

**EFEKTIVITAS MODEL *PROJECT BASED LEARNING*
BERBASIS PALUDARIUM UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN KOLABORASI DAN HASIL
BELAJAR PADA SUBMATERI SIKLUS
BIOGEOKIMIA SISWA KELAS X DI MAN 5 SLEMAN**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1**



Disusun oleh:

Azalia Azwa Ifana

22104070037

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2026



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1416/Un.02/DT/PP.00.9/05/2026

Tugas Akhir dengan judul : EFEKTIVITAS MODEL *PROJECT BASED LEARNING* BERBASIS PALUDARIUM
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN KOLABORASI DAN HASIL
BELAJAR PADA SUBMATERI SIKLUS BIOGEOKIMIA SISWA KELAS X DI MAN
5 SLEMAN

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AZALIA AZWA ILFANA
Nomor Induk Mahasiswa : 22104070037
Telah diujikan pada : Senin, 04 Mei 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Dr. Sulistiyawati, S.Pd.L., M.Si
SIGNED

Valid ID: 6a0faf5e7d12



Penguji I
Dian Noviar, S.Pd., M.Pd.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a0a9013a97e4



Penguji II
Erna Wulandari, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6a0aa290c22ff



Yogyakarta, 04 Mei 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.L., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a10014a2be54

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang tertanda tangan di bawah ini

Nama : Azalia Azwa Ilfana
NIM : 22104070037
Program Studi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul Efektivitas Model *Project Based Learning* Berbasis Paludarium untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Hasil Belajar pada Materi Siklus Biogeokimia Siswa Kelas X di MAN 5 Sleman merupakan hasil penelitian dan karya tulis pribadi. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dipertanggungjawabkan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 27 April 2026



Azalia Azwa Ilfana
NIM 22104070037

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Kalijaga

Di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr.wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara/i :

Nama : Azalia Azwa Ilfana

NIM : 22104070037

Judul Skripsi : Efektivitas Model Project Based Learning Berbasis Paludarium untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Hasil Belajar pada Materi Siklus Biogeokimia Siswa Kelas X di MAN 5 Sleman

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Biologi.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara/i tersebut di atas dapat segera di munaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 21 April 2026

Dosen Pembimbing

Dr. Sulistiyawati, S.Pd.I., M.Si
NIP. 19830308 200901 2 014

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Efektivitas Model Project Based Learning Berbasis Paludarium untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Hasil Belajar pada SubMateri Siklus Biogeokimia Siswa Kelas X di MAN 5 Sleman

Azalia Azwa Ilfana

22104070037

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui efektivitas model *project based learning* (PjBL) berbasis paludarium untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan hasil belajar siswa kelas X MAN 5 Sleman pada materi siklus biogeokimia. Metode yang digunakan adalah *Quasi Eksperiment* dengan desain *Non-Equivalent Control Group Design*. Sampel penelitian terdiri dari dua kelas yang dipilih secara purposive sampling berdasarkan karakteristik, jumlah, dan kemampuan siswa yaitu 32 siswa kelas X-A sebagai kelas eksperimen (PjBL berbasis paludarium) dan 31 siswa kelas X-B sebagai kontrol (*Direct Instruction*). Instrumen penelitian meliputi tes pilihan ganda untuk mengukur hasil belajar dan angket untuk mengukur keterampilan kolaborasi. Kedua instrumen dilakukan uji validitas dan reliabilitas sebelum digunakan. Analisis data menggunakan *software* Jamovi 2.7.6. Data keterampilan kolaborasi dianalisis secara statistik deskriptif dan *Independent Sample T-Test*. Analisis data hasil belajar yang dilakukan adalah statistik deskriptif, *N-Gain*, *Paired Sample T-Test* dan *Independent Sample T-Test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model PjBL berbasis paludarium cukup efektif meningkatkan keterampilan kolaborasi. Namun tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dari nilai Sig. (*2-tailed*) $p = 0,398 > \alpha 0,05$ sehingga H_0 diterima dan H_a ditolak. Penerapan model PjBL berbasis paludarium cukup efektif untuk meningkatkan hasil belajar siswa berdasarkan peningkatan hasil belajar dari *N-Gain score* kelas eksperimen (0,37) lebih tinggi dari nilai *N-Gain score* hasil belajar kelas kontrol (0,10). Namun tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dari hasil uji *Independent Sample T-Test* nilai Sig. (*2-tailed*) $p = <.001 > \alpha 0,05$ sehingga H_0 diterima dan H_a ditolak. Dengan demikian, model PjBL berkontribusi positif untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan hasil belajar pada submateri siklus biogeokimia siswa kelas X di MAN 5 Sleman.

Kata Kunci: Project Based Learning, Paludarium, Siklus Biogeokimia, Kolaborasi, Hasil Belajar

The Effectiveness of Paludarium-Based Project-Based Learning Model in Enhancing Collaboration Skills and Learning Outcomes on Biogeochemical Cycle SubMaterial for Grade X Students at MAN 5 Sleman

Azalia Azwa Ilfana

22104070037

Abstract

This study aims to determine the effectiveness of a paludarium-based project-based learning (PjBL) model in enhancing the collaboration skills and learning outcomes of 10th-grade students at MAN 5 Sleman on biogeochemical cycles material. The method used was a Quasi Experiment with a Non-Equivalent Control Group Design. The research sample consisted of two classes selected through purposive sampling based on student characteristic, number, and abilities, namely 32 students from Class X-A as the experimental group (paludarium-based PjBL) and 31 students from Class X-B as the control group (Direct Instruction). The research instruments included multiple-choice tests to measure learning outcomes and questionnaire to measure collaboration skills. Both instruments underwent validity and reliability testing before use. Data analysis was performed using Jamovi 2.7.6. Collaboration skill data were analyzed descriptive statistics and using an Independent Sample T-Test. The analysis of learning outcome data included descriptive statistics, N-Gain, Paired Sample T-Test, and Independent Sample T-Test. The results of the study indicate that the implementation of a paludarium-based PjBL model is quite effective in enhancing collaboration skills. However, there was no statistically significant difference between the experimental class and the control class, as indicated by the Sig. (2-tailed) p-value of $0.398 > \alpha 0.05$. therefore, so H_0 is accepted and H_1 is rejected. The implementation of the paludarium-based PjBL model is quite effective in enhancing student learning outcomes, as evidenced by the higher N-Gain score of the experimental class (0.37) compared to the N-Gain score in the control class (0.10). However, there was no statistically significant difference between the experimental and control classes based on the results of the Independent Sample T-Test, with a Sig. (2-tailed) p-value of $<.001$, which is greater than $\alpha 0.05$; thus, H_0 was accepted and H_a was rejected. Thus, it can be concluded that PjBL model has positive effect on enhancing collaboration skills and learning outcomes in the biogeochemical cycle material for 10th-grade students at MAN 5 Sleman.

Keywords: Project-Based Learning, Paludarium, Biogeochemical Cycle, Collaboration, Learning Outcomes. High School.

MOTTO

“Sebutkanlah namaNya. Tetap di jalanNya
Kelak kau mengingat. Kau akan teringat..”

(Perunggu)

“..Berbagai cobaan dan hal yang buat kau ragu
Jadikan percikan 'tuk menerpa tekadmu
Jalan hidupmu hanya milikmu sendiri
Rasakan nikmatnya hidupmu hari ini..”

(Baskara Putra)

“..Kita bergerak dan bersuara
Berjalan jauh tumbuh bersama

Sempatkan pulang ke beranda
'Tuk mencatat hidup dan harganya..”

(Hindia)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAGIAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini peneliti persembahkan untuk

Almamater tercinta

Program Studi Pendidikan Biologi

Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

Yogyakarta



KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji bagi Allah yang telah memberikan rahmat, taufik, dan inayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat serta salam tercurahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW juga keluarganya serta semua orang yang meniti di jalannya. Penelitian tugas akhir ini sendiri tidak mungkin tanpa bantuan orang lain. Atas kebaikan berbagai pihak yang telah diberikan selama penelitian ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada

1. Bapak Prof. Dr. Sigit Purnama, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga dan para staff akademik yang telah membantu peneliti dalam menjalani studi di Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan.
2. Bapak Dr. Muhammad Ja'far Luthfi, M.Si. dan Ibu Annisa Firanti, M.Pd. selaku Kepala dan Sekretaris Program Studi Pendidikan Biologi yang telah membantu dan menyetujui penelitian tugas akhir ini.
3. Ibu Mike Dewi Kurniasih, M.Pd. selaku Dosen Penasehat Akademik yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan petunjuk selama perkuliahan, serta selalu memberikan semangat agar peneliti mengikuti setiap mata kuliah dengan baik.
4. Ibu Dr. Sulistiyawati, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, kritik, dan dorongan kepada peneliti sehingga penyusunan tugas akhir ini berjalan dengan baik.

5. Segenap Dosen dan Tenaga Akademik Program Studi Pendidikan Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu serta pengalaman kepada peneliti selama masa perkuliahan.
6. Seluruh keluarga MAN 5 Sleman, Bapak Mucharom, M.Si., selaku Kepala Sekolah MAN 5 Sleman beserta tenaga pendidik yang mengizinkan peneliti untuk melakukan penelitian. Ibu Suryatun S.Pd., selaku guru mata pelajaran biologi yang telah mencurahkan waktu, ilmu, dan pengalaman berharga menjadi bekal sebagai calon guru biologi yang baik di masa mendatang, serta siswa kelas X MAN 5 Sleman yang telah bersedia bekerjasama dalam proses penelitian.
7. Teristimewa kedua orang tua tercinta. Ayahanda dan ibunda tersayang yang selalu memberikan kasih sayang kepada ananda perhatian, dukungan baik moril maupun materiil yang tiada batasnya.
8. Kepada Pengasuh Asrama Tahfidzul Qur'an Al-hikmah Pondok Pesantren Wahid Hasyim Yogyakarta. Ibu Lailatul Izza beserta keluarga *ndalem* yang senantiasa menjadi panutan dan memberikan motivasi besar agar selalu hidup berdampingan dengan Al-Qur'an dalam setiap nafas dan langkah hidup ini.
9. Seluruh teman-teman di lingkungan Yogyakarta, terkhusus teman perjuangan program studi Pendidikan Biologi angkatan 2022, KKN 284 Kabupaten Malang, PLP SMAN 6 Yogyakarta, dan keluarga Mathali'ul Falah Yogyakarta. serta semua yang tidak dapat peneliti sebutkan

namanya yang telah mengisi tangki kebahagiaan dan semangat, serta motivasi dalam menuntut ilmu di Yogyakarta.

