaksikan untuk menghasilkan larutan netral yang aman untuk dibuang. Proses ini tidak hanya mengurangi bahaya korosif dari limbah tersebut, tetapi juga memungkinkan pengendalian pH sebelum pembuangan akhir. Menurut penelitian oleh Langerman (2020), netralisasi dasar dapat secara efektif menghilangkan sejumlah kecil asam dan basa kuat, namun harus dilakukan di bawah protokol keselamatan yang ketat untuk mencegah risiko seperti pelepasan gas atau reaksi eksotermis. Selain itu, sistem netralisasi limbah laboratorium telah diimplementasikan secara luas di institusi pendidikan dan penelitian, dengan desain yang memungkinkan pengolahan limbah secara kontinu dan otomatis untuk memastikan pH limbah berada dalam kisaran yang aman sebelum dibuang ke saluran pembuangan.

Dalam konteks pendidikan kimia, pemahaman mengenai konsep asam dan basa serta reaksi netralisasi menjadi sangat relevan untuk dipelajari oleh peserta didik. Melalui model pembelajaran PjBL yang telah dijelaskan sebelumnya, peserta didik dapat mengeksplorasi penerapan konsep ini dalam kehidupan nyata, seperti bagaimana pengolahan limbah asam di industri dilakukan dan bagaimana dampaknya terhadap lingkungan (Capraro et al., 2013). Pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan eksperimen langsung dalam menetralkan limbah asam juga dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kolaborasi peserta didik (Holm, 2011). Penelitian ini akan berfokus pada bagaimana implementasi model pendekatan PjBL yang mengangkat isu limbah asam pabrik dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi peserta didik dan hasil belajarnya.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta dan hubungan antara fenomena yang diteliti (Sukardi, 2009). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan peningkatan keterampilan kolaborasi peserta didik setelah diterapkannya model *Project-Based Learning* (PjBL) dalam kegiatan praktikum pengolahan limbah asam basa dan hasil belajarnya.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2025 dengan subjek penelitian peserta didik kelas XI pada salah satu SMA Negeri di Kota Malang, sebanyak 19 orang. Penggunaan subjek penelitian sejumlah 19 orang dikarenakan sebanyak 8 orang peserta didik sedang mengikuti *student exchange* di beberapa negara sehingga hanya 19 peserta didik yang dapat mengikuti kegiatan pembelajaran. Pemilihan subjek dilakukan secara *purposive*, yaitu peserta didik yang mengikuti pembelajaran dengan model PjBL pada materi praktikum pengolahan limbah asam basa yang mampu memberikan informasi secara relevan, mendalam, dan sesuai dengan tujuan penelitian melalui teknik wawancara. Penelitian ini menggunakan desain *one group pre-test* dan *post-test* tanpa kelompok kontrol, karena penelitian ini tidak bertujuan untuk membandingkan antar kelompok, melainkan untuk melihat perubahan setelah penerapan model pembelajaran (Arikunto, 2013).

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik observasi keterampilan kolaborasi, tes hasil belajar (*pre-test* dan *post-test*), serta wawancara mendalam. Observasi keterampilan kolaborasi dilakukan menggunakan lembar observasi yang mencakup lima indikator, yaitu kontribusi, manajemen waktu, pemecahan masalah, bekerja dengan orang lain, dan teknik penyelidikan. Terdapat 9 pernyataan dalam lembar observasi

