

Efektivitas Project-Based Learning dalam Pembelajaran Biologi: Meta-Analisis Berbasis Effect Size terhadap Hasil Belajar dan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi

Dhea Aulia inggawati ¹, Edy Chandra ², Shofwatun Nada ³

^{1,2,3} Tadris Biologi, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Institut Agama Islam Negeri Syekh Nurjati Cirebon

Korespondensi : ✉ dheaulialinggawati@gmail.com

Article Info

Article History

Received : 06-01-2025

Revised : 20-04-2025

Accepted : 23-04-2025

Keywords:

Project-Based Learning;
Pembelajaran biologi;
Meta-analisis;
Effect size;
Keterampilan berpikir tingkat tinggi

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas model *Project-Based Learning* (PjBL) dalam pembelajaran biologi melalui pendekatan meta-analisis berbasis *effect size*. Data penelitian diperoleh dari 25 artikel ilmiah yang dipilih dari total 50 studi yang memenuhi kriteria seleksi berbasis PRISMA. Analisis dilakukan dengan menghitung nilai *effect size* untuk mengukur kekuatan pengaruh PjBL terhadap berbagai variabel pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PjBL memiliki pengaruh yang signifikan dengan nilai *effect size* gabungan sebesar 0,88 yang termasuk dalam kategori besar. Temuan juga menunjukkan bahwa PjBL lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, seperti kreativitas, penalaran, dan berpikir kritis, dibandingkan dengan keterampilan proses sains. Selain itu, efektivitas PjBL dipengaruhi oleh jenjang pendidikan dan karakteristik materi pembelajaran, di mana materi yang bersifat kontekstual menunjukkan hasil yang lebih optimal. Penelitian ini menegaskan bahwa PjBL merupakan model pembelajaran yang efektif, namun implementasinya perlu disesuaikan dengan konteks pembelajaran.

ABSTRACT

This study aims to examine the effectiveness of Project-Based Learning (PjBL) in biology education using a meta-analysis approach based on effect size. The data were obtained from 25 selected studies out of 50 articles that met the PRISMA-based inclusion criteria. The analysis was conducted by calculating the effect size to determine the magnitude of PjBL's impact on various learning variables. The results indicate that PjBL has a significant effect, with a combined effect size of 0.88, categorized as large. The findings further reveal that PjBL is more effective in enhancing higher-order thinking skills, such as creativity, reasoning, and critical thinking, compared to science process skills. Additionally, the effectiveness of PjBL varies depending on educational level and subject characteristics, with contextual topics showing stronger effects. This study confirms that PjBL is an effective instructional model; however, its implementation should be adapted to specific learning contexts.

PENDAHULUAN

Peningkatan kualitas pembelajaran biologi menjadi isu strategis dalam pengembangan pendidikan sains, terutama dalam membentuk kemampuan berpikir ilmiah, kreatif, dan aplikatif pada peserta didik. Pembelajaran biologi menuntut keterlibatan aktif dalam proses ilmiah,

termasuk kemampuan menyusun penjelasan, melakukan analisis, serta mengintegrasikan konsep dengan fenomena nyata. Keterlibatan ini berperan penting dalam memperkuat pemahaman konseptual sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan literasi sains peserta didik (Nawani et al., 2019; Arifiyyati et al., 2023). Selain itu, keterkaitan antara kemampuan argumentasi, kolaborasi, dan hasil belajar menunjukkan bahwa pembelajaran biologi yang efektif tidak dapat dipisahkan dari pengembangan keterampilan kognitif dan sosial secara simultan (Zahra et al., 2023).

Namun demikian, implementasi pembelajaran di kelas masih didominasi oleh pendekatan konvensional yang cenderung bersifat *teacher-centered*. Pola ini membatasi partisipasi aktif peserta didik dan berdampak pada rendahnya keterlibatan, kreativitas, serta kemampuan berpikir kritis. Pembelajaran pasif terbukti kurang efektif dalam meningkatkan hasil belajar dibandingkan dengan pendekatan yang melibatkan aktivitas belajar secara langsung dan bermakna (Diepreye & Odukoya, 2019). Pergeseran menuju pembelajaran aktif menunjukkan peningkatan signifikan baik pada performa akademik maupun persepsi belajar peserta didik (El Sadik & Al Abdulmonem, 2021). Kondisi ini menegaskan perlunya transformasi model pembelajaran yang lebih adaptif, kontekstual, dan berorientasi pada peserta didik.

Dalam konteks tersebut, *Project Based Learning* (PjBL) berkembang sebagai pendekatan yang mampu mengakomodasi kebutuhan pembelajaran abad ke-21 melalui aktivitas berbasis proyek yang terintegrasi dengan permasalahan autentik. Model ini memberikan ruang bagi peserta didik untuk membangun pengetahuan secara mandiri melalui eksplorasi, kolaborasi, dan produksi karya. Implementasi PjBL dalam pembelajaran biologi terbukti berkontribusi terhadap pengembangan keterampilan berpikir kreatif, pemecahan masalah, dan kolaborasi sebagai bagian dari kompetensi abad ke-21 (Dewi & Arifin, 2024; Baran et al., 2021). Selain itu, integrasi PjBL dengan pembelajaran kolaboratif menunjukkan peningkatan hasil belajar sekaligus penguatan keterampilan sosial peserta didik (Sukmawati et al., 2019).