10. *Last but not the least, myself.* Terimakasih diri sendiri Azalia Azwa Ifana. Terimakasih karena selalu mau belajar dan berusaha memberikan yang terbaik pada setiap langkah, serta tetap terbuka untuk hal – hal baru yang sebelumnya mungkin terasa asing dan tidak mudah. Tugas akhir ini membawa arah untuk bertumbuh menjadi pribadi yang sadar dan memaknai proses dalam hidup. Hasil ini awal dari perjuangan yang lebih besar untuk dinanti.

Akhir kata, peneliti menghaturkan banyak terimakasih. Peneliti sangat menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, peneliti mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan menjadi amal saleh dan mendapat balasan yang lebih oleh Allah SWT. Amin

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
Yogyakarta
Yang menyatakan
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	1
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
MOTTO.....	vii
BAGIAN PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	11
C. Pembatasan Masalah.....	11
D. Rumusan Masalah.....	12
E. Tujuan Penelitian.....	12

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	15
A. Kajian Teori.....	15
B. Penelitian Terdahulu.....	44
C. Kerangka Berpikir.....	46
D. Hipotesis Penelitian.....	48
BAB III METODE PENELITIAN.....	51
A. Jenis Penelitian.....	51
B. Definisi Operasional Variabel Penelitian.....	52
C. Populasi dan Sampel Penelitian	54
D. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	56
E. Instrumen Penelitian	63
F. Teknik Pengumpulan Data	67
G. Teknik Analisis Data	70
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	92
A. Hasil dan Pembahasan.....	92
BAB V PENUTUP.....	150
A. Kesimpulan	150
B. Keterbatasan	151
C. Saran.....	151
DAFTAR PUSTAKA	153



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Siklus Air.....	34
Gambar 2. Siklus Karbon.....	36
Gambar 3. Siklus Nitrogen.....	39
Gambar 4. Siklus Fosfor	40
Gambar 5. Siklus Sulfur.....	42
Gambar 6. Skema Kerangka Berpikir	48
Gambar 7. Pelaksanaan Project Based Learning berbasis Paludarium	61
Gambar 8. Pelaksanaan Pembelajaran Direct Instruction.....	63
Gambar 9. Distribusi Frekuensi Keterampilan Kolaborasi	109
Gambar 10. Persentase Indikator Keterampilan Kolaborasi	116
Gambar 11. Distribusi Frekuensi Nilai Pretest.....	130
Gambar 12. Distribusi Frekuensi Nilai Posttest.....	133
Gambar 13. Diagram Peningkatan Hasil Belajar	137

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Skema Non-equivalent Control Group Design	51
Tabel 2. Nilai ASAS Biologi Kelas X MAN 5 Sleman.....	55
Tabel 3. Jadwal Pelaksanaan Penelitian	56
Tabel 4. Kriteria Penilaian Butir Instrumen Oleh Validator.....	64
Tabel 5. Indikator Kelayakan Angket Keterampilan Kolaborasi	64
Tabel 6. Penskoran Angket Keterampilan Kolaborasi	68
Tabel 7. Kategori Validitas Aiken's V	71
Tabel 8. Klasifikasi Koefisien Reliabilitas Instrumen.....	74
Tabel 9. Kategori Tafsiran Keterampilan Kolaborasi.....	80
Tabel 10. Kriteria Efektivitas Keterampilan Kolaborasi.....	81
Tabel 11. Klasifikasi Nilai N-Gain.....	86
Tabel 12. Hasil Uji Validitas Aiken's V Angket Keterampilan Kolaborasi	93
Tabel 13. Hasil Perhitungan Koefisien Aiken's V	94
Tabel 14. Koefisien Pearson's r Angket Keterampilan Kolaborasi.....	97
Tabel 15. Hasil Validitas Korelasi Product Moment Keterampilan Kolaborasi....	98
Tabel 16. Hasil Validitas Aiken's V Soal Pretest dan Posttest	101
Tabel 17. Hasil Perhitungan Koefisien Aiken's V Pretest Posttest.....	101
Tabel 18. Koefisien Pearson's r Soal Pretest dan Posttest	103
Tabel 19. Hasil Validitas Korelasi Product Moment Pretest Posttest.....	105
Tabel 20. Statistik Deskriptif Keterampilan Kolaborasi Siswa.....	107
Tabel 21. Distribusi Frekuensi Keterampilan Kolaborasi	108

Tabel 22. Hasil Statistik Deskriptif Indikator Keterampilan Kolaborasi	113
Tabel 23. Hasil Uji Normalitas Keterampilan Kolaborasi	120
Tabel 24. Hasil Uji Homogenitas Keterampilan Kolaborasi.....	121
Tabel 25. Hasil Independent Sample T-Test Keterampilan Kolaborasi	122
Tabel 26. Statistik Deskriptif Nilai Pretest Siswa	128
Tabel 27. Distribusi Frekuensi Nilai Pretest	129
Tabel 28. Statistik Deskriptif Nilai Posttest	131
Tabel 29. Distribusi Frekuensi Nilai Posttest.....	132
Tabel 30. Gain Hasil Belajar Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	134
Tabel 31. Hasil Uji Normalitas Nilai Pretest dan Posttest	138
Tabel 32. Hasil Uji Homogenitas Nilai Pretest dan Posttest.....	139
Tabel 33. Hasil Uji Paired Sample T-Test	141
Tabel 34. Hasil Uji Independent Sample T-Test.....	142



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan pesat teknologi dalam dekade terakhir berdampak signifikan pada berbagai aspek kehidupan, termasuk dunia pendidikan. Kualitas pendidikan merupakan fondasi untuk mempersiapkan generasi yang cakap menghadapi tantangan dan perkembangan zaman yang dinamis dan semakin kompleks. Secara global, perubahan ini menuntut sumber daya manusia yang adaptif dan kompetitif. Dengan demikian, pendidikan sebagai lokomotif utama untuk mencapai tujuan tersebut (Abels *et al.*, 2021). Kebutuhan akan pembelajaran yang lebih adaptif, personal, dan kontekstual menjadi semakin penting, seiring dengan kemajuan era Revolusi Industri 5.0 yang menuntut pentingnya literasi teknologi, kecerdasan buatan, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Jin *et al.*, 2023). Transformasi sistem pendidikan di era abad 21 menekankan perlunya transformasi pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan konten, tetapi juga pengembangan kompetensi berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, serta karakter yang kuat dan adaptif.

Sistem pendidikan di Indonesia kini mengembangkan Kurikulum Merdeka sebagai kerangka dasar baru melalui Permendikbudristek No. 12 Tahun 2024 yang menekankan pada kebebasan belajar, penguatan karakter, dan pengembangan kompetensi abad 21. Seiring perkembangan kurikulum yang diterapkan, pendekatan deep learning hadir sebagai pembaruan Kurikulum Merdeka Belajar

yang menuntut siswa mengembangkan berbagai keterampilan, seperti berpikir kritis dan kreatif, komunikasi, dan bekerja sama dengan orang lain (Yassin dan Bashir, 2024). Lebih lanjut, *Deep Learning* diartikan sebagai pendekatan pembelajaran yang menekankan pemahaman konseptual yang mendalam, partisipasi aktif, daya berpikir kritis dan reflektif, serta keterampilan mengintegrasikan informasi dan menghubungkan dengan pengalaman nyata (Mezirow, 2000). Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada “apa yang dipelajari”. Namun juga ”bagaimana” dan ”mengapa” siswa belajar. Dengan demikian, pembelajaran ini mendorong siswa bereksplorasi, berekspresi, dan berkolaborasi.

Menurut *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) tahun 2018 mengungkapkan *deep learning* dibutuhkan untuk mencetak generasi muda dengan keterampilan esensial, seperti kreativitas, komunikasi, kolaborasi, dan berpikir komputasional. Konsep *deep learning* berlandaskan pada teori pembelajaran konstruktivis yang menitikberatkan pada peran aktif siswa dalam pembelajaran. Siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga membangun pengetahuan dan kemampuan melalui pengalaman belajar yang bermakna. *Deep learning* mencakup tiga elemen penting yaitu *mindful learning*, *meaningful learning*, dan *joyful learning* yang saling mendukung dalam menciptakan suasana belajar yang optimal (Muvid, 2024). Ketiga elemen ini diharapkan mampu menciptakan ekosistem pendidikan yang kondusif dan berdaya saing global.

