

## EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN *PROJECT BASED LEARNING* BERBASIS STEAM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS DAN KETERAMPILAN PROSES PADA MATERI PERUBAHAN LINGKUNGAN

Nurjanah<sup>1\*</sup>, Eling Purwantoyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Semarang  
Jl. Raya Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229.

\*Email: [nzjanah129@gmail.com](mailto:nzjanah129@gmail.com)

### Abstrak

Kegiatan pembelajaran di SMA Islam Al-Azhar 14 Semarang masih terbatas melalui metode ceramah, diskusi dan praktikum yang masih berpusat pada guru (*teacher centered learning*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas model pembelajaran *Project Based Learning* berbasis STEAM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses siswa pada materi perubahan lingkungan. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara, tes, dan observasi. Jenis penelitian ini adalah *Quasi Experiment Design* dengan rancangan *Non-Equivalent Control Group Design*. Penelitian dilaksanakan di SMA Islam Al-Azhar 14 Semarang dengan populasi penelitian kelas X. Teknik pengambilan sampel berupa *purposive sampling* dengan sampel kelas X IPA 1 sebagai kelas eksperimen dan kelas X IPA 4 sebagai kelas kontrol. Berdasarkan hasil uji Wilcoxon kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses memperoleh nilai Sig. (2-tailed) 0,000. Hasil uji hipotesis Mann-Whitney kemampuan berpikir kritis mendapat nilai Sig. (2-tailed) 0,034 sedangkan untuk keterampilan proses memperoleh nilai Sig. (2-tailed) 0,005. Hasil Uji N-Gain kelas eksperimen diperoleh nilai 0,60 termasuk dalam kategori sedang dan kelas kontrol 0,40 termasuk dalam kategori sedang. Nilai ketuntasan kelas eksperimen diperoleh 95,83% dan kelas kontrol 87,50%. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *Project Based Learning* berbasis STEAM efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses siswa pada materi perubahan lingkungan.

**Kata kunci:** Kemampuan Berpikir Kritis, Keterampilan Proses, Model Pembelajaran, *Project Based Learning*.

### PENDAHULUAN

Pembelajaran di abad ke 21 memiliki tujuan untuk mengembangkan kemampuan intelektual siswa agar dapat memecahkan masalah di lingkungan sekitarnya. Pengembangan keterampilan abad 21 dalam proses pembelajaran diharapkan dapat menjadikan siswa memiliki keterampilan untuk menghadapi tantangan dan peluang dalam era kemajuan teknologi dan informasi. Zubaidah (2019) mengemukakan bahwa keterampilan abad ke-21 yaitu terdiri dari keterampilan berpikir kritis (*critical thinking*), kolaborasi (*collaboration*), komunikasi (*communication*) dan kreativitas (*creativity*) yang dikenal dengan 4C. Keterampilan 4C sangat mungkin untuk dikembangkan dalam pendidikan. Oleh karena itu, dunia pendidikan harus mampu memberikan pembelajaran yang dapat mengembangkan keterampilan abad 21 tersebut. Maka dengan itu model pembelajaran abad ke 21 sangat penting untuk diterapkan pada proses pembelajaran.

Perubahan lingkungan merupakan salah satu materi yang dinamis dikarenakan kondisi lingkungan yang terus berubah seiring berkembangnya zaman. Materi perubahan lingkungan secara garis besar membahas tentang analisis penyebab, serta dampak dari perubahan lingkungan dan dapat mengajukan gagasan tentang pemecahan masalah perubahan lingkungan sesuai konteks permasalahan lingkungan di masyarakat. Materi perubahan lingkungan merupakan salah satu materi pada mata pelajaran biologi yang berpotensi mengakomodasi kegiatan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses siswa. Usaha guna mencapai indikator kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses pada materi perubahan lingkungan yaitu dengan

menerapkan model pembelajaran yang efektif untuk memecahkan masalah dan memahami konsep materi.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan guru biologi SMA Islam Al-Azhar 14 Semarang, guru menyampaikan beberapa kendala dalam pembelajaran materi perubahan lingkungan yaitu 1) kurangnya penggunaan model pembelajaran yang kreatif dan inovatif untuk membangkitkan minat dan semangat belajar siswa, 2) guru masih belum eksplisit ketika menerapkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses dalam kegiatan pembelajaran, 3) siswa kesulitan mengerjakan soal berbasis masalah yang menuntut siswa berpikir kritis, dan 4) siswa cenderung pasif dalam mengikuti proses pembelajaran. Nilai KKM yang digunakan yaitu 78 dan tingkat ketuntasan yang diperoleh adalah 60% dari jumlah siswa di dalam satu kelas.

Upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu diterapkan kegiatan pembelajaran yang memberikan pengalaman bermakna dan dapat melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses siswa pada materi perubahan lingkungan. Salah satu model pembelajaran yang dapat diterapkan pembelajaran adalah PjBL (*Project Based Learning*) berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*) (Fitriyah & Ramadani, 2021). PjBL berbasis STEAM merupakan model pembelajaran yang ideal untuk memenuhi tujuan pendidikan abad ke-21 karena melibatkan keterampilan 4C yaitu berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan kreativitas. *Project Based Learning* (PjBL) adalah model pembelajaran yang berorientasi pada siswa agar dapat belajar mandiri dengan memecahkan suatu permasalahan dimana dalam proses pembelajaran siswa melakukan proyek secara kolaboratif dan akhirnya menghasilkan suatu produk (Ningsih dkk., 2021).

Pendekatan STEAM merupakan multi disiplin ilmu yang berkembang dari pendekatan STEM dengan menambahkan unsur *Art* dalam pembelajarannya (Mu'minah & Suryaningsih, 2020). Penambahan unsur *Art* bertujuan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan berpikir kreatif siswa (Chung dkk., 2020). STEAM merupakan pendekatan pembelajaran yang memberikan siswa kesempatan untuk memperluas pengetahuan dalam sains dan humaniora serta pada saat yang sama mengembangkan keterampilan yang dibutuhkan untuk berkembang di abad ke 21 ini, seperti keterampilan komunikasi, kemampuan berpikir kritis, kepemimpinan, kerja tim, kreativitas, ketangguhan, dan keterampilan lainnya (Zubaidah, 2019).

Melalui integrasi model PjBL dengan STEAM maka diharapkan dapat memberikan kesempatan kepada siswa untuk menggali ide, mengembangkan produk, dan meningkatkan keterampilan merancang, sehingga lebih optimal dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses (Windasari dkk., 2020). Dengan demikian, Pembelajaran PjBL-STEAM sangat ideal dalam mewujudkan tujuan pendidikan abad ke-21 karena bersifat kontekstual sehingga dapat memberdayakan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses siswa (Fitriyah & Ramadani, 2021). Penerapan model pembelajaran PjBL-STEAM disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai dalam kegiatan menganalisis terjadinya perubahan lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem dengan membuat sebuah proyek daur ulang limbah.

## **METODE**

Penelitian dilakukan di SMA Al-Azhar 14 Semarang pada bulan April-Mei 2023. Metode penelitian yang digunakan adalah *Quasi Experiment Design*. Jenis penelitian ini menggunakan dua kelas yang akan dibandingkan yaitu satu kelas kontrol dan satu kelas eksperimen. Sampel pada penelitian ini adalah 2 kelas X MIPA di SMA Al-Azhar 14 Semarang yaitu kelas X MIPA 1 sebagai kelas eksperimen dan X MIPA 4 sebagai kelas kontrol. Pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling* sesuai saran dari guru karena adanya pertimbangan kemampuan siswa yang sama. Pada kelas kontrol, pembelajaran dilakukan dengan metode ceramah sedangkan untuk kelas eksperimen model pembelajaran yang digunakan adalah *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEAM.

