ANALISIS KELAYAKAN E-LKPD BERBASIS COLLABORATIVE LEARNING PADA MATERI DAUR BIOGEOKIMIA DALAM MELATIH KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK

Sa'adatud Daroini Rahmania[1], Winarsih[2]
[1,2]Pendidikan Biologi,FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
[1]saadatuddaroini.22038@mhs.unesa.ac.id, [2] winarsih@unesa.ac.id,

ABSTRACT

This study aims to analyze the feasibility of Collaborative Learning-based E-LKPD in the biogeochemical cycle sub-material in training the critical thinking skills of class X students of SMA Negeri 8 Surabaya, reviewed from the aspects of validity, practicality, and effectiveness. This study uses a descriptive method with a quantitative approach in research and development design. The research subjects consisted of 20 students of class X. Data collection techniques were carried out through expert validation sheets, observation sheets on learning implementation, student response questionnaires, and critical thinking ability tests (pretest-posttest) which included six indicators, namely interpretation, analysis, inference, explanation, evaluation, and self-regulation. The data was analyzed descriptively in the form of percentages categorized based on interpretation criteria. The results of the study showed that E-LKPD was declared very valid with an average score of 97.92%, very practical with a learning implementation percentage of 97.75% and student response of 98%, and effective in training students' critical thinking skills, as shown by the increase in the achievement of critical thinking indicators from 71.46% (pretest, fairly good category) to 93.13% (posttest, the category is very good), with all 20 students declared complete in the posttest. Thus, Collaborative Learning-based E-LKPD on the biogeochemical cycle sub-material is declared feasible to train students' critical thinking skills.

Keywords: *Collaborative Learning, Critical Thinking, Biogeochemical Cycle.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan E-LKPD berbasis *Collaborative Learning* pada sub materi daur biogeokimia dalam melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas X SMA Negeri 8 Surabaya, ditinjau dari aspek validitas, kepraktisan, dan keefektifan. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dalam desain penelitian pengembangan (*Research and Development*). Subjek penelitian terdiri atas 20 peserta didik kelas X. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui lembar validasi ahli, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, angket respons peserta didik, serta tes kemampuan berpikir kritis (*pretest-posttest*) yang mencakup enam indikator, yaitu interpretasi, analisis, inferensi, eksplanasi, evaluasi, dan regulasi diri. Data dianalisis secara deskriptif dalam bentuk persentase yang dikategorikan berdasarkan kriteria interpretasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-LKPD dinyatakan sangat valid dengan rata-rata skor 97,92%, sangat praktis dengan persentase keterlaksanaan pembelajaran sebesar 97,75% dan respons peserta didik sebesar 98%, serta efektif dalam melatih kemampuan berpikir kritis peserta

didik, ditunjukkan oleh peningkatan ketercapaian indikator berpikir kritis dari 71,46% (*pretest*, kategori cukup baik) menjadi 93,13% (*posttest*, kategori sangat baik), dengan seluruh 20 peserta didik dinyatakan tuntas pada *posttest*. Dengan demikian, E-LKPD berbasis *Collaborative Learning* pada sub materi daur biogeokimia dinyatakan layak untuk melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Kata Kunci: *Collaborative Learning*, Berpikir Kritis, Daur Biogeokimia.

A. Pendahuluan

Pendidikan pada abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi *(higher order thinking skills)*, yang mencakup kemampuan berpikir kritis, kreatif, komunikatif, dan kolaboratif. *Partnership for 21st Century Skills* (P21) menetapkan bahwa berpikir kritis merupakan bagian integral dari empat kompetensi utama abad ke-21 yang dikenal sebagai 4C, yaitu *Critical Thinking, Communication, Collaboration,* dan *Creativity*, yang menjadi fondasi utama dalam membentuk karakter dan cara berpikir peserta didik dalam menghadapi tantangan zaman yang semakin kompleks. Berpikir kritis sendiri merupakan proses berpikir yang melibatkan kemampuan memproses informasi secara mendalam melalui aktivitas interpretasi, analisis, penarikan kesimpulan, evaluasi, dan penjelasan terhadap suatu masalah, sehingga berperan penting dalam membantu peserta didik mengambil keputusan secara rasional (Mustika Murti & Puspitawati, 2024).