Implementasi *deep learning* sebagai paradigma pendidikan di Indonesia masih dalam tahap eksplorasi awal. Pendekatan ini diyakini dapat memaksimalkan pengetahuan siswa melalui eksplorasi aktif dan rasa ingin tahu secara mendalam. Namun, banyak guru masih menerapkan metode konvensional yang berfokus pada hafalan, dan pencapaian akademik semata. Metode ceramah yang sering digunakan menghambat konstruksi pemahaman siswa dan kurang relevan dengan tuntutan zaman (Huda dan Ikhwan, 2024). Pola ini tidak memberikan kesempatan bagi siswa untuk memperoleh pengalaman belajar langsung, interaksi antar siswa, dan mengembangkan keterampilan. Akibatnya siswa menjadi kurang antusias dan pemahaman konsep menurun (Tanjung *et al.*, 2022). Minimnya antusiasme siswa dalam pembelajaran mengakibatkan siswa kesulitan belajar dalam memahami konsep biologi yang sangat berhubungan dengan lingkungan sekitar mereka.

Biologi sebagai salah satu disiplin ilmu sains merupakan cabang ilmu yang memiliki cakupan yang sangat luas yang mempelajari tentang konsep, gejala, proses kehidupan yang terjadi di sekitar, baik berhubungan antara makhluk hidup dan lingkungannya (Banila *et al.*, 2021). Biologi juga menelaah bagaimana komponen biotik dan abiotik saling berinteraksi membentuk suatu ekosistem yang dinamis (Campbell *et al.*, 2018). Pemahaman materi ekosistem menjadi dasar bagi siswa untuk mengenali keterkaitan proses kehidupan yang berlangsung secara menyeluruh dalam lingkungan di sekitarnya.

Ekosistem merupakan salah satu materi esensial biologi yang dipelajari pada tingkat sekolah menengah keatas. Ekosistem merupakan hubungan fungsional timbal balik antar komponen makhluk hidup yang saling berinteraksi dalam suatu

lingkungan (Utomo *et al.*, 2014). Materi ini mencakup komponen ekosistem, interaksi yang terbentuk di antaranya, dan siklus biogeokimia (Harahap *et al.*, 2020). Secara garis besar, konsep dasar ekosistem yang harus dipahami siswa sebagai generasi masa depan adalah keberlanjutan siklus biogeokimia di alam yang perlu ditanamkan dalam konstruk pikiran siswa agar terbentuk kesadaran, sikap aktif untuk menjaga kelestarian ekosistem, serta diharapkan mampu menyelesaikan problematika ekosistem melalui aktivitas berpikir kritis dan kolaborasi untuk mencapai keputusan yang solutif (Hutcheson *et al.*, 2018). Konsep *deep learning* relevan terhadap pembelajaran biologi dalam mengkaji ekosistem dengan mendorong eksplorasi mendalam melalui proyek nyata dengan yang menciptakan lingkungan pembelajaran yang menyenangkan. *Joyful learning* ini dapat meningkatkan antusiasme dan motivasi siswa belajar. *Meaningful learning* dalam pembelajaran ini tercapai ketika siswa dapat mengintegrasikan siklus biogeokimia dengan isu nyata seperti perubahan iklim. Penguatan pemahaman melalui refleksi materi tersebut dapat mendorong generasi muda untuk membangun kesadaran terhadap kelestarian dan berkontribusi aktif untuk ikut memberikan solusi permasalahan global yang terjadi dengan kegiatan *mindful learning*.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru biologi MAN 5 Sleman mengemukakan bahwa sebagian besar siswa mengalami kesulitan memahami konsep ekosistem, khususnya siklus biogeokimia. Hal ini dikarenakan pembelajaran yang telah ada belum mampu memvisualisasikan ekosistem secara nyata. Hal ini ditunjukkan dari rata – rata nilai siswa kelas X pada materi ini tidak memenuhi Kriteria Ketuntasan Minimum yaitu 75. Media pembelajaran yang

sering digunakan adalah media 2D, seperti buku paket, lembar kerja dan lain-lain. Buku teks bersifat kurang interaktif dan pasif, serta belum mampu merepresentasikan kejadian secara nyata dan berurutan (Supriyo, 2015). Penjelasan materi biologi yang terbatas pada buku, tampilan yang kurang menarik, dan membosankan ataupun potensi kesalahan konsep dalam media (Agustami *et al.*, 2017). Media pembelajaran tersebut cenderung instruksi langsung dari guru tanpa mendukung lingkungan belajar yang interaktif. Pembelajaran tersebut belum mampu memenuhi capaian dan tujuan pembelajaran biologi pada materi siklus biogeokimia, yaitu menganalisis interaksi antar komponen ekosistem dan pengaruhnya terhadap keseimbangan ekosistem secara nyata. Siswa diharapkan mengamati fenomena dan peristiwa sekitar dengan memperhatikan karakteristik objek, mengidentifikasi pertanyaan yang dapat diselidiki secara ilmiah, serta memprediksi ketidakseimbangan komponen ekosistem yang terjadi di alam dengan mengaitkan siklus biogeokimia dengan isu-isu lingkungan global seperti perubahan iklim, serta menciptakan solusi untuk masalah terkait dengan upaya rehabilitasi yang dapat dilakukan agar keseimbangan alam tetap terjaga.

Fenomena lain yang ditemukan peneliti adalah minimnya variasi model pembelajaran yang digunakan, seringkali guru menggunakan metode ceramah yang berfokus pada penyampaian materi tanpa melibatkan siswa untuk bereksplorasi pengetahuannya. Pembelajaran biologi cenderung digunakan dalam kemampuan menghafal dari fakta-fakta ilmiah. Suryanti (2019) menyoroti biologi merupakan pelajaran yang cenderung bersifat hafalan yang menyebabkan siswa sulit memahami pelajaran biologi secara mendalam. Menurut Wulandari *et al.*, (2023)

guru cenderung memilih ceramah karena mudah dan hanya memberikan penjelasan. Hal ini menyebabkan siswa cenderung lebih pasif, tidak tertarik dan tidak memberikan umpan balik. Purbowati dan Dewi (2024) menambahkan metode ini memiliki keterbatasan dalam pembelajaran konsep yang bersifat abstrak yang membutuhkan visualisasi maupun pengalaman secara langsung. Metode tersebut dianggap belum mampu membangun pengetahuan melalui pengalaman, interaksi, dan refleksi. Interaksi aktif siswa dalam mengkaji konsep-konsep biologi, seperti eksplorasi, eksperimen, atau diskusi kelompok membuat pembelajaran lebih bermakna karena siswa dapat menghubungkan teori dengan realitas kehidupan sehari-hari.

Berdasar observasi pada pembelajaran biologi ditemukan sebagian siswa cenderung pasif dalam bertanya pada guru. pembelajaran biologi di kelas lebih memfokuskan memberikan informasi kepada siswa, namun belum memberikan contoh-contoh nyata dalam kehidupan sehari-hari secara sederhana yang mengakibatkan seringkali materi yang diperoleh mudah terlupakan. Selain itu, siswa belum terbiasa belajar secara kolaboratif. Selama situasi belajar kelompok, kolaborasi antar anggota kelompok masih dalam kategori rendah, hal ini ditandai dengan beberapa siswa tidak mau terbebani tanggung jawab atas tugas kelompok yang diberikan. Selain itu, komunikasi yang kurang efektif akan menghambat kegiatan diskusi dan presentasi. Hal ini juga ditemukan oleh Islawati dan Samsuddin (2024) ketidakseimbangan kontribusi dalam belajar kelompok akan menghambat proses pembelajaran secara keseluruhan. Hal ini menunjukkan bahwa

keterampilan kolaborasi siswa kelas X di MAN 5 Sleman masih belum berkembang.

Interaksi aktif antara guru dan siswa serta antar siswa sendiri sangat krusial dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan kolaborasi (Hidayat dan Nugroho, 2020). Hasil survei Pusat Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Kemendikbud Ristek RI (2022) menunjukkan bahwa tingkat keterampilan kolaboratif siswa di Indonesia dalam kategori rendah, hanya 45% siswa memiliki kemampuan kolaboratif yang baik. Keterampilan ini merupakan *life skill* yang esensial bagi individu sebagai makhluk sosial dan berperan penting dalam keberhasilan kerja sama untuk mencapai tujuan bersama (Junita *et al.*, 2021). Penguatan keterampilan kolaboratif perlu menjadi prioritas dalam pembelajaran agar siswa adaptif dengan tuntutan abad 21. Dengan demikian, dibutuhkan perubahan paradigma menuju pembelajaran yang partisipatif dan kontekstual untuk meningkatkan efektivitas serta hasil pembelajaran.

Keberhasilan siswa dipengaruhi berbagai faktor, seperti partisipasi, minat, dan hasil belajar (Susilowati, 2022). Partisipasi aktif dalam pembelajaran terbukti meningkatkan minat belajar yang berpengaruh pada hasil belajar (Ayuningtyas dan Minarti, 2021). Interaksi aktif antar siswa juga berkontribusi pada peningkatan pemahaman konsep (Saparuddin, 2022). Hal ini menunjukkan perlunya model pembelajaran yang mampu mendorong keterlibatan aktif, interaksi antar siswa, dan pemecahan masalah secara kolaboratif. Bhagheri *et al.*, (2013) menegaskan bahwa *Project Based Learning* terbukti efektif meningkatkan hasil belajar melalui partisipasi aktif dan kolaborasi antar siswa dalam kegiatan belajar. Untuk

memenuhi kebutuhan tersebut *Project Based Learning* adalah salah satu model pembelajaran yang tepat.

Project Based Learning (PjBL) merupakan model yang menekankan partisipasi aktif siswa melalui kegiatan berbasis proyek yang relevan dengan kehidupan nyata (Partono *et al.*, 2021). PjBL mendorong keterlibatan siswa dalam proses eksplorasi, komunikasi, dan refleksi atas hasil pengamatannya (Cresswell-Yeager, 2021). Sari dan Hidayati (2020) membuktikan penerapan PjBL secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa dalam materi ekosistem dengan menghubungkan konsep dengan situasi nyata di lingkungan. Dengan proyek kolaboratif, siswa memperoleh kesempatan untuk membangun pemahaman yang konstruktif berdasar pengalaman belajar yang kolaboratif dengan saling berbagi ide, memecahkan masalah, dan mencapai tujuan pembelajaran bersama (Meilinawati, 2018; Rahayu *et al.*, 2019). Peningkatan partisipasi aktif dan kolaborasi tersebut menjadi faktor penting dalam memperkuat keterampilan abad ke-21 yang diharapkan muncul melalui implementasi Kurikulum Merdeka.