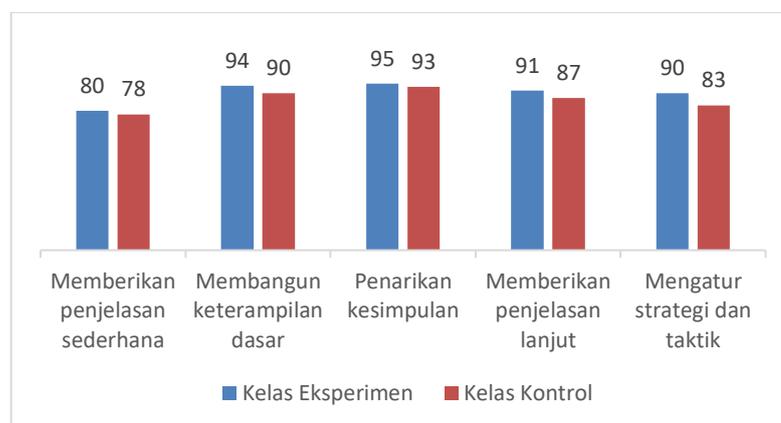
Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah wawancara, instrumen tes berupa *pretest* dan *posttest*, observasi, serta dokumentasi. Wawancara dilakukan untuk mengetahui permasalahan dan potensi yang mendasari penelitian. Instrumen tes berupa 30 soal pilihan ganda yang digunakan untuk mengambil data kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses siswa serta untuk menganalisis nilai ketuntasan klasikal. Lembar penilaian observasi pada penelitian ini digunakan untuk mengukur keterampilan proses siswa melalui penilaian kinerja, penilaian produk dan penilaian laporan proyek. Pada penelitian ini menggunakan angket untuk mengukur respon siswa dan guru mengenai penerapan model pembelajaran PjBl dengan pendekatan STEAM pada materi perubahan lingkungan. Dokumentasi pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil gambar dalam setiap kegiatan penelitian di kelas. Teknik analisis data melalui uji prasyarat dan uji hipotesis dengan menggunakan bantuan program IBM SPSS *Statistics* 25. Uji prasyarat menggunakan uji normalitas dan uji homogenitas sedangkan uji nonparametrik yang digunakan yaitu uji Wilcoxon dan uji Mann-Whitney. Kemudian Uji *N-Gain* berfungsi untuk menganalisis peningkatan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses siswa setelah pembelajaran.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kemampuan Berpikir Kritis

Berpikir kritis merupakan suatu aspek kognitif yang berfungsi untuk mengidentifikasi suatu masalah sehingga dapat menemukan suatu solusi dan menghasilkan sebuah keputusan atau pertimbangan yang diolah secara logis dalam memecahkan suatu masalah tersebut (Khoiriyah, 2018). Cara untuk mengetahui siswa memiliki kemampuan berpikir kritis atau tidak dapat dilihat berdasarkan indikator berpikir kritis. Menurut Ennis (2011) kemampuan berpikir kritis memiliki lima indikator yaitu (1) memberikan penjelasan sederhana, (2) menentukan keterampilan dasar, (3) menarik kesimpulan, (4) memberikan penjelasan lanjut, (5) mengatur strategi dan taktik.

Hasil analisis persentase tiap indikator berpikir kritis menunjukkan kategori sangat tinggi dan tinggi. Kelas eksperimen memperoleh persentase yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol pada setiap indikator berpikir kritis. Data analisis perolehan tiap indikator kemampuan berpikir kritis disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Perolehan Persentase Setiap Indikator Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

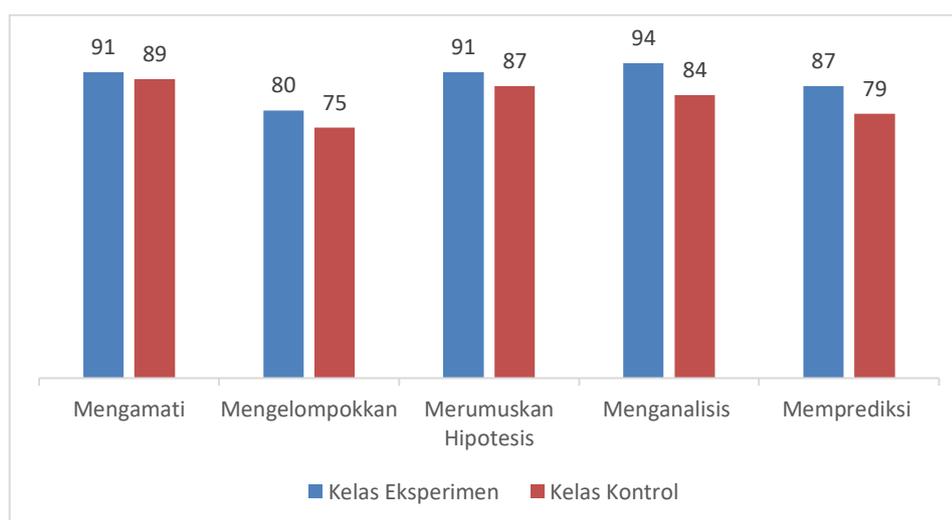
Kemudian data berpikir kritis juga dianalisis dengan uji *N-Gain* yang menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada kelas eksperimen yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Kelas eksperimen memperoleh rata-rata nilai *N-Gain* sebesar 0,6 (Sedang) sedangkan

kelas kontrol mendapatkan nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,4 (Sedang). Selisih nilai *N-gain* pada variabel kemampuan berpikir kritis di kelas eksperimen dan kelas kontrol sebesar 0,2.