yang digunakan oleh tiga observer selama dua pertemuan. Untuk mengukur hasil belajar, peserta didik diberikan tes sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) penerapan model *Project-Based Learning* (PjBL), kemudian dianalisis menggunakan rumus *N-Gain Score* (Hake, 1999) guna mengetahui peningkatan pemahaman konsep asam-basa. Selain itu, wawancara mendalam dilakukan kepada beberapa peserta didik yang menunjukkan peningkatan signifikan maupun rendah dalam hasil belajar dan keterampilan kolaborasi, dengan fokus pada cara belajar peserta didik serta kesulitan belajar yang dialami, seperti bekal awal (materi prasyarat, kemampuan matematis, kemampuan membuat model abstrak menjadi konkrit, dan kesulitan menghafal) mengacu pada teori Ausubel (1968). Penelitian ini menggunakan beberapa instrumen yang terdiri atas lembar observasi dengan validasi oleh ahli, soal *pre-test* dan *post-test* yang dirancang berdasarkan tujuan pembelajaran mengenai konsep asam-basa, dan daftar pertanyaan wawancara yang disusun untuk menggali pengalaman belajar peserta didik. Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Data observasi dianalisis melalui menghitung rata-rata skor setiap indikator keterampilan kolaborasi pada pertemuan pertama dan kedua. Data hasil belajar dianalisis menggunakan rumus *N-Gain*, dengan interpretasi berdasarkan kategori Melzer dalam Syahfitri (2008), yaitu tinggi ($g > 0,7$), sedang ($0,3 < g \leq 0,7$), dan rendah ($g \leq 0,3$). Sementara itu, data hasil wawancara dianalisis dengan model analisis data kualitatif dari Miles & Huberman (1994).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keterampilan Kolaborasi

Data keterampilan kolaborasi dikumpulkan melalui observasi langsung oleh tiga observer, yaitu penilaian diri sendiri, penilaian rekan sejawat, dan penilaian oleh guru(peneliti), berdasarkan rubrik kolaborasi Hermawan (2017) yang dimodifikasi dari Read Write Think (2005).

Rerata Skor Keterampilan Kolaborasi

Hasil pengamatan menunjukkan peningkatan skor rata-rata keterampilan kolaborasi pada hampir seluruh peserta didik sejak pertemuan pertama hingga pertemuan kedua. Berikut ini disajikan tabel data hasil rerata skor keterampilan kolaborasi.

Tabel 1. Data hasil rerata skor keterampilan kolaborasi

| Kategori | Interval Skor | Jumlah Peserta Didik (Pertemuan I) | Jumlah Peserta Didik (Pertemuan II) |
|----------|---------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Tinggi | 3,51 - 4,00 | 7 peserta didik | 17 peserta didik |
| Sedang | 2,51 - 3,50 | 12 peserta didik | 3 peserta didik |
| Rendah | $\leq 2,50$ | 0 peserta didik | 0 peserta didik |

Peningkatan yang terjadi memperlihatkan bahwa model PjBL efektif dalam mendorong peserta didik untuk lebih aktif berpartisipasi, berbagi gagasan, mengatur waktu, serta bekerja sama dalam kelompok.

Peningkatan Skor Keterampilan Kolaborasi Individu

Terdapat beberapa peserta didik yang menunjukkan peningkatan signifikan, lima peserta didik teratas diantaranya:

Tabel 2. Data peningkatan skor keterampilan kolaborasi

| Peserta Didik | Skor Rata-rata Pertemuan I | Skor Rata-rata Pertemuan II | Peningkatan Skor |
|---------------|----------------------------|-----------------------------|------------------|
| PD6 | 2,72 | 3,38 | +0,66 |
| PD8 | 2,66 | 3,31 | +0,65 |
| PD1 | 2,72 | 3,2 | +0,48 |
| PD2 | 3,57 | 4,00 | +0,43 |
| PD14 | 3,26 | 3,63 | +0,37 |

Peningkatan skor menunjukkan bahwa peserta didik menjadi lebih mampu memahami peran dan tanggung jawab dalam kelompok, serta menunjukkan keterlibatan aktif dalam proses pembelajaran berbasis proyek.

Temuan penelitian mengindikasikan bahwa model PjBL berperan efektif dalam mengembangkan keterampilan kolaborasi pada peserta didik.. Temuan ini konsisten dengan teori belajar konstruktivis, di mana

pembelajaran bermakna terjadi ketika peserta didik terlibat langsung dalam proses penyelidikan, pemecahan masalah, dan kerja kelompok. Dalam konteks ini, peserta didik tidak hanya menjadi penerima informasi, tetapi juga berperan aktif dalam membangun pemahaman dan keterampilan melalui interaksi sosial dan kerja kolaboratif.