PjBL melatih siswa memahami permasalahan nyata melalui penerapan teori dan praktik secara terpadu (Djamarah dan Zain, 2011). Model ini secara konstruktif mengarahkan siswa melakukan pendalaman materi pembelajaran melalui riset, eksperimen, dan sintesis informasi secara kolaboratif (Magdalena *et al.*, 2020; Samiasih, 2020). Penelitian Rahmawati (2022), Suaidiah *et al.*, (2024), dan Makatita (2025) menunjukkan bahwa PjBL meningkatkan keterampilan kolaboratif dan hasil belajar pada materi ekosistem. Senada dengan Azhari *et al.*, (2022) serta Bariyah dan Sugandi, (2022) yang menemukan bahwa PjBL mendorong partisipasi

aktif dan pemahaman konseptual materi ekosistem. Sejalan Alfaeni *et al.*, (2022) menunjukkan peningkatan keterampilan kolaborasi dengan menerapkan PjBL berbasis zoom. Materi ekosistem merupakan salah satu materi yang memiliki lingkup yang luas sehingga dapat dieksplorasi lebih mendalam dengan membangun pengetahuan berdasar pengalaman nyata.

Siklus biogeokimia merupakan bagian kompleks dari materi ekosistem yang sulit dipahami karena melibatkan proses alami yang tidak dapat diamati secara langsung. PjBL berpotensi mengatasi kesulitan tersebut melalui pengalaman belajar kontekstual yang memanfaatkan media visual interaktif. Integrasi teknologi dalam PjBL terbukti membantu siswa memahami konsep ekosistem yang kompleks dan meningkatkan hasil belajar (Hmelo-Silver *et al.*, 2018; Sarjani *et al.*, 2023). Penggunaan paludarium sebagai media pembelajaran efektif meningkatkan pemahaman dan hasil belajar siswa pada materi ekosistem (Komala *et al.*, 2016), sementara penerapan *biogeochemical cycle educational kit* berbasis PjBL terbukti meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan hasil belajar (Febrianti dan Hamimi, 2024). Oleh karena itu, *Project Based Learning* berbasis paludarium dalam kegiatan pembelajaran direkomendasikan dalam memberikan pengaruh positif sebagai media yang mampu memvisualisasikan siklus biogeokimia.

Paludarium merupakan salah satu seni desain lanskap pada pembuatan wadah (*Arrium*) dengan memvisualisasikan ekosistem air, darat, dan udara sehingga terlihat layaknya di alam nyata (Murhananto, 2003). Paludarium tersusun atas komponen biotik dan abiotik layaknya ekosistem yang mampu memvisualisasikan ekosistem secara realistik (Umma, 2018). Media paludarium

termasuk media realia, media realia merupakan media nyata yang ada di lingkungan alam yang digunakan sebagai bahan untuk mempermudah pembelajaran (Gusmara, 2017). Pemanfaatan media realia tidak hanya dilakukan di ruang kelas, namun juga dengan cara mengajak siswa untuk mengamati (observasi) benda nyata tersebut secara langsung pada alam sekitar. Umma (2018) mengungkapkan bahwa Paludarium dapat menggantikan kegiatan observasi lapangan untuk mengamati siklus biogeokimia secara langsung tanpa harus ke luar kelas. Paludarium sebagai media pembelajaran ini diupayakan dalam rangka untuk menjadi solusi keterbatasan ruang dan waktu pada kegiatan observasi lapangan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penelitian saat ini masih sedikit mengeksplorasi pendekatan *deep learning* dalam memecahkan permasalahan pembelajaran abad 21 ini. Penelitian ini berupaya mengisi gap tersebut dengan menerapkan model *Project Based Learning* yang mengintegrasikan prinsip-prinsip *deep learning* dalam Kurikulum Merdeka. Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan. *Project-Based Learning* berbasis paludarium menjadi relevan untuk dieksplorasi lebih mendalam sebagai salah satu upaya meningkatkan efektivitas pembelajaran materi siklus biogeokimia di kelas X. Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik mengkaji lebih lanjut permasalahan dalam proses pembelajaran secara spesifik yang dikaji dengan judul “Efektivitas Model *Project Based Learning* Berbasis Paludarium untuk Meningkatkan Kemampuan Kolaborasi dan Hasil Belajar pada SubMateri Siklus Biogeokimia Siswa Kelas X di MAN 5 Sleman”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Penerapan pendekatan *Deep Learning* dalam Kurikulum Merdeka pada pembelajaran biologi dalam eksplorasi awal dan masih terbatas pada metode konvensional yang belum mampu menciptakan variasi pembelajaran yang mendorong partisipasi aktif dan pengalaman belajar secara kooperatif.
2. Rendahnya pemahaman konsep ekosistem, khususnya siklus biogeokimia akibat keterbatasan media. Materi siklus biogeokimia merupakan materi yang abstrak sehingga dibutuhkan media yang representatif terhadap siklus biogeokimia yang mampu memvisualisasikan proses dan hubungan antar komponen ekosistem secara nyata.
3. Keterampilan kolaborasi siswa dalam pembelajaran biologi masih belum berkembang secara optimal akibat terbatasnya penerapan model pembelajaran yang mendorong interaksi dan kerja sama antar siswa.
4. Penggunaan paludarium sebagai media pembelajaran siklus biogeokimia belum dieksplorasi lebih mendalam sebagai proyeksi mini siklus biogeokimia di alam nyata.

C. Pembatasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini, maka dibuat batasan masalah, yaitu:

1. Model Pembelajaran yang digunakan dibatasi dengan *Project-based Learning* berbasis Paludarium
2. Parameter Efektivitas yang akan diteliti diukur dari hasil belajar dan keterampilan kolaborasi siswa
3. Lingkup materi yang akan dibahas pada penelitian ini adalah Bab Ekosistem, sub bab siklus biogeokimia
4. Subjek penelitian adalah siswa kelas X MAN 5 Sleman tahun ajaran 2025/2026

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan maka rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini sebagai berikut;

1. Bagaimana efektivitas model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis Paludarium pada materi Siklus Biogeokimia untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa kelas X MAN 5 Sleman?
2. Bagaimana efektivitas model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis Paludarium pada materi Siklus Biogeokimia untuk meningkatkan hasil belajar siswa kelas X MAN 5 Sleman?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah di atas, maka dapat diketahui tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui efektivitas model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis Paludarium pada materi Siklus Biogeokimia untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa kelas X MAN 5 Sleman
2. Mengetahui efektivitas model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis Paludarium pada materi Siklus Biogeokimia untuk meningkatkan hasil belajar kelas siswa X MAN 5 Sleman

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis

1. Secara Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan inovasi penerapan model pembelajaran dan penggunaan media paludarium untuk membantu pemahaman siswa dan meningkatkan pembelajaran biologi yang interaktif dan menyenangkan.

2. Secara Praktis

a. Bagi siswa

- 1) Memicu motivasi belajar dengan proses pembelajaran yang interaktif agar dapat meningkatkan pemahaman dan memperjelas konsep siklus biogeokimia.
- 2) Memberikan pengalaman belajar yang mengasah keterampilan abad

21 siswa.

b. Bagi guru

- 1) Menjadi bahan pertimbangan untuk melaksanakan pembelajaran biologi yang interaktif dengan media pembelajaran yang tepat.
 - 2) Meningkatkan kreativitas guru dalam memilih model pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan pemahaman materi ekosistem.
- c. Bagi sekolah
- 1) Diharapkan menjadi masukan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dengan memanfaatkan media pembelajaran dan menambah variasi media pembelajaran inovatif dalam pembelajaran.
- d. Bagi peneliti
- 1) Memberikan gambaran dan motivasi sebagai calon pendidik dalam menciptakan suasana pembelajaran yang interaktif dan inovatif dengan memilih model pembelajaran dan media yang relevan dengan materi pembelajaran.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa

1. Keterampilan kolaborasi yang diperoleh dengan nilai rata – rata siswa baik kelas eksperimen (85,1) dan kelas kontrol (81,4) dalam kategori tinggi. Penerapan pembelajaran PjBL berbasis paludarium efektif meningkatkan keterampilan kolaborasi namun tidak terdapat perbedaan secara signifikan (nilai Sig. $0,398 > \alpha 0,05$) antara penerapan pembelajaran PjBL paludarium dan penerapan *Direct Instruction* siswa kelas X MAN 5 Sleman pada materi siklus biogeokimia.
2. Hasil Belajar yang diperoleh siswa kelas eksperimen sebelum dan setelah diterapkan pembelajaran berbasis proyek mengalami peningkatan hasil belajar dari nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,37 ($0,30 \leq g < 0,70$) termasuk dalam kategori sedang. Sedangkan pada hasil belajar siswa kelas kontrol mengalami peningkatan dari nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,14 dengan $g < 0,3$ termasuk dalam kategori rendah. Hasil *Independent Sample T-Test* diperoleh nilai Sig. $< \alpha 0,05$. Maka dinyatakan bahwa penerapan pembelajaran PjBL paludarium cukup efektif meningkatkan hasil belajar dan terdapat perbedaan secara signifikan antara penerapan pembelajaran PjBL paludarium dan penerapan *Direct Instruction* siswa kelas X MAN 5 Sleman pada materi siklus biogeokimia.