Meskipun demikian, temuan empiris mengenai efektivitas PjBL dalam pembelajaran biologi masih menunjukkan variasi yang signifikan. Perbedaan tersebut tampak pada besarnya pengaruh yang dilaporkan, jenis variabel yang diukur, serta konteks implementasi seperti jenjang pendidikan dan materi pembelajaran. Variasi ini mengindikasikan adanya heterogenitas hasil penelitian yang belum sepenuhnya terpetakan secara sistematis, sehingga menyulitkan penarikan kesimpulan yang komprehensif mengenai efektivitas PjBL (Chow & Ekholm, 2018). Di sisi lain, sebagian besar penelitian masih berfokus pada konteks spesifik atau variabel tunggal, sehingga belum memberikan gambaran menyeluruh mengenai pola efektivitas PjBL dalam pembelajaran biologi.

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat kesenjangan penelitian yang terletak pada belum tersedianya sintesis kuantitatif yang mengintegrasikan berbagai temuan empiris PjBL dalam pembelajaran biologi secara komprehensif dengan mempertimbangkan variasi konteks dan variabel. Selain itu, interpretasi terhadap besaran pengaruh seringkali belum dilakukan secara konsisten melalui pendekatan statistik yang terstandar, sehingga diperlukan analisis yang lebih sistematis berbasis *effect size* untuk memperoleh estimasi pengaruh yang lebih akurat dan dapat dibandingkan antarstudi (Simpson, 2020). Penelitian ini menawarkan kebaruan melalui pendekatan meta-analisis yang tidak hanya mengukur efektivitas PjBL secara keseluruhan, tetapi juga memetakan pola pengaruhnya berdasarkan jenjang pendidikan, materi pembelajaran, dan

variabel terikat. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi distribusi effect size secara lebih terstruktur, sehingga memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kondisi di mana PjBL bekerja secara optimal dalam pembelajaran biologi. Dengan demikian, penelitian ini tidak sekadar mengonfirmasi efektivitas PjBL, tetapi juga memperluas pemahaman mengenai variasi dan kekuatan pengaruhnya dalam berbagai konteks pembelajaran.

Sejalan dengan hal tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis secara komprehensif efektivitas model Project-Based Learning dalam pembelajaran biologi melalui pendekatan meta-analisis berbasis effect size. Analisis dilakukan untuk menentukan besarnya pengaruh PjBL secara keseluruhan serta mengidentifikasi perbedaan efektivitas berdasarkan jenjang pendidikan, materi pembelajaran, dan variabel terikat. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi empiris dalam memperkuat dasar pengambilan keputusan terkait implementasi model pembelajaran yang efektif dalam pembelajaran biologi, sekaligus memperkaya kajian meta-analisis dalam bidang pendidikan sains (Nastiti et al., 2023; Rohmatika et al., 2024; Zulyusri et al., 2023).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode meta-analisis untuk mengkaji efektivitas model *Project-Based Learning* (PjBL) dalam pembelajaran biologi. Meta-analisis dipilih karena mampu mengintegrasikan berbagai temuan empiris secara statistik sehingga menghasilkan estimasi pengaruh yang lebih akurat, objektif, dan memiliki daya generalisasi yang lebih luas. Pendekatan ini memungkinkan pengukuran kekuatan pengaruh suatu intervensi pembelajaran melalui nilai *effect size*, yang menjadi indikator utama dalam mengevaluasi efektivitas model pembelajaran. Penggunaan meta-analisis dalam konteks pembelajaran berbasis proyek telah terbukti memberikan sintesis yang komprehensif terhadap dampak PjBL terhadap hasil belajar peserta didik (Zhang & Ma, 2023). Selain itu, pendekatan ini juga banyak digunakan untuk menganalisis efektivitas model pembelajaran dalam meningkatkan keterampilan berpikir, khususnya pada pembelajaran biologi (Astutik & Wijayanti, 2020).

Sumber Data dan Strategi Pencarian

Data penelitian diperoleh dari artikel ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal nasional terakreditasi (SINTA 1–3) dalam rentang waktu delapan tahun terakhir. Proses pencarian dilakukan secara sistematis dengan menggunakan kombinasi kata kunci yang relevan, seperti *project based learning*, *biology learning*, dan *effect size*. Strategi pencarian ini dirancang untuk memastikan bahwa artikel yang diperoleh memiliki kesesuaian topik dan relevansi metodologis dengan tujuan penelitian. Pendekatan pencarian sistematis merupakan langkah penting dalam meta-analisis untuk meminimalkan bias seleksi serta memastikan cakupan literatur yang komprehensif (Hernández-Ramos et al., 2021). Selain itu, pemilihan studi yang berfokus pada implementasi PjBL dalam konteks pembelajaran juga mempertimbangkan keberagaman konteks pendidikan dan integrasi pembelajaran berbasis proyek dalam kurikulum sebagai faktor yang memengaruhi efektivitas pembelajaran (Kalla et al., 2022). Seluruh artikel yang diperoleh melalui proses pencarian kemudian dikompilasi sebagai populasi awal penelitian dan selanjutnya diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.