Peningkatan rata-rata skor dari pertemuan pertama ke pertemuan kedua menunjukkan adanya adaptasi dan perkembangan kemampuan interpersonal peserta didik. Mereka menjadi lebih percaya diri dalam menyampaikan pendapat, mampu mendengarkan ide orang lain, dan menunjukkan tanggung jawab terhadap tugas kelompok. Aspek-aspek ini merupakan bagian penting dari kompetensi kolaborasi abad 21 sebagaimana diidentifikasi oleh Trilling dan Fadel (2009), serta OECD (2018). Penerapan PjBL dalam konteks pembelajaran kimia, khususnya pada topik pengolahan limbah asam-basa, terbukti mampu mengintegrasikan aspek kognitif dan sosial secara seimbang. Hal ini menjadikan PjBL sebagai strategi yang relevan dalam mengembangkan tidak hanya hasil belajar, tetapi juga karakter dan soft skills peserta didik.

Hasil Belajar

Penelitian ini mengukur hasil belajar peserta didik melalui tes awal (*pre-test*) dan tes akhir (*post-test*) pada materi pengolahan limbah asam-basa. Hasil rata-rata *pre-test* adalah 54,5, sedangkan rata-rata *post-test* meningkat menjadi 78,7. Selisih nilai rata-rata adalah 24,2 poin, yang menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar.

Untuk mengukur efektivitas peningkatan ini secara kuantitatif, digunakan *N-Gain Score* yang hasilnya sebagai berikut:

Tabel 3. Data *N-Gain* skor dan jumlah peserta didik

| Kategori | Rentang Skor | Jumlah Peserta Didik |
|----------|--------------------|----------------------|
| Tinggi | $g > 0,7$ | 6 peserta didik |
| Sedang | $0,3 < g \leq 0,7$ | 11 peserta didik |
| Rendah | $g \leq 0,3$ | 2 peserta didik |

Rata-rata *N-Gain Score* keseluruhan adalah 0,5, yang termasuk dalam kategori sedang. Mayoritas peserta didik mengalami peningkatan hasil belajar dalam kategori sedang hingga tinggi, yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek pada pengolahan limbah praktikum asam-basa ini memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep kimia.

Model *Project-Based Learning* (PjBL) menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran. Mereka terlibat langsung dalam perencanaan, pemecahan masalah, dan refleksi, yang menurut teori konstruktivisme sangat penting dalam membangun pengetahuan yang bermakna (Santayasa, 2007).

Peningkatan signifikan skor *posttest* serta nilai *N-Gain* menunjukkan bahwa melalui kegiatan proyek, peserta didik mampu: a) Menerapkan konsep dalam konteks nyata (kontekstualisasi materi); b) Berpikir kritis dan reflektif; c) Meningkatkan motivasi dan rasa tanggung jawab terhadap pembelajaran.

Menurut Melzer dalam Syahfitri, (2008), *N-Gain score* memberikan gambaran yang lebih akurat tentang efektivitas pembelajaran karena memperhitungkan potensi peningkatan dari skor awal. Hal ini sejalan dengan pandangan Thomas (2000) yang menyatakan bahwa PjBL meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran yang kompleks, menantang, dan berpusat pada pemecahan masalah nyata.