B. Keterbatasan

Penelitian ini memiliki keterbatasan yang dapat mempengaruhi hasil penelitian. Untuk mendapatkan hasil maksimal telah diupayakan dengan sedemikian rupa. Namun pada kenyataannya dalam penelitian ini masih terdapat keterbatasan sebagai berikut:

1. Alokasi waktu penelitian yang digunakan dalam penelitian relatif lebih panjang yang sehingga terdapat beberapa siswa yang hadir secara tidak lengkap karena mengikuti lomba maupun kegiatan sekolah.
2. Pada saat pembagian kelompok pada kelas eksperimen masih kurang efisien dikarenakan kelompok dibagi sesuai tempat duduk, sehingga keaktifan dan aspek kognitif siswa tidak merata.
3. Penelitian ini memiliki keterbatasan peningkatan hasil belajar pada ranah kognitif sehingga belum mencakup ranah afektif dan psikomotorik pada penerapan model pembelajaran *project based learning* berbasis paludarium materi siklus biogeokimia

C. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, peneliti mengajukan saran yaitu Pelaksanaan model pembelajaran berbasis proyek disarankan untuk merancang proyek yang dapat dilakukan secara matang serta alokasi waktu yang efektif guna meminimalisir kendala yang dihadapi pada proses pembelajaran. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkaji lebih luas efektivitas model Project Based Learning berbasis paludarium terhadap keterampilan abad ke-21,

seperti komunikasi saintifik, literasi digital dalam cakupan materi biologi yang lebih luas.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, M. (1999). *Pendidikan Bagi Anak Berkesulitan Belajar*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Abels, M., Rogge, C., & Schüller, M. (2021). The role of education in the fourth industrial revolution: Preparing students for a digital world. *Journal of Education and Work*, 34(4), 456-470.
- Abidin. Z., Adeng, H., & Dinda, A., (2020), Efektivitas Pembelajaran Jarak Jauh Pada Masa Pandemi Covid-19, *Research and Development Journal Of Education*, 1(1), 131-146.
- Agustami, R. P., Wiyanto, & Alim, S. (2017). Persepsi Guru dan Siswa Terhadap Pembelajaran IPA Terpadu Serta Implikasinya di SMP. *JISE*. 6(1). 96-104.
- Aiken, L.R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings, *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131-142.
- Aini, F. N. (2018). Pengaruh game based learning terhadap minat dan hasil belajar pada mata pelajaran ekonomi siswa kelas XI IPS. *Jurnal Pendidikan Ekonomi (JUPE)*, 6(3), 249-255.
- Al Adawiah, R. S., Rumbiyah, S. R., & Zhanty, S. L. (2019). Analisis kemampuan berpikir kreatif matematis siswa SMP Kelas VII pada materi segitiga dan segiempat. *Journal on Education*, 1(3), 460–470.
- Alfaeni, D., Nurkanti, M., & Halimah, M. (2022). Kemampuan kolaborasi siswa melalui model project based learning menggunakan zoom pada materi ekosistem. *BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(2), 143-149,
- Anas, S. (2008). *Pengantar Statistik Pendidikan*. Raja Grafindo Persada.
- Annisa, M., Asrani, A., Serlinda, S., Kasih, S., & Maulana, S. (2022). Analysis Of Students' Knowledge About Natural Disaster Mitigation In Wetland Areas. *Journal Of Innovation In Educational And Cultural Research*, 3(1), 12–19,
- Arends. (1997). *Model-Model Pembelajaran Inovatif berorientasi Konstuktivitis*. Prestasi Pustaka Publisher.
- Arikunto. S. (1996). *Prosedur Penelitian*. Rineka Cipta,
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktik*. Rideka Cipta.
- Arikunto, S. (2015). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik*, Rineka Cipta.

- Arikunto, S. (2019). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik*, Rineka Cipta.
- Arthur, A. C., & Robert B. S. (1989). *Teaching Science Through Discovery* (6th ed.). Merrill Publishing Company.
- Astuti, Y. D., Meilinda, M., Dewi, S. P., Wulandari, R. M., & Jajuri, T. (2024). Identification of High School Students' Misconceptions on The Biogeochemical Cycle Topics. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 12(1), 172-181,
- Australian Council for Educational Research. (2020). *Collaboration: Skill Development Framework* diakses pada 7 juni 2025 dari
- Ayuningtyas, I., & Minarti, I. B. (2021). Analisis Gaya Belajar Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas X Di Sma Institut Indonesia Semarang. *Jurnal Ilmiah Edukasia*, 1(1), 41-50.
- Ayun, Q. (2021). Analisis Tingkat Literasi Digital dan Keterampilan Kolaborasi Siswa Dalam Pembelajaran IPA Kelas VII Secara Daring. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*. 5(1), 271-290
- Azhari, N. S., Simangunsong, H. H., Hrp, I. A. A., Afdilani, N. A., & Tanjung, I. F. (2022). Penerapan project based learning (PJBL) untuk meningkatkan hasil belajar siswa kelas XII IPA 1 SMA N 2 Percut Sei Tuan pada materi gen. *Jurnal PTK dan Pendidikan*, 8(2).125-134.
- Aziz, A. A., Yusof, K. M., & Yatim, J. M. (2012). Evaluation on the Effectiveness of Learning Outcomes from Students' Perspectives. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 22-30.
- Bagheri, M., Ali, W. Z. W., Chong, M., & Daud, S. M. (2013). Effects of project-based learning strategy on self-directed learning skills of educational technology students. *Contemporary Educational Technology*, 4(1), 15-29. Diakses 9 Juni 2025.
- Banila, L., Lestari, H., & Siskandar, R. (2021). Penerapan blended learning dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan literasi sains siswa pada pembelajaran biologi di masa pandemi Covid-19. *Journal of Biology Learning*, 3(1), 25-33.
- Bariyah, I. L. N., & Sugandi, M. K. (2022). Project based learning untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada konsep ekosistem. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 4(1), 135-144.
- Bashooir, K., & Supahar, S. (2018). Validitas dan reliabilitas instrumen asesmen kinerja literasi sains pelajaran fisika berbasis STEM. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, 22(2), 219-230.
- Basilotta Gómez-Pablos, V., Martín del Pozo, M., & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A. (2017). Project-based learning (PBL) through theincorporation

of digital technologies: An evaluation based on the experience of serving teachers. *Computers in Human Behavior*, 68(1), 501.

- Beyers, R. J., & Odum, H. T. (1993). *Ecological Microcosms*. Springer-Verlag.
- Berg, M. A., & Miller, J. L. (2018). *Phosphorus Behavior in the Environment*. North Dakota State University Extension Service, AE-1298, 1-4
- Best, J., & Kahn, J. V. (1998). *Research in Education*. Allyn and Bacon.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Blumenfeld, P., Krajcik, J. S., & Guzdial, M. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, 26(3&4), 369-398,
- Bolin, B., Degens, E. T., Kempe, S., & Ketner, P. (Eds.). (1979). *The global carbon cycle* (SCOPE Report 13). John Wiley & Sons,
- Boyd, C. E. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Birmingham Publishing, Alabama.
- Breakwell, G. M., Smith, J. A., & Wright, D. B. (2012). *Research methods in psychology* (4th ed.). SAGE Publication
- Budiwanto, S., (2014). *Metode Statistika untuk Analisis Data Bidang Keolahragaan*, Malang: Universitas Negeri Malang
- Burton, W. H. (1952). *The Guidance of Learning Activities*. Appleton-Century Croft, New York.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., & Mitchell, L. G. (2018). *Biologi* (edisi ke-2, Jilid 2). Erlangga.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., & Mitchell, L. G. (2014). *Biologi* (edisi ke-5, Jilid 3). Erlangga.
- Campbell, Neil A, Jane B Reece, Lisa A Urry, Michael L Cain, Steven A Wasserman, Peter V Minorsky, and Robert B Jackson. (2008). *Biologi*. Erlangga.
- Care, E., Griffin, P., Scoular, C., Awwal, N., & Zoanetti, N. (2015). Assessment and teaching of 21st century skills: *Methods and approach* (P. Griffin & E. Care (eds.)). Springer
- Clark, L. A., & Watson, D. (1995). Constructing Validity: Basic Issues in Objective Scale Development, *Psychological Assessment*, 309 - 319

- Corebima, A. D. (2011). *Berdayakan kemampuan berpikir dan kemampuan metakognitif selama pembelajaran* [Makalah seminar]. Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Malang
- Corson-Dosch, H. R., Nell, C. S., Volentine, R. E., Archer, A. A., Bechtel, E., Bruce, J. L., Felts, N., Gross, T. A., Lopez-Trujillo, D., Riggs, C. E., & Read, E. K. (2023). *The water cycle (U.S. Geological Survey General Information Product 221)*. U.S. Geological Survey.
- Cheryatova, Y. S. (2022). PALUDARIUM – A modern approach to interior phytodesign. *Architecton: Proceedings of Higher Education*, 2(78): 26.
- Clarawati, A., Babaro, Y. S., Ananda, D., & Barella, Y. (2024). MENINGKATKAN MOTIVASI DAN HASIL BELAJAR SISWA DENGAN MENGGABUNGGAN SUMBER BELAJAR SISWA SENDIRI SERTA PENGALAMAN LANGSUNG. *PediaQu: Jurnal Pendidikan Sosial Dan Humaniora*, 3(2), 1710-1715.
- Corcoran, Edward. (2005). A Statistical Model of Student Knowledge for a Corrected Conceptual Gain. Diakses pada Kamis 9 April 202 6dari:
- Cooper, Donald R. and Pamela S. Schindler. (2003). *Business Research Methods, International Edition*, McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Couch, A., & Keniston, K. (1960). Yeasayers and naysayers: Agreeing response set as a personality variable. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 60(2), 151–174.
- Creswell, J. W. (2012). *Research Design Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed*. Pustaka Pelajar.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications
- Cresswell-Yeager, T. (2021). Forming, storming, norming, dan performing: Menggunakan proyek pembelajaran berbasis masalah selama satu semester untuk menerapkan prinsip-prinsip komunikasi kelompok kecil. *Guru Komunikasi*, 35(2), 155-165,
- Crawford, A., Saul, W. E., Mathews, S. R., & Makinster, J. (2005). *Teaching and learning strategies for the thinking classroom*. International Debate Education Association, New York, NY. ISBN 1932716114
- Cunningham, W.P. & Saigo, B.W. (1997). *Environmental Science*, 3rd Ed. Saunder College Pub, Philadelphia.