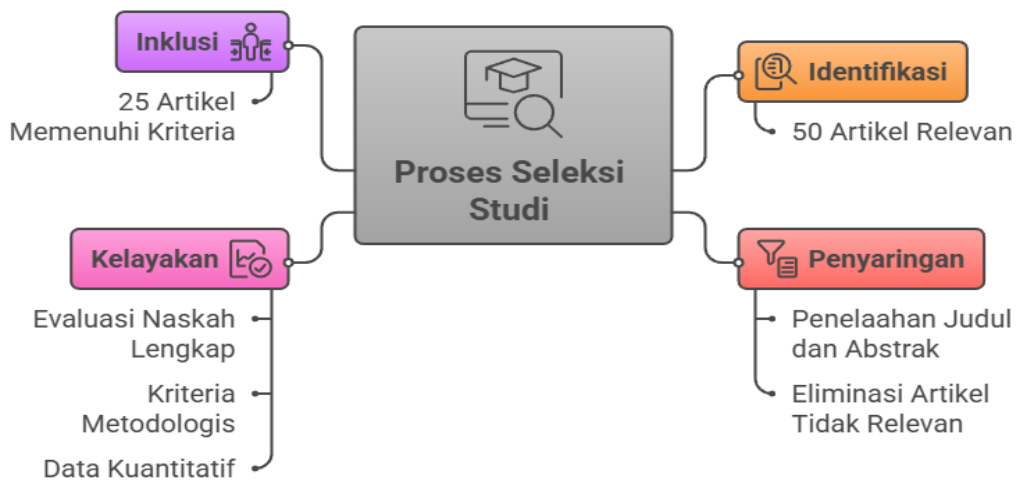
Prosedur Seleksi Studi (PRISMA Approach)

Proses seleksi studi dalam penelitian ini mengikuti alur *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) yang meliputi tahap identifikasi, penyaringan (*screening*), kelayakan (*eligibility*), dan inklusi. Penerapan alur PRISMA bertujuan untuk memastikan transparansi, konsistensi, dan replikasi dalam proses pemilihan studi yang dianalisis (Gates & March, 2016; Abdul & Minervini, 2023). Pada tahap identifikasi, diperoleh sebanyak 50 artikel yang relevan dengan topik penerapan model *Project-Based Learning* dalam pembelajaran biologi. Selanjutnya, pada tahap penyaringan dilakukan penelaahan terhadap judul dan abstrak untuk memastikan kesesuaian topik penelitian. Tidak ditemukan artikel duplikat, namun beberapa artikel dieliminasi karena tidak secara spesifik membahas pembelajaran biologi atau tidak menjadikan PjBL sebagai variabel utama. Proses penyaringan ini merupakan tahapan krusial dalam meta-analisis untuk mengurangi bias seleksi dan meningkatkan validitas studi yang terpilih (Stoll et al., 2019).

Tahap berikutnya adalah kelayakan (*eligibility*), yaitu evaluasi terhadap naskah lengkap (*full-text*) untuk memastikan kesesuaian metodologis dengan kriteria penelitian. Artikel yang tidak menggunakan desain eksperimen atau kuasi-eksperimen serta tidak menyediakan data kuantitatif yang diperlukan, seperti nilai *pretest-posttest*, standar deviasi, atau hasil uji statistik, dikeluarkan dari analisis. Penerapan kriteria ini penting untuk menjamin bahwa studi yang dianalisis memiliki kualitas metodologis yang memadai dan memungkinkan perhitungan *effect size* secara akurat dalam meta-analisis (Gates & March, 2016). Berdasarkan keseluruhan proses seleksi tersebut, diperoleh sebanyak 25 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan selanjutnya digunakan dalam analisis meta.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

No.	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
1	Penelitian menggunakan desain eksperimen atau kuasi-eksperimen	Tidak menggunakan desain eksperimen atau kuasi-eksperimen
2	Berfokus pada penerapan Project Based Learning (PjBL) dalam pembelajaran biologi	Tidak relevan dengan model PjBL atau tidak dalam konteks pembelajaran biologi
3	Menyediakan data kuantitatif (<i>pretest-posttest</i> , standar deviasi, atau uji statistik)	Tidak memiliki data kuantitatif yang memungkinkan perhitungan <i>effect size</i>
4	Dipublikasikan dalam jurnal terakreditasi (SINTA 1–3) dalam rentang waktu yang ditentukan	Dipublikasikan di luar kriteria jurnal atau rentang waktu yang ditetapkan



Gambar 1. Alur Prisma

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menghitung nilai effect size dari masing-masing studi untuk mengetahui besarnya pengaruh model Project Based Learning. Effect size digunakan sebagai ukuran standar yang memungkinkan perbandingan antarpelitian dengan variabel dan skala yang berbeda. Perhitungan effect size menggunakan pendekatan perbedaan rerata antar kelompok:

$$ES = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{pooled}}$$

dengan simpangan baku gabungan dihitung sebagai berikut:

$$S_{pooled} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Variansi effect size dihitung menggunakan:

$$Var(d) = \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}$$

dan standar error dihitung dengan:

$$SE = S_{pooled} \times \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

Interval kepercayaan 95% digunakan untuk menginterpretasikan rentang estimasi effect size.

Prosedur Sintesis Data

Nilai effect size dari setiap studi dianalisis secara deskriptif dan komparatif untuk mengidentifikasi pola efektivitas model PjBL. Analisis dilakukan berdasarkan beberapa kategori, yaitu jenjang pendidikan (SMP dan SMA), materi pembelajaran biologi, dan variabel terikat yang diteliti. Selain itu, dilakukan perhitungan effect size gabungan untuk memperoleh estimasi pengaruh secara keseluruhan. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi yang lebih komprehensif terhadap konsistensi maupun variasi pengaruh model Project Based Learning dalam berbagai konteks pembelajaran biologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis meta dilakukan terhadap 25 artikel terpilih untuk mengidentifikasi pola efektivitas model *Project-Based Learning* (PjBL) dalam pembelajaran biologi. Penyajian hasil tidak hanya menampilkan distribusi data, tetapi juga menekankan interpretasi terhadap variasi *effect size* sebagai indikator kekuatan pengaruh dalam berbagai konteks pembelajaran.