Namun demikian, realitas menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik Indonesia masih tergolong rendah. Berdasarkan data *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2018, Indonesia menunjukkan lemahnya kemampuan peserta didik dalam melakukan analisis, interpretasi data, serta menarik kesimpulan dari fenomena ilmiah yang kompleks (Know & Do, 2018). Temuan ini menegaskan bahwa sistem pembelajaran di Indonesia belum sepenuhnya berhasil mendorong pengembangan keterampilan berpikir kritis secara optimal, termasuk dalam pembelajaran biologi.

Salah satu materi biologi yang menuntut kemampuan berpikir kritis adalah sub materi daur biogeokimia, yang membahas peredaran unsur seperti karbon, nitrogen, dan fosfor melalui interaksi komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem. Capaian

Pembelajaran (CP) Biologi Fase E menuntut peserta didik untuk menganalisis peran organisme, terutama dekomposer, dalam mengembalikan unsur hara melalui daur karbon, nitrogen, air, dan fosfor, serta mengevaluasi pengaruh aktivitas manusia terhadap keseimbangan daur tersebut. Karakteristik materi daur biogeokimia yang bersifat abstrak serta sulit disimulasikan secara nyata di kelas karena membutuhkan waktu lama dalam prosesnya (Diwaluthfi et al., 2017) menjadikan pemahaman terhadap materi ini menuntut lebih dari sekadar mengingat tahapan proses, melainkan menganalisis keterkaitan antarkomponen dan mengevaluasi dampak aktivitas manusia terhadap keseimbangan daur.

Berdasarkan tuntutan tersebut, pembelajaran perlu dirancang secara kolaboratif agar peserta didik dapat membangun pemahaman melalui diskusi, pertukaran argumentasi, serta analisis data secara bersama. Model *Collaborative Learning* dipilih karena memungkinkan terjadinya interaksi sosial yang mendorong konflik kognitif konstruktif, sehingga peserta didik terdorong mengembangkan kemampuan berpikir kritis secara lebih mendalam dibandingkan pembelajaran yang bersifat individual dan informatif. *Collaborative learning* memperkuat interaksi sosial dan menumbuhkan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses berpikir (Mustika Murti & Puspitawati, 2024), yang sangat relevan dalam pembelajaran konsep ekosistem yang menuntut pemahaman sistemik dan analitis.

Seiring kemajuan teknologi, Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) muncul sebagai media pembelajaran digital yang inovatif dan adaptif, dengan keunggulan pada aksesibilitas, interaktivitas, dan integrasi berbagai media seperti video, animasi, dan kuis digital. E-LKPD yang interaktif terbukti mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dan mendorong perkembangan kemampuan kognitif dan kritis mereka (Munika et al., 2022). Apabila dirancang sesuai prinsip *Collaborative Learning*, E-LKPD berpotensi memperkuat proses kolaboratif dalam pembelajaran biologi melalui diskusi kelompok, proyek bersama, dan umpan balik yang konstruktif.

Penelitian mengenai pengembangan E-LKPD berbasis pendekatan TPACK pada submateri

Animalia Vertebrata menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi dan pedagogi mampu melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik secara signifikan (Firmansyah & Ambarwati, 2025). Penelitian lain mengenai LKPD ekosistem berbasis *Collaborative Learning* menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran kolaboratif mampu meningkatkan rata-rata keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik pada kategori tinggi (Fauzi, 2025). Meski demikian, penggunaan E-LKPD berbasis kolaborasi di sekolah masih belum optimal; pelaksanaannya cenderung masih bersifat individual dan belum diarahkan untuk membangun kerja sama aktif antarpeserta didik (Zulinda et al., 2024). E-LKPD yang dirancang dengan pendekatan saintifik dan kolaboratif juga terbukti dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis secara signifikan (Ma'rufah Siti & Wisanti, 2023).