- Dayanti, F. R., et al. (2023). Meta-analisis pengaruh model pembelajaran project based learning terhadap hasil belajar IPA. *Physics and Science Education Journal (PSEJ)*, 3(3), 143-152. Untuk perincian lebih lanjut, Anda dapat merujuk ke publikasi aslinya di PSEJ ojp.lp2m.uinjambi.ac.id.
- Depdiknas. (2003). Undang-undang RI No.20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Diakses pada 22 Juli 2025
- Dewey, J. (1938). *Experience & Education*. Collier Macmillan Publishers, London
- Dewi, A. P., Putri, A., Anfira, D. K., & Prayitno, B. A. (2020). Profil keterampilan kolaborasi mahasiswa pada rumpun pendidikan MIPA. *Pedagogia Jurnal Ilmu Pendidikan*, 18(01), 57–72
- Dimiyati dan Mudjiono, (2006). *Belajar dan Pembelajaran*. PT. Rineka Cipta.
- Djamaluddin, A., & Wardana. (2019). *Belajar dan Pembelajaran: 4 Pilar Peningkatan Kompetensi Pedagogis*. CV. Kaaffah Learning Center, Parepare.
- Djamarah, S. B. & Zain, A. (2011). *Strategi Belajar Mengajar*. Pustaka Setia.
- Doppelt, Y. (2003). Implementation and assessment of project-based learning in flexible environment. *Instructional Journal of Technology and Design Education*, 13, 255-272
- Doran R., Chan F., Tamir P. (1998). Science Educator Guide to Assessment. *National Science Teachers Association*. Arlington, Virginia
- Droessiger, G., & Vdovinskiene, S. (2020). Factors for increasing motivation to theory class attendance among students of technology studies. *Integration of Education*, 24(1), 50–61.
- Eggen, P. dan D. Kauchak. (2012). *Strategi dan model pembelajaran: mengajarkan konten dan keterampilan berpikir*. PT. Indeks.
- Elvinasti, R. (2014). Kesulitan Calon Guru dalam Mengajarkan Siklus Biogeokimia: Analisis dan Solusi. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(2), 123-130.
- Emzir. (2012). *Metodologi penelitian pendidikan: Kuantitatif dan kualitatif*. Raja Grafindo Persada
- Emzir. (2013). *Metodologi Penelitian Pendidikan: Kuantitatif dan Kualitatif*. Rajawali Pers.

- Farrel, P. J., dan Stewart, K. R. (2006). Comprehensive study of tests for normality and symmetry: Extending the Spiegelhalter test. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 76(9), 803–816
- Fatma, H. (2021). Kreativitas Peserta Didik Dalam Pembelajaran Bioteknologi Dengan Pjbl Berbasis Steam. *Pedagonal : Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 5(1), 7–14.
- Febrianti, D., dan Hamimi, E. (2024). Enhancing creativity through PjBL-STEAM equipped biogeochemical cycle educational kit on ecosystem materials in junior high school. *Research and Development in Education (RaDEn)*, 4(2), 845–862.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education*. McGraw-Hill.
- Gregory, R. J. (2000). *Psychological Testing Principles and Application*, Allyn & Bacon Inc, Toronto
- Gronlund, N.E, & Linn, R.L. (1990). *Measurement and Evaluation in Teaching*, NY: Macmillan Publishing Company, New York.
- Gusmara, E. (2017). Penggunaan Media Realia Untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar IPS Siswa Kelas IV SD Negeri 01 Ciptamulya Kebun Tebu Lampung Barat. Lampung (Skripsi, Universitas Lampung)
- Habibah, N., Pujiastuti, P., & Haryanto, H. (2023). Pengaruh Model Project Based Learning (PjBL) terhadap Kemampuan Kolaborasi dan Hasil Belajar Kognitif Siswa. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, 5(2), 522-530
- Hafild, M. N. R., Abdurahman, A., & Yulianti, D. (2025). Meningkatkan kemampuan komputasi siswa dengan model pembelajaran berbasis STEAM-PjBL. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(1), 422-xxx.
- Hairida, H. (2016). The effectiveness using inquiry based natural science module with authentic assessment to improve the critical thinking and inquiry skills of junior high school students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 209–215.
- Hairida, H., Marmawi, M., & Kartono, K. (2021). An Analysis of Students' Collaboration Skills in Science Learning Through Inquiry and Project-Based Learning. *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah*, 6(2), 219–228.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. [9](#)

- Hake, R. R. (1999). Analyzing change/gain scores. American Educational Research Association's Division D, *Measurement and Research Metodology*. 1(1-4),
- Hamalik, O. (2001). *Pendekatan Baru Strategi Belajar Mengajar berdasarkan CBSA*. Sinar Baru Algensindo.
- Hamidah, I., & Citra, S. Y. (2021). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) terhadap Minat dan Hasil Belajar Siswa. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 4(2), 307–314.
- Handayani, S. (1994). *Pengantar studi ilmu administrasi dan manajemen*. CV Haji Masagung.
- Harahap, F. R. S., Afrianti, S., & Situmorang, V. H. (2020). Keanekaragaman Serangga Malam (Nocturnal) di Kebun Kelapa Sawit PT. Cinta Raja. Perbal: *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 8(3), 156–164.
- Hardy, T., & Fler, M. (1996). *Science for children: developing a personal approach to teaching*, Prentice Hall. Paul Chapman. Publishing Ltd, Sydney.
- Haris, I. N. (2017). Pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe STAD terhadap sikap tanggung jawab. *BIORMATIKA*, 4(2), 2461–3961
- Helmiati. (2012). *Model Pembelajaran*. Aswaja Pressindo.
- Hendryadi. (2017). Validitas Isi: Tahap Awal Pengembangan Kuesioner. *Jurnal Riset Manajemen Dan Bisnis (JRMB) Fakultas Ekonomi UNIAT*, 2(2), 169–178
- Herlina, H., Khalid, I., Baya, N., Nurani, N., Yusrawati, Y., Oktariani, N., Fatmawati, F., Rukman, A., R., Fadila, S., Hasni, H., Indiarsih, Y. & Irnawati, I. (2022). *Galeri Kata: Dinamika Belajar*, Merdeka Belajar. Tuban: CV Pustaka Elqueena
- Hetami, A. A., Aransyah, M. F., & Andreana, A. G. (2023). Portrait of the aquascape industry in Indonesia: Business opportunities and challenges. *AAFL Bioflux*, 16(1), 679–689
- Hidayat, R., & Nugroho, A. (2020). The Role of Interactive Learning in Enhancing Students' Critical Thinking Skills in Biology. *Journal of Science Education*, 8(1), 45-53.
- Hidayati, S., dan Aslam, A. (2021). Keaktifan belajar sebagai determinan hasil belajar siswa. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 18(1), 22–31

- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107.
- Huda, N., & Ikhsan, J. (2024). *Menggugat Metode Ceramah Dalam Pendidikan Meluruskan Fitnah Mengusulkan Paradigma Baru*. CV Jejak (Jejak Publisher).
- Hutcheson, B., Hoopes, M. F., & Berkowitz, A. R. (2018). Enhancing Ecology Education through Biogeochemical Cycles and Systems Thinking. *Journal of Geoscience Education / Ecology Society of America Report*.
- Idris, I. S., Bahri, A., & Putriana, D. (2018). Pemberdayaan keterampilan pemecahan masalah dalam pembelajaran biologi melalui PBL. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 647–651.
- Ikhsaniyah, N., & Wijaya, R. (2022). Peran orang tua dalam membentuk karakter tanggung jawab anak SMP pada era pandemi di Desa Sajen Kabupaten Mojokerto. *Kajian Moral dan Kewarganegaraan*, 10(4), 991–1006.
- Im, H., Hokanson, B., & Johnson, K. K. P. (2015). Teaching creative thinking skills: A longitudinal study. *Clothing and Textiles Research Journal*, 33(2), 129–142.
- Islawati, & Samsuddin, Y. B. (2024). Efektivitas Model Pjbl Terhadap Keterampilan Kolaborasi Mahasiswa Pada Perkuliahan Statistik Penelitian. *Imej*, 5(6), 7546–7557.
- ITB, S. (2013). Konsep Ekosistem.
- Jagantara, M. W. (2014). Pengaruh model pembelajaran berbasis proyek (project based learning) terhadap hasil belajar Biologi ditinjau dari gaya belajar siswa SMA siswa. *e-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha*, 1(1),
- Jeong, H., & Chi, M. T. H. (2007). Knowledge convergence and collaborative learning. *Instructional Science*, 35(4), 287–315
- Jin, Y., Li, Z., & Wang, X. (2023). Integrating artificial intelligence into education: Opportunities and challenges in the era of Industry 5.0. *Computers & Education*, 195, 104726.
- Johnson, R. A. (2010). *“Statistics: Principles and Methods (6rd ed),”* Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and Ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development* 45. New York: Springer
- Juhari, J., & Muthoharoh, M. (2020). Efektivitas E-Learning Terhadap Hasil Belajar Mahasiswa. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, 5(1), 38-48.
- Junita, A., Supriatno, B., & Purwianingsih, W. (2021). Profil Keterampilan Kolaborasi peserta didik SMA pada Praktikum Maya Sistem Ekskresi, *Journal of Biology Education*, 4(2), 50-57.
- Kemendikbud. (2017). Panduan Gerakan Literasi Nasional. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemendikbudristek. (2022). Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 009/H/KR/2022 Tentang Dimensi, Elemen, dan Sebelemen Profil Pelajar Pancasila Pada Kurikulum Merdeka. In Kemendikbudristek BSKAP RI.
- Khasanah, U., Sari, D. P., & Nugroho, A. (2025). Deep learning approaches in 21st-century education: Enhancing conceptual understanding and critical thinking. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 22(1), 15.
- Khoiri, N. (2021) *Statistika Konseptual Dan Aplikatif Perspektif Manajemen*. SeAP (Southeast Asian Publishing), Semarang. ISBN 978-623-96405-9-0
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-Based learning: A Review of The Literature. *Improving schools*, 19(3), 267-277.
- Komala, R., Suryanda, A., & Lismana, D. D. (2016). Pengembangan Paludarium sebagai Media Pembelajaran Biologi Pokok Bahasan Ekosistem di SMA. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 9(1), 10-14
- Koyama, M., & Watanabe, K. (2023). Cultural and Habitual Influences on Mathematical Thinking: A Comparative Study of Cognitive Flexibility. *Journal of Mathematical Behavior*, 70.
- Kusumasari, E. D., Muhtarom, & Sumarno. (2025). Validasi instrumen evaluasi menggunakan metode Aiken. *Jurnal Pengembangan dan Penelitian Pendidikan*, 7(1), 154–173.
- Leasa, M., & Wuarlela, M. E. (2023). Cooperative Abilities and Cognitive Learning Outcomes: Study Group Investigation on Life Cycle Topic. *International Of Elementary Education*, 7(1), 162–168