Distribusi Effect Size pada Setiap Studi

Variasi nilai *effect size* antardisiplin menjadi indikator utama untuk memahami konsistensi dan kekuatan pengaruh PjBL. Distribusi ini penting untuk mengidentifikasi apakah efektivitas model bersifat stabil atau bergantung pada kondisi tertentu. Selain itu, pemetaan kategori effect size memberikan dasar untuk menilai sejauh mana PjBL memberikan dampak signifikan dalam pembelajaran biologi.

Tabel 1. Distribusi Effect Size pada Setiap Studi

No	Kode Jurnal	Jumlah Sub <i>Effect size</i>	<i>Effect size</i>	Kategori	Jumlah Artikel
1	J33	1	0,21		
2	J6	1	0,26		
3	J14	1	0,36	Efek Kecil	4
4	J19	1	0,45		
5	J42	1	0,61		
6	J10	1	0,63		
7	J23	1	0,66		
8	J26	1	0,71		
9	J45	1	0,72	Efek Sedang	10
10	J3	1	0,73		
11	J30	1	0,73		
12	J41	1	0,74		
13	J38	1	0,75		
14	J27	1	0,79		
15	J37	1	0,91		
16	J39	1	0,95		
17	J9	1	1,05		
18	J8	1	1,07	Efek Besar	9
19	J50	1	1,11		
20	J29	1	1,29		
21	J32	1	1,67		
22	J35	1	2,19		
23	J15	1	11,5		
<i>Effect size</i> Gabungan			0,88		23

Berdasarkan Tabel 1, distribusi *effect size* menunjukkan bahwa sebagian besar studi berada pada kategori sedang hingga besar. Sebanyak enam studi termasuk dalam kategori efek kecil, sepuluh studi dalam kategori efek sedang, dan sembilan studi dalam kategori efek besar. Pola ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi efektivitas, dominasi kategori sedang dan besar

mengindikasikan kecenderungan kuat bahwa PjBL memberikan dampak positif yang signifikan. Nilai *effect size* gabungan sebesar 0,88 memperkuat temuan tersebut, menunjukkan bahwa secara agregat PjBL berada pada kategori efek besar. Namun demikian, keberadaan nilai effect size yang sangat tinggi pada beberapa studi mengindikasikan adanya kemungkinan pengaruh faktor eksternal seperti ukuran sampel, desain penelitian, atau intensitas implementasi model. Dengan demikian, interpretasi terhadap nilai agregat perlu mempertimbangkan heterogenitas antar studi, bukan sekadar nilai rata-rata.

Effect Size Berdasarkan Jenjang Pendidikan

Analisis berdasarkan jenjang pendidikan dilakukan untuk mengidentifikasi apakah efektivitas PjBL bersifat universal atau bergantung pada tahap perkembangan peserta didik. Perbandingan ini menjadi penting karena karakteristik kognitif dan pengalaman belajar pada setiap jenjang pendidikan dapat memengaruhi keberhasilan implementasi model pembelajaran.

Tabel 2. *Effect Size* Berdasarkan Jenjang Pendidikan

No	Jenjang Pendidikan	Jumlah Artikel	<i>Effect size</i>	Kategori
1	SMP	3	4,43	Efek Besar
2	SMA	20	0,81	

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai *effect size* pada jenjang SMP sebesar 4,43 dan pada jenjang SMA sebesar 0,81, yang keduanya termasuk dalam kategori efek besar. Perbedaan yang signifikan antara kedua jenjang ini menunjukkan bahwa PjBL cenderung memberikan dampak yang lebih kuat pada jenjang pendidikan yang lebih rendah. Namun, interpretasi terhadap temuan ini memerlukan kehati-hatian. Jumlah studi pada jenjang SMP yang relatif lebih sedikit dibandingkan dengan SMA berpotensi menghasilkan estimasi effect size yang lebih ekstrem. Oleh karena itu, meskipun secara numerik PjBL tampak lebih efektif pada jenjang SMP, temuan ini perlu dipahami sebagai indikasi awal yang dipengaruhi oleh distribusi data, bukan sebagai generalisasi absolut.

Effect Size Berdasarkan Materi Pembelajaran

Analisis berdasarkan materi pembelajaran bertujuan untuk mengidentifikasi kesesuaian antara karakteristik materi biologi dan efektivitas PjBL. Hal ini penting karena tidak semua materi memiliki tingkat kompatibilitas yang sama dengan pendekatan berbasis proyek.

Tabel 3. *Effect Size* Berdasarkan Materi Pembelajaran

No	Materi Pembelajaran	Jumlah artikel	<i>Effect size</i>	Kategori
1.	Pencemaran Lingkungan	6	2,59	Efek Besar
2.	Bioteknologi	1	1,29	
3.	Sistem Pernapasan	2	0,95	
4.	Sistem Sirkulasi	1	0,95	
5.	Invertebrate	1	0,91	
6.	Eubacteria	2	0,77	Efek Sedang
7.	Sistem Koordinasi	4	0,77	
8.	Sel	1	0,75	

9.	Sistem Reproduksi	1	0,73	
10.	Sistem Ekskresi	1	0,71	
11.	Ekosistem	2	0,48	
12.	Sistem Gerak	1	0,21	Efek Kecil

Berdasarkan Tabel 3, materi pencemaran lingkungan menunjukkan nilai *effect size* tertinggi sebesar 2,59, diikuti oleh bioteknologi dan sistem pernapasan. Sebaliknya, materi sistem gerak memiliki nilai *effect size* terendah sebesar 0,21.