Permasalahan tersebut juga ditemukan pada hasil observasi awal di SMA Negeri 8 Surabaya, yang menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan pada materi daur biogeokimia masih berupa cetak, bersifat informatif berupa ringkasan materi dan latihan soal, serta belum berbentuk elektronik maupun mendorong aktivitas kolaboratif dan interaktif. Kondisi ini menunjukkan perlunya pengembangan E-LKPD berbasis *Collaborative Learning* yang kontekstual dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan E-LKPD berbasis *Collaborative Learning* pada sub materi daur biogeokimia dalam melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas X SMA Negeri 8 Surabaya, yang ditinjau dari tiga aspek, yaitu validitas berdasarkan penilaian ahli, kepraktisan berdasarkan keterlaksanaan pembelajaran dan respons peserta didik, serta keefektifan berdasarkan peningkatan ketercapaian indikator berpikir kritis melalui hasil *pretest* dan *posttest*

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dalam desain penelitian pengembangan (*Research and*

Development), yang bertujuan menghasilkan produk E-LKPD sekaligus mengukur dan mendeskripsikan kelayakannya, yang ditinjau dari tingkat kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan dalam melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik. Prosedur penelitian dilakukan melalui tahapan analisis kebutuhan dan kurikulum, perancangan produk E-LKPD, pengembangan dan validasi oleh ahli, revisi produk berdasarkan masukan validator, hingga uji coba terbatas di lapangan.

Penelitian pengembangan E-LKPD dilaksanakan di Universitas Negeri Surabaya, dengan uji coba produk secara terbatas di SMA Negeri 8 Surabaya pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Subjek penelitian adalah peserta didik kelas X sebanyak 20 orang yang telah mendapatkan materi ekosistem sub materi daur biogeokimia.

Data dikumpulkan melalui empat teknik. *Pertama*, lembar validasi ahli yang diisi oleh dua validator (dosen ahli materi dan dosen ahli pendidikan) menggunakan skala Likert 1–4 untuk menilai kelayakan aspek penyajian, isi, dan bahasa E-LKPD. *Kedua*, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran yang diisi oleh observer untuk merekam data faktual mengenai kepraktisan E-LKPD saat digunakan dalam pembelajaran. *Ketiga*, angket respons peserta didik berskala Guttman (Ya/Tidak) yang terdiri atas 25 pernyataan mencakup aspek penyajian, isi, dan bahasa untuk menjaring persepsi peserta didik terhadap kepraktisan dan daya tarik E-LKPD. *Keempat*, tes kemampuan berpikir kritis berupa *pretest* dan *posttest* yang disusun berdasarkan enam indikator berpikir kritis, yaitu interpretasi, analisis, inferensi, eksplanasi, evaluasi, dan regulasi diri, untuk mengukur efektivitas E-LKPD terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif kuantitatif dalam bentuk persentase, kemudian dikelompokkan berdasarkan kriteria interpretasi (skala 0–100%) yang diadaptasi dari Riduwan dan Sunarto (2013), dengan kategori mulai dari "Tidak Baik/Tidak Valid" hingga "Sangat Baik/Sangat Valid". Khusus untuk data keefektifan, hasil *pretest* dan *posttest* dibandingkan untuk melihat peningkatan ketercapaian pada masing-masing indikator berpikir kritis.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. validitas E-LKPD Berbasis *Collaborative Learning*

E-LKPD ditelaah oleh dua validator ahli, yaitu dosen ahli materi dan dosen ahli pendidikan, menggunakan lembar validasi berskala Likert 1–4 pada aspek isi, penyajian, dan bahasa. Hasil validasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Validasi E-LKPD