Selanjutnya data kemampuan berpikir kritis diuji dengan SPSS untuk membandingkan hasil *pretest-posttest* dan mengetahui perbedaan hasil *posttest* kelas eksperimen dan kelas kontrol. Berdasarkan hasil uji Wilcoxon menunjukkan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* atau taraf kesalahan yang diperoleh bernilai 0,000 atau  $< 0,05$ , maka  $H_a$  diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen. Pada kelas kontrol memperoleh *Asymp. Sig. (2-tailed)* 0,000 atau  $< 0,05$ , maka  $H_a$  diterima yang artinya terdapat perbedaan hasil *pretest* dan *posttest* pada kelas kontrol. Berdasarkan hasil uji hipotesis Mann-Whitney menunjukkan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* atau taraf kesalahan yang diperoleh bernilai 0,034 atau  $< 0,05$ , maka  $H_a$  diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata nilai *posttest* pada kelas eksperimen dan nilai *posttest* pada kelas kontrol. Hasil uji Wilcoxon dan uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa model pembelajaran PjBL-STEAM pada materi perubahan lingkungan efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

### Keterampilan Proses Siswa

Keterampilan proses dapat diartikan sebagai wawasan atau panutan pengembangan keterampilan-keterampilan intelektual, sosial, dan fisik yang bersumber dari kemampuan-kemampuan mendasar yang pada prinsipnya telah ada dalam diri siswa (Kriswanto dkk., 2021). Indikator keterampilan proses yaitu mengobservasi, memprediksi, mengklasifikasi, menginterpretasi, mengajukan pertanyaan, mengajukan hipotesis, merencanakan percobaan, menggunakan alat dan bahan, menerapkan konsep dan berkomunikasi (Rustam, 2005). Hasil analisis persentase tiap indikator keterampilan proses menunjukkan jika kelas eksperimen memperoleh persentase yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol pada setiap indikator keterampilan proses. Data analisis perolehan tiap indikator keterampilan proses disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Perolehan Persentase Setiap Indikator Keterampilan Proses Siswa pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Analisis data keterampilan proses juga diukur dengan Uji *N-gain* yang berfungsi untuk menganalisis peningkatan keterampilan proses siswa saat sebelum dan setelah diberi perlakuan. Berdasarkan hasil uji *N-Gain* menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Kelas eksperimen memperoleh rata-rata nilai *N-Gain* sebesar 0,6 dengan kriteria sedang sedangkan kelas kontrol mendapatkan nilai rata-rata *N-Gain*

sebesar 0,4 dengan kriteria sedang. Selisih nilai *N-gain* pada variabel keterampilan proses kelas eksperimen dan kelas kontrol sebesar 0,2.

Data keterampilan proses diperoleh dari penilaian laporan hasil observasi siswa. Pada kelas eksperimen, siswa dibagi menjadi 4 kelompok. Setiap kelompok diminta untuk membuat produk daur ulang limbah kemudian menyusun laporan hasil observasi. Penilaian yang dilakukan terdiri dari penilaian kinerja, penilaian produk daur ulang limbah, dan penilaian laporan proyek. Analisis data dilakukan dengan menghitung rata-rata jumlah skor keseluruhan berdasarkan nilai yang didapatkan setiap kelompok. Kelompok 1 dan kelompok 2 memperoleh nilai 93 dengan kategori keterampilan proses yang sangat baik. kemudian kelompok 3 mendapat nilai 80 dengan kategori baik dan kelompok 4 memperoleh nilai 77 dengan kategori baik.