Pola ini menunjukkan bahwa efektivitas PjBL sangat dipengaruhi oleh sifat materi pembelajaran. Materi yang kontekstual dan berkaitan langsung dengan kehidupan sehari-hari cenderung lebih sesuai dengan pendekatan berbasis proyek karena memungkinkan eksplorasi masalah nyata. Sebaliknya, materi yang bersifat abstrak atau struktural cenderung kurang optimal jika tidak didukung dengan desain proyek yang tepat. Dengan demikian, keberhasilan PjBL tidak hanya ditentukan oleh model pembelajaran, tetapi juga oleh tingkat kesesuaian antara karakteristik materi dan aktivitas proyek yang dirancang.

Effect Size Berdasarkan Variabel Terikat

Analisis berdasarkan variabel terikat dilakukan untuk mengidentifikasi aspek pembelajaran mana yang paling dipengaruhi oleh PjBL. Pendekatan ini memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kontribusi PjBL terhadap berbagai dimensi hasil belajar.

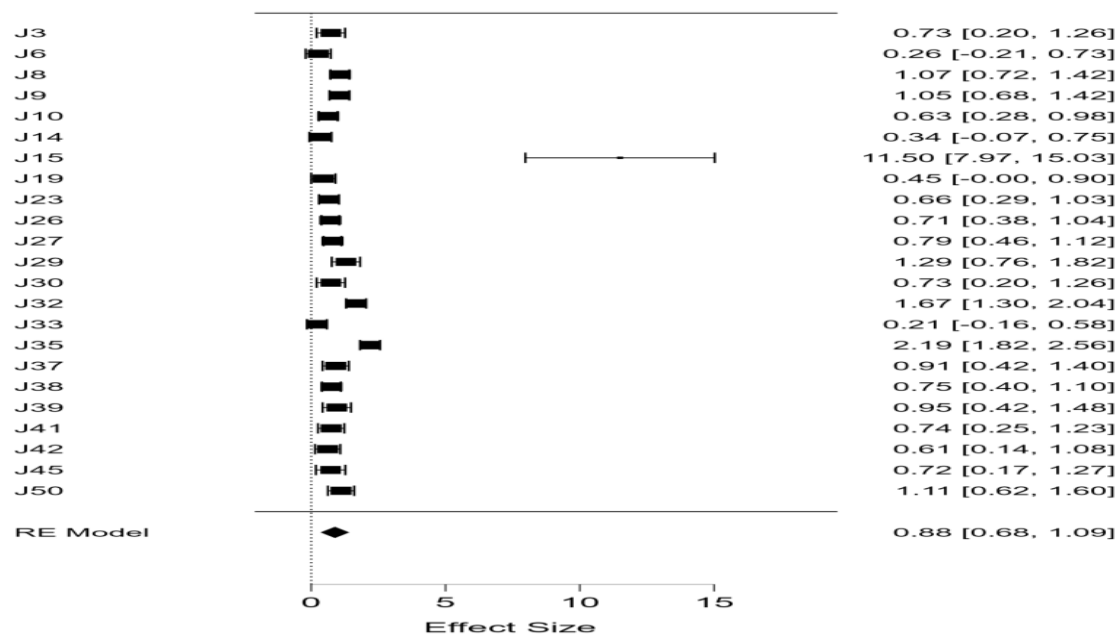
Tabel 4. Effect Size Berdasarkan Variabel Terikat

No	Variabel Terikat	Jumlah Artikel	<i>Effect size</i>	Kategori
1.	Keterampilan Berfikir Kreatif	3	4,32	
2.	Penalaran Siswa	1	2,19	
3.	Keterampilan Berpikir Kritis	2	0,98	Efek Besar
4.	Literasi Sains	5	0,93	
5.	Pengetahuan Prosedural	1	0,73	Efek Sedang
6.	Hasil Belajar	9	0,69	
7.	Keterampilan Proses Sains	2	0,31	Efek Kecil

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kreatif memiliki nilai *effect size* tertinggi sebesar 4,32, diikuti oleh penalaran siswa dan keterampilan berpikir kritis. Sebaliknya, keterampilan proses sains memiliki nilai terendah sebesar 0,31. Temuan ini mengindikasikan bahwa PjBL lebih efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dibandingkan dengan aspek keterampilan prosedural atau teknis. Hal ini sejalan dengan karakteristik PjBL yang menekankan eksplorasi, inovasi, dan pemecahan masalah kompleks. Namun demikian, rendahnya *effect size* pada keterampilan proses sains menunjukkan bahwa pengembangan keterampilan ini memerlukan pendekatan yang lebih terstruktur dan eksplisit. Dengan kata lain, PjBL perlu dipadukan dengan strategi lain agar mampu mengoptimalkan seluruh aspek kompetensi peserta didik.

Effect Size Gabungan dan Visualisasi Forest Plot

Penghitungan *effect size* gabungan bertujuan untuk memperoleh estimasi keseluruhan dari pengaruh PjBL dengan mempertimbangkan variasi antastudi. Visualisasi melalui forest plot digunakan untuk memperkuat interpretasi data secara komprehensif.