No	Aspek	Rata-rata (%)	Kategori
1.	Kesesuaian Isi	96,88	SV
2.	Penyajian	96,88	SV
3.	Kebahasaan	100	SV
	Rata-rata Keseluruhan	97,92	SV

Keterangan: V: Valid
SV: Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 1, ketiga aspek validasi memperoleh persentase di atas 96%, dengan skor tertinggi pada aspek bahasa (100%) dan skor yang sama pada aspek isi dan penyajian (96,88%). Rata-rata keseluruhan sebesar 97,92% menunjukkan bahwa E-LKPD berbasis *Collaborative Learning* telah memenuhi kriteria sangat valid dan layak untuk di uji cobakan pada tahap selanjutnya.

2. Kepraktisan E-LKPD Bebasis Collaborative Learning

Kepraktisan E-LKPD diperoleh dari hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran dan angket respons peserta didik, sebagaimana disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Tahap *Collaborative Learning*	Rata-rata (%)	Kategori
Enggagement	100	SB
Exploration	100	SB
Transformation	98,33	SB
Presentation	90	SB
Reflection	100	SB
Rata-rata Keseluruhan	97,75	SB

Keterangan: B: Baik
SB: Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 2, tahap *Engagement* dan *Reflection* memperoleh persentase tertinggi (100%), sedangkan tahap *Presentation* memperoleh persentation terendah (90%) di antara kelima tahap. Rata-rata keseluruhan sebesar 97,75% menunjukkan bahwa seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran menggunakan E-LKPD berbasis *Collaborative Learning* terlaksana dengan sangat baik.

Tabel 2 Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

No	Aspek	Rata-rata (%)	Kategori
1.	Kesesuaian dengan Model *Collaborative Learning*	99,29	SB
2.	Manfaat dan Kesesuaian Materi	98,75	SB
3.	Berpikir Kritis	98,33	SB
4.	Bahasa	96,67	SB
5.	Penyajian	95	
	Rata-rata Keseluruhan	98	SB

Keterangan: B: Baik
SB: Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 3, aspek kesesuaian dengan model *Collaborative Learning* memperoleh persentase tertinggi (99,29%), sedangkan aspek penyajian memperoleh persentase terendah (95%) di antara kelima aspek yang dinilai. Rata-rata keseluruhan sebesar 98% menunjukkan bahwa peserta didik memberikan respons yang sangat positif terhadap penggunaan E-LKPD dalam pembelajaran.

3. Efektivitas E-LKPD terhadap Kemampuan Bepikir Kritis Peserta Didik

Efektivitas E-LKPD diukur berdasarkan ketercapaian kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui *pretest* dan *posttest*. Hasil *pretest* menunjukkan bahwa hanya 2 dari 20 peserta didik dinyatakan tuntas, dengan rata-rata nilai sebesar 58,35, sedangkan hasil *posttest* menunjukkan bahwa seluruh 20 peserta didik (100%) dinyatakan tuntas, dengan rata-rata nilai sebesar 91,95. Ketercapaian tiap indikator berpikir kritis disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Ketercapaian Indikator Kemampuan Bepikir Kritis

No	Indikator	Pre-test (%)	Kategori	Post-test (%)	Kategori
1	Interpretasi	100	SB	100	SB
2	Inferensi	75,63	B	98,75	SB
3	Analisis	73,13	CB	97,50	SB
4	Eksplanasi	39,38	TB	88,13	SB
5	Evaluasi	80	B	85	B
6	Regulasi Diri	60,63	KB	89,38	SB
Rata-rata Keseluruhan		71,46	CB	93,13	SB

Keterangan: TB: Tidak Baik
CB: Cukup Baik
B: Baik
SB: Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 4, indikator interpretasi telah mencapai kategori sangat baik sejak *pretest* dan tidak mengalami perubahan pada *posttest* (tetap 100%), sedangkan indikator eksplanasi mengalami peningkatan paling besar (48,75 poin), dari kategori

tidak baik menjadi sangat baik. Sebaliknya, indikator evaluasi mengalami peningkatan paling kecil (5 poin), meskipun tetap berada pada kategori baik pada kedua tes. Secara keseluruhan, rata-rata ketercapaian indikator berpikir kritis meningkat dari 71,46% (kategori cukup baik) menjadi 93,13% (kategori sangat baik), dengan seluruh peserta didik dinyatakan tuntas pada *posttest*.