Berdasarkan hasil uji hipotesis Wilcoxon menunjukkan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* atau taraf kesalahan yang diperoleh bernilai 0,000 atau  $< 0,05$ , maka  $H_a$  diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen. Pada kelas kontrol memperoleh *Asymp. Sig. (2-tailed)* 0,000 atau  $< 0,05$ , maka  $H_a$  diterima yang artinya terdapat perbedaan hasil *pretest* dan *posttest* pada kelas kontrol. Berdasarkan hasil uji hipotesis Mann-Whitney menunjukkan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* atau taraf kesalahan yang diperoleh bernilai 0,005 atau  $< 0,05$ , maka  $H_a$  diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata nilai *posttest* pada kelas eksperimen dan nilai *posttest* pada kelas kontrol. Hasil uji Wilcoxon dan uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa model pembelajaran PjBL-STEAM pada materi perubahan lingkungan dapat meningkatkan keterampilan proses siswa.

Terdapat lima langkah dalam model pembelajaran PjBL-STEAM yaitu tahap memberikan pertanyaan mendasar, menyusun perencanaan proyek, menyusun jadwal proyek, memantau kemajuan proyek, menilai hasil dan evaluasi. Langkah awal dalam pembelajaran PjBL-STEAM yaitu memberikan pertanyaan mendasar yang dapat memberi penugasan kepada siswa dalam menyelesaikan permasalahan dan melakukan suatu aktivitas. Menurut Rahmazatullaili, dkk. (2017) permasalahan yang digunakan dalam pembelajaran berbasis proyek harus berbentuk masalah kontekstual yang dapat melatih dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui cara mengeksplorasi serta mengemukakan ide-ide dalam memecahkan suatu permasalahan. Pada tahap ini melatih kemampuan berpikir kritis siswa khususnya pada indikator memberikan penjelasan sederhana dan penarikan kesimpulan. Indikator keterampilan proses yang dapat berkembang pada tahap ini yaitu kemampuan mengobservasi. Dimana siswa mengumpulkan fakta-fakta yang relevan dari sumber terpercaya mengenai permasalahan yang sedang dibahas.

Langkah kedua adalah menyusun perencanaan proyek yang akan dilaksanakan secara kolaboratif antara guru dan siswa. Kegiatan yang dilaksanakan adalah merancang proyek, pembagian tugas dalam kelompok, mengumpulkan sumber belajar, dan menentukan strategi pelaksanaan proyek. Perencanaan ini melibatkan aturan-aturan dalam merancang proyek dan menjalankan aktivitas serta menentukan alat dan bahan yang mudah didapatkan untuk kebutuhan proyek. Dalam aktivitas ini dapat melatih kemampuan berpikir kritis terutama pada indikator memberikan penjelasan lebih lanjut dan menentukan strategi dan taktik. Pada saat menyusun perencanaan proyek sangat dibutuhkan kemampuan berpikir kritis untuk mengusulkan perubahan dan perbaikan guna memperoleh inovasi baru. Pada tahapan ini keterampilan proses yang terlibat adalah mengajukan hipotesis, menginterpretasi, dan memprediksi.

Pada langkah ketiga siswa dan guru menyusun jadwal secara kolaboratif tentang aktivitas dalam pembuatan proyek. Aktivitas dalam penyusunan jadwal ini berupa pembuatan *timeline* serta *deadline*. Pada tahap ini pula, guru membimbing siswa agar menggunakan cara yang tepat dalam penyelesaian proyek. Kemampuan berpikir kritis siswa juga akan sangat terasah pada tahap ini terutama pada indikator membangun keterampilan dasar dan menyusun strategi dan taktik. Hal ini

karena untuk menyusun jadwal harus menyesuaikan dengan estimasi penyelesaian proyek agar tepat waktu.

Selanjutnya pada langkah keempat yaitu guru memantau kemajuan siswa serta memfasilitasi siswa selama proses pembuatan proyek. Menurut Izzati (2014) pada tahap monitoring guru harus merekam seluruh aktivitas siswa saat pembuatan proyek. Hal ini dilakukan agar siswa lebih terbimbing dan terarah serta tepat saat melaksanakan proses pembuatan proyek. Pada pelaksanaan proyek, semua indikator berpikir kritis siswa dapat terasah karena untuk menyelesaikan proyek dibutuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Pada tahapan ini keterampilan proses yang terlibat adalah kemampuan mengobservasi, mengklasifikasi, mengajukan pertanyaan, menerapkan konsep dan menggunakan alat dan bahan.