Gambar 1. Forest Plot Effect Size

Forest plot menunjukkan distribusi nilai effect size dari setiap studi beserta interval kepercayaannya. Variasi panjang interval kepercayaan mencerminkan tingkat presisi masing-masing studi, di mana interval yang lebih lebar menunjukkan variasi yang lebih tinggi atau ukuran sampel yang lebih kecil. Nilai effect size gabungan sebesar 0,88 dengan interval kepercayaan antara 0,675 hingga 1,087 menunjukkan bahwa secara keseluruhan PjBL memiliki pengaruh yang signifikan dalam kategori besar. Namun, adanya variasi interval kepercayaan antar studi menegaskan bahwa efektivitas PjBL tidak bersifat homogen.

Sintesis Hasil

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Project Based Learning merupakan model pembelajaran yang efektif dalam pembelajaran biologi dengan kekuatan pengaruh yang tinggi. Namun, efektivitas tersebut dipengaruhi oleh konteks implementasi, termasuk jenjang pendidikan, karakteristik materi, dan jenis variabel yang diukur. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan PjBL tidak bersifat universal, melainkan bergantung pada kesesuaian antara desain pembelajaran dan konteks penggunaannya. Oleh karena itu, implementasi PjBL perlu dirancang secara adaptif untuk memaksimalkan potensi efektivitasnya.

Hasil meta-analisis menunjukkan bahwa model *Project Based Learning* (PjBL) memiliki pengaruh signifikan dalam pembelajaran biologi dengan nilai *effect size* gabungan sebesar 0,88 yang termasuk dalam kategori besar. Temuan ini menguatkan bahwa PjBL merupakan pendekatan pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran sains. Secara komparatif, hasil ini konsisten dengan berbagai studi meta-analisis yang menunjukkan bahwa PjBL berkontribusi positif terhadap capaian akademik dan keterampilan proses sains peserta didik.

(Setiyadi et al., 2024; Safitri, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas PjBL tidak bersifat insidental, melainkan memiliki pola yang relatif konsisten dalam berbagai konteks pembelajaran.

Namun demikian, dibandingkan dengan beberapa penelitian yang melaporkan nilai *effect size* yang lebih tinggi, temuan penelitian ini menunjukkan kecenderungan pengaruh yang lebih moderat tetapi stabil. Variasi ini menegaskan bahwa efektivitas PjBL sangat bergantung pada kualitas implementasi dan konteks pembelajaran. Studi lain menunjukkan bahwa pengaruh PjBL terhadap keterampilan berpikir kritis dan matematis dapat bervariasi tergantung pada desain pembelajaran dan intensitas keterlibatan peserta didik (Susiyanti et al., 2022). Dengan demikian, PjBL tidak dapat dipahami sebagai model yang secara otomatis efektif, tetapi sebagai pendekatan yang memerlukan perancangan pedagogis yang tepat.

Dari perspektif teoretis, efektivitas PjBL dapat dijelaskan melalui kerangka konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif melalui pengalaman belajar. PjBL memungkinkan peserta didik untuk mengonstruksi pemahaman melalui aktivitas proyek yang autentik dan kontekstual, sehingga memperkuat keterkaitan antara teori dan praktik (Jumaat et al., 2017; Siska et al., 2024). Selain itu, pendekatan ini juga selaras dengan teori *experiential learning* yang menekankan pembelajaran melalui pengalaman langsung sebagai dasar pembentukan pengetahuan yang bermakna (Rahmi, 2024). Integrasi kedua perspektif ini menjelaskan mengapa PjBL mampu menghasilkan peningkatan yang signifikan pada keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa PjBL memiliki pengaruh yang lebih kuat terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi, seperti kreativitas, penalaran, dan berpikir kritis, dibandingkan dengan keterampilan proses sains. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa PjBL secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan berpikir kompleks dalam pembelajaran sains (Melisa et al., 2024; Sucilestari et al., 2023). Selain itu, implementasi PjBL yang terintegrasi dengan keterampilan abad ke-21 terbukti mampu memperkuat *higher-order thinking skills* secara lebih sistematis (Hujjatusnaini et al., 2022; Fajar et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan utama PjBL terletak pada kemampuannya mendorong eksplorasi, inovasi, dan pemecahan masalah terbuka.

Sebaliknya, pengaruh yang relatif lebih rendah pada keterampilan proses sains menunjukkan adanya keterbatasan PjBL dalam mengembangkan aspek prosedural yang memerlukan latihan terstruktur dan berulang. Temuan ini mengindikasikan bahwa PjBL lebih efektif sebagai pendekatan untuk pengembangan kemampuan konseptual dan kognitif tingkat tinggi dibandingkan keterampilan teknis. Oleh karena itu, diperlukan integrasi dengan pendekatan lain, seperti *inquiry-based learning* atau *guided practice*, untuk mengoptimalkan pengembangan keterampilan proses sains.

Perbandingan dengan model pembelajaran lain juga menunjukkan bahwa PjBL memiliki keunggulan dalam meningkatkan keterlibatan dan kualitas berpikir peserta didik. Studi komparatif menunjukkan bahwa PjBL dan *problem-based learning* sama-sama efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir, namun PjBL lebih unggul dalam aspek kreativitas dan produksi karya (Anazifa & Djukri, 2017; Suradika et al., 2023). Hal ini memperkuat bahwa karakteristik berbasis proyek memberikan ruang yang lebih luas bagi peserta didik untuk mengeksplorasi ide dan menghasilkan solusi yang inovatif.