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 1 hingga Tabel 4, dapat dikatakan bahwa E-LKPD berbasis *Collaborative Learning* pada sub materi daur biogeokimia dinyatakan layak digunakan untuk melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik, ditinjau dari ketiga aspek kelayakan, yaitu validitas, kepraktisan, dan keefektifan. Hasil validasi ahli yang mencapai rata-rata 97,92% dengan kategori sangat valid, dengan skor tertinggi pada aspek bahasa (100%), menunjukkan bahwa istilah dan kaidah bahasa yang digunakan telah sesuai dan mudah dipahami peserta didik kelas X SMA, sedangkan skor tinggi pada aspek isi dan penyajian menunjukkan bahwa materi daur biogeokimia beserta rangkaian aktivitas kolaboratif yang disajikan telah sesuai dengan Capaian Pembelajaran Fase E dan indikator berpikir kritis yang hendak dilatihkan. Hasil ini menjadi dasar kelayakan pertama yang menunjukkan bahwa E-LKPD layak digunakan sebelum diujicobakan di lapangan.

Kelayakan kedua ditunjukkan oleh tingginya kepraktisan E-LKPD, baik dari sisi keterlaksanaan pembelajaran (97,75%) maupun respons peserta didik (98%). Tingginya keterlaksanaan pada tahap *Engagement* dan *Reflection* (100%) mengindikasikan bahwa E-LKPD mudah digunakan sejak awal pembelajaran hingga tahap refleksi akhir, sementara skor tertinggi pada aspek respons peserta didik justru berada pada aspek kesesuaian dengan model *Collaborative Learning* (99,29%), yang menunjukkan bahwa peserta didik merasakan langsung manfaat pembagian peran kelompok, diskusi, eksplorasi konsep, hingga presentasi hasil proyek secara berkelompok (Balqist, 2019).

Hasil respons yang sangat positif ini konsisten dengan temuan Fauzi & W. (2025) pada LKPD ekosistem berbasis *Collaborative Learning*, yang juga melaporkan

respons peserta didik pada kategori sangat baik dengan persentase yang berdekatan, yaitu sebesar 97,80%, sehingga memperkuat indikasi bahwa model pembelajaran kolaboratif secara konsisten diterima secara positif oleh peserta didik SMA pada berbagai submateri biologi. Kepraktisan yang tinggi pada kedua data ini turut mendukung optimalnya proses pembelajaran yang berlangsung, sehingga E-LKPD dapat digunakan secara maksimal untuk melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Kelayakan ketiga, yaitu keefektifan, ditunjukkan oleh hasil pada Tabel 4 yang menunjukkan peningkatan signifikan dari rata-rata 71,46% (kategori cukup baik) pada *pretest* menjadi 93,13% (kategori sangat baik) pada *posttest*, dengan seluruh peserta didik dinyatakan tuntas. Indikator interpretasi yang telah tinggi sejak *pretest* dapat dipahami karena interpretasi merupakan indikator paling dasar yang menuntut pemahaman sederhana terhadap suatu permasalahan (Ramadhanti & Agustini, 2021), sedangkan stimulus kontekstual berupa pencemaran sampah organik yang disajikan di awal E-LKPD bersifat konkret dan dekat dengan pengalaman peserta didik sehari-hari.