Langkah kelima yaitu menguji dan menilai hasil dengan cara perwakilan setiap kelompok mempresentasikan hasil proyeknya di depan kelas. Pada tahap ini dapat menstimulus siswa untuk memunculkan keterampilan berpikir kritisnya. Dengan demikian, setiap siswa dapat memberikan hasil pemikiran yang berbeda-beda dalam memecahkan suatu masalah, karena siswa dituntut untuk berpikir kritis dalam menyajikan hasil proyeknya. Pada tahap ini indikator berpikir kritis yang berkembang adalah memberikan penjelasan lanjut mengenai hasil proyek yang telah dilaksanakan. Kemudian keterampilan proses siswa yang terlibat adalah menerapkan konsep dan berkomunikasi.

Langkah terakhir dalam pembelajaran PjBL-STEAM adalah kegiatan evaluasi. Pada tahap ini, guru dan siswa melakukan refleksi terhadap aktivitas dan hasil produk yang telah dibuat. Kegiatan evaluasi dapat membantu siswa mengembangkan sikap jujur karena nantinya siswa akan menyampaikan pengalamannya secara terbuka selama proses pembelajaran. Dengan demikian, pada tahap evaluasi ini siswa dituntut untuk berpikir kritis dalam menilai sisi positif dan negatif dari proyek yang telah dibuat. Hal ini sesuai dengan pendapat Anisa, dkk. (2018) bahwa penerapan PjBL-STEAM dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa dikarenakan pada tiap tahapan pembelajaran siswa membutuhkan kerja sama, komunikasi antar teman dan terampil dalam memecahkan masalah serta bertanggung jawab.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan, hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran PjBL-STEAM pada materi perubahan lingkungan efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses siswa. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil analisis presentase dan hasil uji N-Gain. Hasil uji Mann-Whitney juga menunjukkan adanya perbedaan kemampuan berpikir kritis yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, dkk. (2018). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Dengan Menggunakan Model Project Based Learning Berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts dan Mathematics*) Pada Materi Asam dan Basa di SMAN 11 Kota Jambi. *Journal of the Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 10, pp. 41-46.
- Chung, C., Huang, S., Cheng, Y., & Lou, S. (2020). Using an iSTEAM project-based learning model for technology senior high school students: Design, development, and evaluation. *In International Journal of Technology and Design Education* (Issue 0123456789). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09643-5>. DOI: 10.30829/tar.v25i2.365.
- Ennis, R. H. (2011). *The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Disposition and Abilities*. University of Illinois.
- Fitriyah, A. & Ramadani S. D. (2021). Pengaruh Pembelajaran STEAM Berbasis PjBL (*Project-Based Learning*) Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif dan Berpikir Kritis. *Jurnal Perspektif Mahasiswa*, 10, pp. 209-226.

- Izzati, N. (2014). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Mahasiswa. *EduMa*, 3, pp. 77-90.
- Khoiriyah, N. Abdurrahman. Wahyudi, I. (2018). Implementasi Pendekatan Pembelajaran STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Gelombang Bunyi. *JRKPF UAD*, 5, pp. 53-62.
- Kriswanto, Kartowagiran, B., & Rohaeti, E. (2021). A critical thinking assessment model integrated with science process skills on chemistry for senior high school. *European Journal of Educational Research*, 10, pp. 285–298.
- Mu'minah, I. H. & Suryaningsih, Y. (2020). Implementasi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) dalam Pembelajaran Abad 21 *Jurnal Bio Educatio*, 5, pp. 65-73
- Ningsih, M. Y., Efendi, N., & Sartika, S. B. (2021). Pengaruh Model *Project Based Learning* Terhadap Berpikir Kreatif Peserta Didik Dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains (Jips)*, 2, pp. 42–51.
- Rahmazatullaili, dkk. (2017). Kemampuan Berpikir Kreatif Dan Pemecahan Masalah Siswa Melalui Penerapan Model *Project Based Learning*. *Jurnal Tadris Matematika*, 10, pp.94-105.
- Rustaman, dkk. (2005). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Windasari, N. Yamtinah, S. & Susanti, E. (2020). Pengaruh Model Project Based Learning Terintegrasi STEAM (PjBL-STEAM) Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Pada Materi Asam dan Basa Kelas XI di SMA Negeri 3 Surakarta Tahun Pelajaran 2018/2019. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 9, pp. 49-57.
- Zubaidah, S. (2019). Memberdayakan Keterampilan Abad Ke-21 Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek. *Seminar Nasional*. FMIPA Universitas Negeri Malang.