Variasi efektivitas PjBL berdasarkan jenjang pendidikan dan materi pembelajaran menunjukkan bahwa keberhasilan model ini bersifat kontekstual. Materi yang bersifat kontekstual dan berbasis masalah nyata cenderung menghasilkan *effect size* yang lebih tinggi, karena lebih sesuai dengan karakteristik PjBL yang menekankan pembelajaran berbasis pengalaman. Sebaliknya, materi yang bersifat abstrak menunjukkan efektivitas yang lebih rendah, yang mengindikasikan perlunya adaptasi desain proyek agar sesuai dengan karakteristik materi.

Temuan ini sekaligus menutup kesenjangan penelitian yang sebelumnya cenderung mengkaji efektivitas PjBL secara parsial tanpa mempertimbangkan variasi konteks pembelajaran. Dengan menggunakan pendekatan meta-analisis berbasis *effect size*, penelitian ini memberikan kontribusi dalam memetakan pola efektivitas PjBL secara lebih komprehensif, tidak hanya dari segi besaran pengaruh, tetapi juga dari faktor-faktor yang memengaruhinya. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa PjBL merupakan model pembelajaran yang efektif dalam pembelajaran biologi, namun efektivitas tersebut sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara desain pembelajaran, karakteristik materi, dan tujuan pembelajaran. Oleh karena itu, implementasi PjBL perlu dilakukan secara adaptif dan terintegrasi dengan pendekatan lain agar mampu mengoptimalkan seluruh aspek kompetensi peserta didik.

KESIMPULAN

Meta-analisis ini menunjukkan bahwa *Project Based Learning* (PjBL) memiliki efektivitas tinggi dalam pembelajaran biologi dengan *effect size* kategori besar. Temuan ini menegaskan bahwa PjBL secara konsisten mampu meningkatkan kualitas pembelajaran, terutama pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti kreativitas, penalaran, dan berpikir kritis. Secara teoretis, hasil ini memperkuat kerangka konstruktivisme dan *experiential learning*, di mana pembelajaran berbasis proyek mendorong konstruksi pengetahuan melalui pengalaman autentik. Namun, efektivitas PjBL tidak bersifat universal, karena cenderung lebih optimal pada materi kontekstual dan kurang maksimal dalam mengembangkan keterampilan proses sains yang memerlukan pendekatan lebih terstruktur. Implikasinya, implementasi PjBL perlu dirancang secara adaptif dengan mempertimbangkan karakteristik materi dan tujuan pembelajaran, serta diintegrasikan dengan pendekatan lain untuk mengoptimalkan seluruh aspek kompetensi. Penelitian ini berkontribusi dalam memperjelas kondisi optimal dan keterbatasan PjBL, sehingga memberikan dasar empiris bagi pengembangan pembelajaran biologi yang lebih efektif dan kontekstual.

DAFTAR PUSTAKA

- Nawani, J., von Kotzebue, L., Spangler, M., & Neuhaus, B. J. (2019). Engaging students in constructing scientific explanations in biology classrooms: A lesson-design model. *Journal of Biological Education*, 53(4), 378–389. <https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1472131>
- Arifiyyati, M. F., Rofi'ah, N. L., & Listyono, L. (2023). Correlation between scientific literacy with higher order thinking skills and self-efficacy in biology learning. *Jurnal Biolokus: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi dan Biologi*, 5(2), 166–176. <http://dx.doi.org/10.30821/biolokus.v5i2.1633>
- Zahra, F., Wanah, H. N., Zubaidah, S., Mahanal, S., & Arsih, F. (2023). The correlation between argumentation skills, collaboration skills and biology learning outcomes in high school. In

- AIP Conference Proceedings* (Vol. 2569, No. 1, p. 020015). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0112394>
- Diepreye, F. F., & Odukoya, J. A. (2019). The impact of passive and active teaching methods on students' learning among secondary school students in Yenagoa, Bayelsa State. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1378, No. 2, p. 022099). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/2/022099>
- El Sadik, A., & Al Abdulmonem, W. (2021). Improvement in student performance and perceptions through a flipped anatomy classroom: Shifting from passive traditional to active blended learning. *Anatomical Sciences Education*, 14(4), 482–490. <https://doi.org/10.1002/ase.2015>
- Agustini, K., Wahyuni, D. S., Mertayasa, I. N. E., Wedhanti, N. K., & Sukrawarpala, W. (2021). Student-centered learning models and learning outcomes: Meta-analysis and effect sizes on the students' thesis. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1810, No. 1, p. 012049). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1810/1/012049>
- Fajrina, S., Anggriyani, R., Arsih, F., Fadilah, M., Restudila, E., Kharisma, A., & Putri, A. M. (2024). The feature of project-based learning and differentiated instruction practices in biology learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(12), 10142–10151. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i12.8992>
- Dewi, M. R., & Arifin, Z. (2024). Analysis of 21st century skills in the implementation of project based learning in biology learning Merdeka curriculum. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(4), 2118–2128. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i4.5941>
- Baran, M., Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. (2021). The influence of project-based STEM (PjBL-STEM) applications on the development of 21st century skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 798–815. <https://doi.org/10.36681/tused.2021.104>
- Sukmawati, F., Setyosari, P., Sulton, S., & Purnomo, P. (2019). The effect of project-based collaborative learning and social skills on learning outcomes in biology learning. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(4), 1325–1344. <https://doi.org/10.17478/jegys.630693>
- Chow, J. C., & Ekholm, E. (2018). Do published studies yield larger effect sizes than unpublished studies in education and special education? A meta-review. *Educational Psychology Review*, 30, 727–744. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9437-7>
- Simpson, A. (2020). On the misinterpretation of effect size. *Educational Studies in Mathematics*, 103, 125–133. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-09924-4>
- Nastiti, L. R., Sunarno, W., Saputro, S., Sukarmin, S., Chusni, M. M., & Qamariyah, Z. (2023). Project-based learning's effectiveness in teaching science creative thinking capabilities: Meta-analysis. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2751, No. 1, p. 100007). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0159781>
- Rohmatika, R., Yuliani, H., & Annovasho, J. (2024). Meta-analysis: The impact of PjBL on students' creative thinking skills in physics education. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 12(1), 116–134. <https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i1.11793>
- Zulyusri, Z., Elfira, I., Lufri, L., & Santosa, T. A. (2023). Literature study: Utilization of the PjBL model in science education to improve creativity and critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 133–143. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2555>
- Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, 14, 1202728. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>