Peningkatan pada indikator inferensi dan analisis menunjukkan bahwa kegiatan diskusi kelompok pada tahap *Exploration* dan *Transformation* efektif melatih peserta didik menghubungkan fenomena nyata dengan konsep daur biogeokimia serta menganalisis hasil pengamatan proses pengomposan. Peningkatan pada kedua indikator ini sejalan dengan prinsip *Collaborative Learning* yang menekankan interaksi sosial sebagai sarana memicu konflik kognitif konstruktif, sehingga peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, melainkan aktif menyusun dan menguji pemahamannya melalui diskusi dan pertukaran argumentasi dengan anggota kelompok (Irwandani, 2025).

Peningkatan paling besar pada indikator eksplanasi mengindikasikan bahwa sebelum menggunakan E-LKPD, peserta didik masih kesulitan menjelaskan proses daur biogeokimia secara ilmiah dan sistematis, mengingat proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dekomposer bersifat kompleks dan tidak dapat diamati secara langsung

(Diwaluthfi et al., 2017). Rangkaian aktivitas E-LKPD mulai dari membaca artikel ilmiah, menyaksikan video pembelajaran, hingga praktik pengomposan secara langsung selama delapan belas hari terbukti efektif membantu peserta didik memahami dan menjelaskan proses tersebut secara lebih sistematis. Sebaliknya, kecilnya peningkatan pada indikator evaluasi menunjukkan bahwa keterampilan menilai kredibilitas argumen atau membandingkan efektivitas suatu solusi, seperti kompos dibanding pupuk kimia, merupakan keterampilan berpikir kritis tingkat tinggi yang memerlukan latihan lebih intensif dibanding indikator lainnya (Syarifah et al., 2025).

Hal ini turut memperkuat pandangan bahwa keenam indikator berpikir kritis tidak berkembang secara seragam, melainkan bergantung pada tingkat kompleksitas kognitif serta jenis stimulus dan aktivitas yang disediakan pada tiap tahap pembelajaran. Adapun peningkatan yang cukup besar pada indikator regulasi diri menunjukkan bahwa kegiatan refleksi pada tahap akhir pembelajaran efektif melatih peserta didik memantau dan mengevaluasi proses berpikirnya sendiri (Alfiah *et al.,* 2018).

Secara keseluruhan, ketiga data pada Tabel 1 hingga Tabel 4 saling memperkuat satu sama lain: E-LKPD yang dirancang secara valid dan dilaksanakan secara praktis mampu memberikan pengalaman belajar kolaboratif yang nyata melalui proyek pembuatan pupuk kompos, sehingga peserta didik tidak hanya memahami daur biogeokimia sebagai konsep abstrak, tetapi juga sebagai proses yang dapat diamati, dianalisis, dan dievaluasi secara langsung (Ningsih, 2024).

Pengalaman belajar yang demikian pada akhirnya berkontribusi nyata terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada sub materi daur biogeokimia. Meskipun demikian, penelitian ini masih menggunakan desain *one-group pretest-posttest* tanpa kelompok kontrol, sehingga peningkatan yang teramati belum dapat dipastikan murni berasal dari penggunaan E-LKPD tanpa pengaruh faktor lain, seperti pengalaman belajar sebelumnya atau proses pematangan kognitif peserta didik. Oleh karena itu, disarankan penelitian selanjutnya turut menyertakan kelompok kontrol

untuk memperkuat validitas kesimpulan mengenai efektivitas E-LKPD berbasis *Collaborative Learning* ini secara lebih meyakinkan.

D. Kesimpulan

E-LKPD berbasis Collaborative Learning pada sub materi daur biogeokimia dinyatakan layak melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas X SMA Negeri 8 Surabaya, ditinjau dari validitas, kepraktisan, dan keefektifan. E-LKPD sangat valid (97,92%) serta sangat praktis, dengan keterlaksanaan pembelajaran 97,75% dan respons peserta didik 98%, yang mendukung optimalnya pelaksanaan pembelajaran.