- Leviathan, T. (2008). Innovative Teaching an Assessment Method: And Project Based Learning. *Mathematics Education Researc Journal*, 10(1), 105-116.
- Magdalena, I., Fatakhatu Shodikoh, A., Pebrianti, A. R., Jannah, A. W., Susilawati, I., & Tangerang, U. M. (2021). Pentingnya Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Sdn Meruya Selatan, *Jurnal Edukasi Dan Sains*, 3(2), 312–325.
- Makatita, A. L. (2025). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Project Based Learning (Pjbl) Materi Ekosistem Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Pada Siswa Sma Negeri 4 Ambon. *Dharmas Education Journal (DE_Journal)*, 5(1), 136-146
- Manning, M., & Munro, D. (2006). *The Survey Researcher's SPSS Cookbook*. French Forest, NSW Australia: Pearson Education Australia
- Masrukhin, (2016), *Metodologi Penelitian Kuantitatif*, Media Ilmu, Kudus.
- Meli, P., Nursamsu, N., & Setyoko, S. (2024). Pengaruh model pembelajaran project based learning (PjBL) materi plantae terhadap hasil belajar siswa di SMA Negeri 1 Langsa. *Journal of Student Research (JSR)*, 2(2), 202–209.
- McQueen R. A., & Knussen C. (2013). Introduction to research methods and statistics in psychology: A practical guide to the undergraduate researcher (2nd ed.). Sage
- Meilinawati. (2018). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning Untuk Meningkatkan Kolaborasi Siswa Pada Mata Pelajaran Komputer Dan Jaringan Dasar SMK Muhammadiyah 1 Prambanan Klaten. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Mezirow, J. (2000). *Learning as Transformation: Critical Perspectives on a Theory in Progress*. Jossey-Bass
- Molles, M. C., Jr. (2010). *Ecology: Concepts and applications* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Myers, J., (1991). *Collaborative learning: What is collaborative learning*. Diakses 08 September 2025 dari:
- Moursund, Bielefeldt, & Underwood. (1997). *Effect Practice: Computer Technology in Education*. OR: ISTE, Eugene.
- Muchtar, I. H. (2015). Efektivitas FKUB dalam Pemeliharaan Kerukunan Umat Beragama, Jakarta: Puslitbang Kehidupan Keagamaan.

- Mulyasa, E. (2012). *Manajemen PAUD*. Remaja Rosda Karya.
- Munadi, S. (2015). Analisis Validasi Kualitas Soal Tes Hasil Belajar Pada Pelaksanaan Program Pembelajaran. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 1(1).
- Murhananto, (2003), *Paludarium Paduan Gemicik Air Terjun dan Eksotika akuarium*, Jakarta.
- Muvid, M. B. (2024). Menelaah Wacana Kurikulum Deep Learning: Urgensi dan Peranannya Dalam Menyiapkan Generasi Emas Indonesia. *Edu Aksara: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 3(2), 80–93.
- Ndiung, S., & Jediut, M. (2020). Pengembangan instrumen tes hasil belajar matematika peserta didik sekolah dasar berorientasi pada berpikir tingkat tinggi. *Premiere Educandum: Jurnal Pendidikan Dasar dan Pembelajaran*, 10(1), 94-111. doi.org
- Ngalimun. (2013). *Strategi Model Pembelajaran*. Yogyakarta
- Noviana, A., Abdurrahman, A., Rosidin, U., & Herlina, K. (2019). Development and Validation of Collaboration and Communication Skills Assessment Instruments Based on Project-Based Learning. *Journal of Gifted Education and Creativity*, 6(2), 133-146
- Nur, A. (2021). Pengaruh Project Based Learning pada Materi sistem Koordinasi terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa. *Jurnal Biolokus: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi dan Biologi*, 4(1).
- Nuraini, F., & Fadhilah, R. (2018). Hubungan Antara Aktivitas Belajar Siswa Dan Hasil Belajar Pada Mata Pelajaran Kimia Kelas X Sma Negeri 5 Pontianak. *AR-RAZI Jurnal Ilmiah*, 6(1), 1-10.
- Nurhasanah, S., & Sobandi, A. (2016). Minat Belajar Sebagai Determinan Hasil Belajar Siswa (Learning Interest as Determinant Student Learning Outcomes). *Jurnal Manajemen Pendidikan Perkantoran*. 1(1).
- Nurhayati, N. (2021). Pengaruh Project Based Learning terhadap keterampilan abad 21 siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 15(1), 10–17
- Ofstedal, K., & Dahlberg, K. (2009). Collaboration In Student Teaching: Introducing The Collaboration Self-Assessment Tool, *Journal of Early Childhood Teacher Education*, 30(1), 37–48.
- Oktaviani, E., & Pradana, H. D. (2023). *Pengaruh Project Based Learning Pada Mata Pelajaran Produk Kreatif Dan Kewirausahaan Dalam Meningkatkan*

Keterampilan Kolaborasi Dan Motivasi Belajar Peserta Didik Kelas Xi Di Smkn 8 Surabaya, Jurnal Mahasiswa Teknologi Pendidikan, 13(2)

- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing.
- Palmgren-Neuvonen, L., Littleton, K., & Hirvonen, N. (2021). Dialogic spaces in divergent and convergent collaborative learning tasks. *Information and Learning Science, 12(5–6)*, 409–431.
- Partnership for 21st Century Skill (P21). (n.d.). P21 Common Core Toolkit. Tersedia pada P21 Partnership for 21st Century Skill (diakses pada tanggal 20 Juni 2025)
- Partono, P., Wardani, H. N., Setyowati, N. I., Tsalitsa, A., & Putri, S. N. (2021). Strategi meningkatkan Kompetensi 4C (Critical, Thinking, Creativity, Communication & Collaborative). *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan, 14(1)*, 41-52.
- Peraturan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Nomor 12 Tahun 2024 Tentang Kurikulum Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah, *Pemerintah*.
- Purbowati, D, & Dewi, E. R. (2024). Identification of learning difficulties and factors causing learning difficulties in online lectures on basic biology concepts. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi, 17(1)*, 79–89.
- Putra, P. P. (2017). Pengembangan e-modul berbasis project based learning pada mata pelajaran Administrasi Basis Data kelas XII Rekayasa Perangkat Lunak di SMK Negeri 2 Tabanan. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, 14(1)*, 60–69
- Putri, N. P. (2020). Keterampilan Membaca: Teori Ferdinand De Saussure. *Prakerta (Jurnal Penelitian Bahasa, Sastra Dan Pengajaran Bahasa Indonesia), 3(1)*.
- Prawiradilaga, D. S. (2016). *Mozaik Teknologi Pendidikan: E-Learning*. Kencana
- Quraisy, A. (2020). “Normalitas Data Menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov dan Saphiro-Wilk,” *J-HEST: Journal of Health, Education, Economics, Science, and Technology, 3(1)*.7-11.
- Rahayu, P., Sritumini, J. S. A., Pramiasih, E. E., & Sritumini, B. A. (2019). Pengaruh Model Project Based Learning Terhadap Peningkatan Kemampuan Kolaborasi Siswa Dalam Mata Pelajaran Ekonomi Bisnis, *5(2)*.