Wawancara

Untuk mendukung data kuantitatif dan memperdalam pemahaman terhadap peningkatan keterampilan kolaborasi peserta didik, dilakukan wawancara mendalam dengan beberapa peserta didik. Berikut ini disajikan data hasil wawancara dengan PD14 yang ditinjau dari rubrik keterampilan kolaborasi peserta didik. Pemilihan responden wawancara ini didasarkan pada prinsip *purposive* sampling, yakni memilih responden yang paling mungkin memberikan informasi yang kaya dan relevan (Creswell, 2014). PD14 dipilih bukan hanya karena prestasi kuantitatif, tetapi juga karena kemampuan verbal dan reflektifnya dalam menjelaskan proses belajar dan dinamika kelompok secara utuh, dan kontekstual. Selain itu, PD14 menunjukkan peningkatan signifikan dalam hasil belajar dan nilai kolaborasi

Tabel 6. Interpretasi Hasil Wawancara terhadap indikator keterampilan kolaborasi

| Indikator Keterampilan Kolaborasi | Skor Rata-rata Pertemuan II | Kutipan Wawancara | Interpretasi |
|-----------------------------------|-----------------------------|---|--|
| Kontribusi terhadap Kelompok | 3,7 | “Saya merasa bisa membantu teman-teman saya agar tidak ketinggalan...” | PD14 aktif berkontribusi dan membantu rekan kelompok, menunjukkan kemampuan memimpin informal. |
| Manajemen Waktu | 3,3 | “...saya tinggal mengeksekusi saja untuk meminimalisir adanya kesalahan.” | Menunjukkan kesiapan dan efisiensi waktu dalam praktikum, sesuai dengan skor observasi tinggi. |
| Pemecahan Masalah | 4.0 | “...saya mengotak-atik sendiri agar percobaan saya dapat sesuai...” | Skor tertinggi dalam rubrik, selaras dengan inisiatif PD14 dalam menyelesaikan permasalahan eksperimen. |
| Bekerja dengan Orang Lain | 4,0 | “...kalau saya bisa, saya ingin membantu teman-teman saya...” | Mampu bekerja sama dengan empati dan kepedulian, menjadikan suasana kolaboratif yang positif. |
| Teknik Penyelidikan | 2,3 | “...kami bisa mengecek sendiri pada buku paket...” | PD14 menyebut penggunaan referensi, namun observasi menunjukkan masih rendah dalam eksplorasi sumber lain. |

Hasil wawancara mendalam dengan Peserta Didik 14 (PD14) memperkuat temuan kuantitatif mengenai peningkatan keterampilan kolaborasi peserta didik dalam pembelajaran berbasis proyek. PD14 menunjukkan keterlibatan aktif dalam proses kolaboratif, terutama pada aspek kontribusi, kerja sama, dan pemecahan masalah. Hasil observasi menunjukkan bahwa PD14 mengalami peningkatan skor yang signifikan pada hampir semua indikator keterampilan kolaborasi, meskipun teknik penyelidikan masih menjadi aspek yang perlu ditingkatkan.

PD14 tidak hanya aktif secara akademis, tetapi juga berperan sebagai pendukung pembelajaran bagi teman sekelompoknya. Ia membantu teman yang mengalami kesulitan, membagi tugas secara adil, dan bahkan memimpin dalam merancang solusi eksperimen. Ini menunjukkan bahwa pembelajaran kolaboratif dalam konteks PjBL mampu menumbuhkan soft skills penting seperti komunikasi, empati, tanggung jawab, dan kepemimpinan (Griffin, McGaw, & Care, 2012; Saavedra & Opfer, 2012).

Lebih jauh, PD14 menunjukkan kemampuan adaptif dalam menghadapi masalah eksperimen di lapangan. Ketika hasil praktik tidak sesuai dengan teori, ia melakukan penyesuaian mandiri dengan menambahkan volume larutan penetrant. Sikap ini mencerminkan keterampilan berpikir kritis dan problem solving yang menjadi fokus utama dalam pembelajaran abad ke-21 (OECD, 2018). Meski observasi menunjukkan nilai relatif rendah dalam teknik penyelidikan, pernyataan PD14 bahwa ia mengacu pada buku paket mengindikasikan adanya landasan awal untuk pengembangan literasi sains lebih lanjut.