Efektivitas E-LKPD ditunjukkan oleh peningkatan ketercapaian indikator berpikir kritis dari 71,46% (cukup baik) saat pretest menjadi 93,13% (sangat baik) saat posttest, dengan seluruh peserta didik tuntas. Peningkatan konsisten terjadi pada keenam indikator, meskipun indikator evaluasi meningkat paling kecil sehingga memerlukan perhatian dan alokasi waktu lebih panjang pada penerapan berikutnya. Dengan demikian, E-LKPD berbasis Collaborative Learning terbukti efektif untuk melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi daur biogeokimia.

DAFTAR PUSTAKA

Alfiah, A. N., Putra, N. M. D., & Subali, B. (2018). Media scrapbook sebagai jurnal refleksi untuk meningkatkan kemampuan kognitif dan regulasi diri. *JP (Jurnal Pendidikan): Teori Dan Praktik*, *3*(1), 57-67.

Balqist, A. (2019). Penggunaan Model Discovery Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Dan Berpikir Tingkat Tinggi Peserta Didik.

Diwaluthfi, H., Ibrahim, M., & Fitrihidajati, H. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Biopuzzle Pada Pembelajaran Biologi Materi Daur Nitrogen Kelas X Mipa SMA/MA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 6(1), 21–30.

Fauzi, N. F., & W. (2025). Efektivitas Lkpd Ekosistem Collaborative Learning Terhadap Keterampilan Kolaborasi Dan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas X. *Jurnal Inovasi Pendidikan Biologi*, 6(1), 65–74. https://doi.org/10.26740/jipb.v6n1.p65-74

Firmansyah, M. E., & Ambarwati, R. (2025). Pengembangan E-LKPD Berbasis Pendekatan TPACK Submateri Kritis Pada Peserta Didik Kelas X SMA. *(Development of E-LKPD Based on The TPACK Approach to Vertebrate Animal Sub Materials to Practice Critical*

Thinking Skills in Class X High School Students), 14(2), 414–428.

Irwandani, I. (2025). Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif untuk Membangun Keterampilan Abad 21 Calon Guru IPA dalam Konteks Isu Sosiosaintifik. (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Lampung).

Know, W. S., & Do, C. A. N. (2018). *PISA: Vol. I.*

Ma'rufah Siti, & Wisanti. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik-Elektronik (E-LKPD) Lumut Berbasis Pendekatan Saintifik Untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *BioEdu*, 12(1), 1–15.

Munika, R. D., Marsitin, R., Sesanti, N. R., & Matematika, P. (2022). E-LKPD Berbasis Problem Based Learning Disertai Kuis Interaktif Matematika untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. 4(November 2021), 201–214.

Mustika Murti, S. A., & Puspitawati, R. P. (2024). Validitas E-LKPD Interaktif Berbasis Collaborative Learning pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi*, 5(1), 22–32. https://doi.org/10.26740/jipb.v5n1.p22-32

Ningsih, D. (2024). *Pengembangan E-LKPD Berbasis PjBL Pembuatan Pupuk Kompos pada Materi Kimia Hijau Berorientasi Kreativitas Peserta Didik* (Doctoral dissertation, Universitas Jambi).

Ramadhanti, A., & Agustini, R. (2021). Analisis keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui model inkuiri terbimbing pada materi laju reaksi. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian dan Kajian Kepustakaan di Bidang Pendidikan, Pengajaran, dan Pembelajaran*, *7*(2), 385-394.

Riduwan & Sunarto. (2013). *Pengantar Statistika untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi, Komunikasi, dan Bisnis*. Bandung: Alfabeta.

Syarifah, S., Natibah, S., Hamzah, R., & Najamuddin, D. (2025). Model Evaluasi Autentik Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Celebes Journal of Elementary Education*, *3*(2), 173-178.

Zulinda, R., Amelia, R., Matematika, F., Alam, P., & Surabaya, U. N. (2024). Pengembangan E-LKPD Liveworksheet Berbasis Inkuiri Terbimbing Pada Materi Virus untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMA. 13(3).