- Rahmat, A., Zubaidi, M., & Mirnawati, M. (2023). *Desain pembelajaran berbasis proyek*. Graha Ilmu.
- Rahmawati, E., & N. P. (2022). Peningkatan Kolaborasi Mahasiswa Melalui Penerapan Project-Based Learning. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 13(3).
- Ramadhila, R., Asiyah, A., & Kusumah, R. G. T. (2022). Pengembangan aquascape mini ekosistem sebagai media pembelajaran IPA biologi di SMP Negeri Kota Bengkulu. *Insan Cendikia*, 1(1), 1–7.
- Raudhah, J., Wandini, R. R., & Sinaga, M. R. (2018). Games Pak Pos Membawa Surat Pada Sintax Model Pembelajaran Tematik. 6(1), 2338–2163.
- Reyhan, R. (2018). *Penggunaan umpan balik berbasis Facebook untuk meningkatkan pemahaman konsep ekosistem kelas X SMA* (Skripsi Sarjana, Universitas Pendidikan Indonesia). Universitas Pendidikan Indonesia Repository
- Riduwan. (2008). *Belajar Mudah Penelitian untuk Guru, Karyawan dan Peneliti Pemula*. Alfabeta
- Riduwan. (2013). *Metode dan Teknik Menyusun Proposal Penelitian*. Alfabeta.
- Riduwan. (2013). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Alfabeta.
- Riebeek, H., & Simmon, R. (2011). The Carbon Cycle. NASA Earth Observatory. NASA
- Rimarikmasari, R., Kamilah, F., & Yudi, S. (2022). Analisis implementasi pembelajaran IPA berbasis pengalaman pada siswa sekolah menengah pertama. *Journal of Science Education Research*, 6(1), 33–41
- Rohmawati, A. (2015). Efektivitas Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Usia Dini*, 9(1), 15–32.
- Samiasih, S. (2020). Penerapan Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Keaktifan dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 10(2), 154–165.
- Sanjaya, W. (2010). Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan, Kencana.
- Santoso, S. (2002). *Buku Latihan SPSS Statistik Parametrik*, PT. Elex Media Komputindo

- Saparuddin (2022) 'Penggunaan E-Modul Sebagai Solusi Untuk Meningkatkan Motivasi dan Kemandirian Belajar Peserta Didik, *Prosiding Seminar Nasional Biologi FMIPA UNM*. 445–452
- Sari, D. P., Wibowo, A., & Prasetyo, E. (2018). Improving Student Engagement through Interactive Learning Strategies in Science Education. *International Journal of Educational Research*, 89(1), 12-20.
- Sari, D. P., & Hidayati, N. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning terhadap Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Ekosistem di Kelas X SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(1), 45-52.
- Setiyowati, N. (2022). Penerapan Project Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sekolah Menengah Kejuruan. *JS (Jurnal Sekolah)*, 6(4), 86
- Simatupang, H., & Purnama, D. (2019). *Handbook Best Practice Strategi Belajar Mengajar*. CV. Pustaka Media Guru.
- Sirampun, E., Hermin, Pattipeilohy, dan Saripuddin. (2024). *Model Pembelajaran (Teori, Paktik, dan Inovasi)*, PT Media Penerbit Indonesia.
- Slavin, R. E. (2005). *Cooperative Learning Teori, Riset dan Praktik*. Nusa Media
- Soekamto, T., & Winatapura, U. S. (1997). *Teori belajar dan model-model pembelajaran*. P2T Universitas Terbuka.
- Sopiyudi, dan Dahlan, M. (2011), *Statistika untuk Kedokteran dan Kesehatan: Salwmba Medik*
- Stilling, P., D. (1999), *Ecology: Theories and applications* (3rd ed), Prentice-Hall, New Jersey.
- Suaidiah, S., Jamaluddin, J., & Hardiana, H. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Hasil Belajar Biologi di SMAN 7 Mataram Tahun Ajaran 2022/2023. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 278-284.
- Sudjana, N. (2013). *Penilaian Proses Hasil Belajar Mengajar*, PT Remaja Rosdakarya.
- Sudjana, N. (1990). *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. PT Remaja Rosdakarya.
- Sugiyono. (2006). *Metodologi Penelitian Pendidikan*, Alfabeta,
- Sugiyono. (2011). *Metode Penelitian Pendidikan*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Alfabeta,
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D)*, Alfabeta.

- Sugiyono, (2016). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D)*, Alfabeta.
- Sugiyono, (2019). *Metode Penelitian Kualitatif Kuantitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Sugiyono, (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D* (M.Dr. Ir. Sutopo, S.Pd (ed); ke2 ed), Alfabeta.
- Sugiyono. (2024). *Metode penelitian eksperimen: Pendekatan kuantitatif, kombinasi, dan R&D*. Alfabeta.
- Sukarelawan, M.I, Indratno, T. K., & Ayu, S. M. (2024). *N-Gain vs Stacking Analisis perubahan abilitas peserta didik dalam desain one group pretest-posttest*. Suryacahya.
- Sukarnyana, I. W., Moehnilabib, M., Mukhadis, A., Suparno, R., & Rofi'udin, A. (2003). *Dasar-dasar metodologi penelitian*. UM Press, Malang.
- Sukmadinata, Nana Syaodih. (2012). *Metode Penelitian Pendidikan*. PT Remaja Rosdakarya.
- barriers and facilitators to knowledge transfer and learning processes through a cross-departmental collaborative project in a municipal organization. *Learning Organization*.
- Supriadi, G. (2021). *Statistik Penelitian Pendidikan*. UNY Press.
- Supriyo, (2015), Pengaruh Buku Teks Dan Cetak Terhadap Hasil Belajar Di Sma N I Marga Tiga Kabupaten Lampung Timur Pada Kelas Xii. Ips Tahun Pelajaran 2013/2014
- Suryanti, E., Fitriani, A., Redjeki, S., & Riandi, R. (2019). Identifikasi Kesulitan Mahasiswa Dalam Pembelajaran Biologi Molekuler Berstrategi Modified Free Inquiry. *Perspektif Pendidikan Dan Keguruan*, 10(2), 37–47.
- Suryasubrata, S. (1990). *Psikologi Kepribadian*, CV Rajawali.
- Suryabrata, S. (2004). *Metodologi Penelitian*. Pustaka pelajar.
- Sutikno, S. (2004). *Model Pembelajaran Interaksi Sosial, Pembelajaran Efektif dan Retorika*. NTP Press. Mataram
- Susetyo, M., S., Ranchman, A., U., Prafitasari, A., N., Anggraeni, A., E., Alexander, F., Ulfa, M., Oktavia, Y., Safriyadi, S., Wardhani, W., D., L., ... & Dami, Z., A. (2023). *Inovasi Pembelajaran Abad 21*. Jember: UM Jember Press
- Susilowati, E. (2022). Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar Dalam Pembentukan Karakter Siswa Pada Mata Pelajaran Pendidikan Agama Islam. *Al-Miskawaih: Journal of Science Education*, 1(1), 115–132.
- Suwartini, N., & Yuliani, R. (2024). Hambatan dan strategi guru dalam menerapkan pembelajaran berbasis proyek di sekolah menengah pertama. *Jurnal Pendidikan Inovatif*, 7(2), 59–68.

- Syachtiyani, W. R., & Trisnawati, N. (2021). Analisis Motivasi Belajar dan Hasil Belajar Siswa di Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Pendidikan Ekonomi: Jurnal Ilmiah Ilmu Ekonomi, Manajemen Dan Akuntansi*, 15(1), 116-128.
- Taber K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296. Crossre
- Tanjung, R., Supriani, Y., Arifudin, O., & Ulfah, U. (2022). Manajemen Penyelenggaraan Pendidikan Inklusi pada Lembaga Pendidikan Islam. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(1), 339–348.
- Umma, Z. A. P. (2018). Pengembangan Media Paludarium Pada Materi Hutan Hujan Tropis Mata Kuliah Ekologi Jurusan Pendidikan Geografi Universitas Negeri Surabaya. *Swhara Bhumi*. 5(8), 20-24
- Utami, L., Festiyed, F., Ilahi, D. P., Ratih, A., Lazulva, L., & Yenti, E. (2021). Analisis indeks Aiken untuk mengetahui validitas isi instrumen scientific habits of mind. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 9(2), 260-271.
- Utomo, S. W., Sutriyono, I., & Rizal, R. (2014). *Pengertian, ruang lingkup ekologi dan ekosistem (Modul 1)*. Universitas Terbuka, Jakarta. ISBN 978-979-011-3251.
- Widayanti, L. (2014). Peningkatan Aktivitas Belajar dan Hasil Belajar Siswa dengan Metode Problem Based Learning pada Siswa Kelas VIIA MTs Negeri Donomulyo Kulon Progo Tahun Pelajaran 2012/2013. *Jurnal Fisika Indonesia*, 17(49), 32–35.
- Widiyanto, M. A. (2013). *Statistika Terapan: Konsep & Aplikasi dalam Penelitian Bidang Pendidikan, Psikologi dan Ilmu Sosial Lainnya*. PT Elex Media Komputindo,
- Wilson, G. B. (1996). *Constructivist learning environment*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Wirakusumah, S. (2009) *Dasar-Dasar Ekologi Bagi Populasi Dan Komunitas*, UI Press.
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar. *Journal on Education*, 5(2), 3928–3936.
- Yassin, A., & Bashir, A. (2024). Student Satisfaction with The Use of Chat-GPT as A Learning Resource. *Vocational: Journal of Educational Technology*, 1(1), 1–7.
- Yusup, F. (2018). Uji Validitas Dan Reliabilitas. *Jurnal Tarbiyah : Jurnal Ilmu Kependidikan*, 7(1), 17-23

- Zahri, T. N., Yusuf, A. M., & Neviyarni, S. (2017). Hubungan gaya belajar dan keterampilan belajar dengan hasil belajar mahasiswa serta implikasinya dalam pelayanan bimbingan dan konseling di Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Padang. *Konselor*, 6(1), 18±23
- Zubaidah, S. (2019). STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics): Pembelajaran untuk memberdayakan keterampilan abad ke-21 [STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics): Learning to Empower 21st Century Skills]. *Seminar Nasional Matematika Dan Sains*, 1–18.
- Zulkarnaen, Z., Chia, L. S., & Khoo, S. L. (2017). Developing a Creativity Assessment Tool in Biology Education: Focusing on Cognitive Flexibility and Out-of-the-Box Thinking. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1),