Selain keberhasilan, PD14 juga mencerminkan tantangan umum dalam implementasi PjBL, yakni adanya anggota kelompok yang kurang berkontribusi secara aktif. Hal ini sejalan dengan temuan Hmelo-Silver (2004), yang menyatakan bahwa dinamika kelompok dalam pembelajaran berbasis proyek perlu difasilitasi secara cermat agar pembagian tugas berlangsung adil dan produktif. Menariknya, PD14 secara reflektif menyarankan agar pembelajaran kolaboratif diselingi dengan sesi individu agar setiap peserta didik tetap bertanggung jawab atas pengembangan kemampuannya sendiri. Saran ini konsisten dengan pendekatan diferensiasi pembelajaran yang dianjurkan dalam desain instruksional modern (Tomlinson, 2017).

Secara keseluruhan, wawancara PD14 menunjukkan bahwa model *Project-Based Learning* efektif dalam membangun pengalaman belajar yang holistik. Tidak hanya meningkatkan hasil belajar kognitif, PjBL juga mampu menumbuhkan kesadaran kolaboratif, tanggung jawab sosial, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Peserta didik seperti PD14 mencerminkan bagaimana pembelajaran kolaboratif yang kontekstual dapat diinternalisasi secara mendalam, menjadikannya sebagai praktik pembelajaran yang relevan dengan tuntutan dunia nyata.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi model *Project-Based Learning* (PjBL) dalam praktikum pengolahan limbah asam basa secara signifikan mampu meningkatkan keterampilan kolaborasi dan hasil belajar peserta didik. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan rerata skor observasi keterampilan kolaborasi, dari mayoritas peserta yang semula berada pada kategori sedang menjadi tinggi pada pertemuan kedua; nilai N-Gain Score hasil belajar rata-rata sebesar 0,5 (kategori sedang) dengan 6 peserta mengalami peningkatan tinggi dan hanya 2 peserta tergolong rendah; serta temuan kualitatif dari wawancara mendalam yang menunjukkan bahwa peserta didik merasakan manfaat nyata dari penerapan PjBL dalam memahami materi, bekerja sama dalam kelompok, dan menyelesaikan masalah kontekstual secara aktif. Dengan demikian, PjBL terbukti efektif dalam memberikan pengalaman belajar yang bermakna dan kontekstual sekaligus meningkatkan keterampilan kolaborasi dan capaian belajar peserta didik.

Daftar Pustaka

- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. Holt, Rinehart and Winston.
- Barron, B., & Darling-hammond, L. (2008). *Teaching for Meaningful Learning a Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning*. George Lucas Educational Foundation.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Dede, C. (2010). *Comparing Frameworks for 21st century skills*. IN: Solution Tree Press.
- Hake, R. (1999). *Analyzing Change/Gain Scores*. Indiana University.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
- Holm, M. (2011). Project-Based Instruction: A Review of the Literature on Effectiveness in Prekindergarten through 12th Grade Classrooms. *River Academic Journal*, 7(2), 1–13.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365–379.
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). *Project-Based Learning*. Cambridge University Press.
- Langerman, N. (2020). Hazardous waste mismanagement causes injuries and spill. *ACS Chemical Health & Safety*, 28–33.
- Melzer dalam Syahfitri, A. (2008). *Peningkatan Hasil Belajar Siswa melalui Model Pembelajaran Kooperatif*.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook* (2nd ed.). Sage Publication.
- Nascimento, E. S., & Tenuta Filho, A. (2014). Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 50(3), 395–403.
- Santyasa, I. W. (2007). *Model Pembelajaran Konstruktivistik dalam Pendidikan Sains*. Undiksha Press.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006). Knowledge Building: Theory, Pedagogy, and Technology. *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, 97–118.
- Sukardi. (2009). *Metodologi Penelitian Pendidikan: Kompetensi dan Praktiknya*. Bumi Aksara.
- Tomlinson, C. A. (2017). *How to Differentiate Instruction in Academically Diverse Classrooms* (3rd ed.). ASCD.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. Jossey-Bass.