- Astutik, F., & Wijayanti, E. (2020). Meta-analysis: The effect of learning methods on students' critical thinking skills in biological materials. *Jurnal Studi Guru dan Pembelajaran*, 3(3), 429–437. <https://doi.org/10.30605/jsgp.3.3.2020.425>
- Hernández-Ramos, J., Perna, J., Cáceres-Jensen, L., & Rodríguez-Becerra, J. (2021). The effects of using socio-scientific issues and technology in problem-based learning: A systematic review. *Education Sciences*, 11(10), 640. <https://doi.org/10.3390/educsci11100640>
- Kalla, M., Jerowsky, M., Howes, B., & Borda, A. (2022). Expanding formal school curricula to foster action competence in sustainable development: A proposed free-choice project-based learning curriculum. *Sustainability*, 14(23), 16315. <https://doi.org/10.3390/su142316315>
- Gates, N. J., & March, E. G. (2016). A neuropsychologist's guide to undertaking a systematic review for publication: Making the most of PRISMA guidelines. *Neuropsychology Review*, 26(2), 109–120. <https://doi.org/10.1007/s11065-016-9318-0>
- Abdul, N. S., & Minervini, G. (2023). Prevalence of temporomandibular disorders in orthognathic surgery patients: A systematic review conducted according to PRISMA guidelines and the Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. *Journal of Oral Rehabilitation*, 50(10), 1093–1100. <https://doi.org/10.1111/joor.13534>
- Stoll, C. R., Izadi, S., Fowler, S., Green, P., Suls, J., & Colditz, G. A. (2019). The value of a second reviewer for study selection in systematic reviews. *Research Synthesis Methods*, 10(4), 539–545. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1369>
- Setiyadi, M. W., Sudiarmika, A. I. A. R., Suma, K., & Suardana, N. (2024). Meta-analysis: The effect of project based learning on science process skills. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 10(1), 52–62. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v10i1.5227>
- Safitri, I. (2024). Transformation of student science achievement through project-based learning (PjBL): A meta-analysis study. *Scientiae Educatia: Jurnal Pendidikan Sains*, 13(2), 146–158. <https://doi.org/10.24235/sc.educatia.v13i2.18694>
- Susiyanti, Y., Juandi, D., & Suparman. (2022). Does project-based learning have a positive effect on students' mathematical critical thinking skills? A meta-analysis. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2468, No. 1, p. 070009). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0102486>
- Hujjatusnaini, N., Corebima, A. D., Prawiro, S. R., & Gofur, A. (2022). The effect of blended project-based learning integrated with 21st-century skills on pre-service biology teachers' higher-order thinking skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 104–118. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i1.27148>
- Fajar, D. M., Ramli, M., Ariyanto, J., Widoretno, S., Sajidan, S., & Prasetyanti, N. M. (2020). Enhancing students' thinking skills through project-based learning in biology. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(2), 230–249. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.v13n2.230-249>
- Melisa, D., Nawahdani, A. M., & Alam, R. (2024). Meta-analysis: Implementation of the project-based learning (PjBL) model in increasing students' creative thinking in science learning. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(1), 88–92. <https://doi.org/10.59052/edufisika.v9i1.32652>
- Sucilestari, R., Ramdani, A., Sukarso, A. A., Susilawati, S., & Rokhmat, J. (2023). Project-based learning supports students' creative thinking in science education. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 1038–1044. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.5054>

- Anazifa, R. D., & Djukri, D. (2017). Project-based learning and problem-based learning: Are they effective to improve students' thinking skills? *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 346–355. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.11100>
- Suradika, A., Dewi, H. I., & Nasution, M. I. (2023). Project-based learning and problem-based learning models in critical and creative students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 153–167. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.39713>
- Jumaat, N. F., Tasir, Z., Halim, N. D. A., & Ashari, Z. M. (2017). Project-based learning from constructivism point of view. *Advanced Science Letters*, 23(8), 7904–7906. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.9605>
- Rahmi, W. (2024). Analytical study of experiential learning: Experiential learning theory in learning activities. *Edukasia: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 5(2), 115–126. <https://doi.org/10.62775/edukasia.v5i2.1113>
- Siska, F., Asnimawati, A., Sulkaisi, N., & Morales, J. Z. (2024). Philosophical foundations of project-based learning: Perspectives on constructivism and contextualism theory. *SOSEARCH: Social Science Educational Research*, 5(1), 48–56. <https://doi.org/10.26740/sosearch.v5n1.p48--56>