



Analisis Meta dengan *Machine Learning*: Tingkat Efektivitas *Projectbased Learning* untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika

Lituhayu Sasikirana ¹, Rahma Nabila Fatin ² dan Bayu Setiaji ^{3*}

^{1,2,3} Universitas Negeri Yogyakarta; lituhayusasikirana.2023@student.uny.ac.id, rahmanabila.2023@student.uny.ac.id, bayusetiaji@uny.ac.id

Abstrak: Artikel ini mengusulkan analisis meta menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengevaluasi efektivitas Project-Based Learning (PjBL) dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika. Dengan merangkum temuan dari 19 studi yang dilakukan di berbagai negara, tingkat kelas, dan tingkat pendidikan, artikel ini bertujuan untuk memberikan wawasan komprehensif mengenai sejauh mana PjBL dapat menjadi pendekatan pembelajaran yang efektif. Hasil analisis menunjukkan keberagaman efek size, dengan beberapa studi menunjukkan dampak positif dan lainnya mengindikasikan tantangan dalam menerapkan PjBL. Analisis moderator menyoroti perbedaan signifikan antara studi yang dilakukan di Asia dan Non-Asia, serta pada tingkat kelas tertentu. Meskipun terdapat variasi hasil, secara umum, PjBL dapat dianggap efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika. Dengan mengeksplorasi rekomendasi dan implikasi dari analisis ini, artikel ini memberikan kontribusi pada pengembangan pendekatan PjBL dalam konteks pembelajaran fisika di masa mendatang.

Katakunci: Analisis meta; Machine Learning; Project-Based Learning (PjBL); Efektivitas pembelajaran; Konsep fisika

DOI:

<https://doi.org/10.47134/physics.v1i1.151>

*Correspondensi: Bayu Setiaji

Email: bayusetiaji@uny.ac.id

Received: 04-10-2023

Accepted: 13-11-2023

Published: 26-12-2023



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: This article proposes a meta-analysis using a quantitative approach to evaluate the effectiveness of Project-Based Learning (PjBL) in enhancing the understanding of physics concepts. By summarizing findings from 19 studies conducted in various countries, grade levels, and educational levels, this article aims to provide a comprehensive insight into the extent to which PjBL can be an effective learning approach. The analysis results reveal a diversity of effect sizes, with some studies indicating a positive impact and others indicating challenges in implementing PjBL. Moderator analysis highlights significant differences between studies conducted in Asia and Non-Asia, as well as at specific grade levels. Despite varying results, overall, PjBL can be considered effective in improving the understanding of physics concepts. By exploring recommendations and implications from this analysis, this article contributes to the development of the PjBL approach in the context of physics education in the future.

Keywords: Meta-Analysis; Machine Learning; Project-Based Learning (PjBL); Learning Effectiveness; Physics Concepts

Pendahuluan

Hasil studi *Trends in Internasional Mathematic and Science Study* (TIMSS) tahun 2011 pada jenjang sekolah menengah menyatakan bahwa Indonesia masuk ke dalam kategori rendah pada bidang matematika dan sains (Nisyah, 2020). Nilai rata-rata Matematika sebesar 386 dan nilai rata-rata Sains sebesar 406, sementara nilai rata-rata skor internasional

sebesar 500 (Martin & Mullis, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan siswa Indonesia masih jauh di bawah rata-rata. Pada tahun 2015, Pusat Penelitian Pendidikan Badan Penelitian dan Pengembangan menyatakan bahwa kemampuan peserta didik Indonesia dalam mengerjakan soal TIMSS masih sangat minim pada soal-soal dalam domain bernalar (Suranti et al., 2016; Swandi et al., 2021). Peserta didik harus dibiasakan untuk memecahkan soal pada domain kognitif penalaran agar peserta didik terbiasa berpikir lebih dari sekedar hafalan. Penggunaan model dan media pembelajaran yang sesuai akan membantu dalam membangun interaksi yang baik dengan peserta didik, maupun seorang peserta didik dengan peserta didik lainnya sehingga mampu memahami materi pembelajaran, mengurangi miskonsepsi dan menumbuhkan kreativitas dalam memecahkan suatu masalah (Swandi et al., 2014). Model pembelajaran yang tepat juga diharapkan mampu menumbuhkan motivasi peserta didik untuk belajar secara mandiri maupun kolaborasi, melakukan eksplorasi/penyelidikan, analisis, penarikan kesimpulan dan meningkatkan kemampuan komunikasi mahasiswa (Puspitasari, 2021). Oleh karena itu, model perlu dikombinasikan dengan metode tertentu agar hal itu bisa tercapai. Salah satu model yang dapat diterapkan adalah PjBL dengan bantuan media virtual.

Pendidikan dalam era modern ini terus menghadapi tantangan untuk mengembangkan metode pembelajaran yang lebih inovatif dan efektif dalam mengajarkan konsep-konsep ilmiah kepada peserta didik (Safriana et al., 2022). Salah satu pendekatan yang telah mendapatkan perhatian luas adalah *Project-Based Learning* (PjBL), di mana peserta didik terlibat dalam proyek nyata yang memungkinkan mereka menerapkan konsep-konsep teori dalam konteks situasi dunia nyata. Dalam konteks pembelajaran fisika, PjBL telah dianggap sebagai alternatif yang menarik untuk metode pembelajaran konvensional, yang seringkali bersifat pasif dan kurang mendorong keterlibatan aktif peserta didik (Martawijaya et al., 2023).

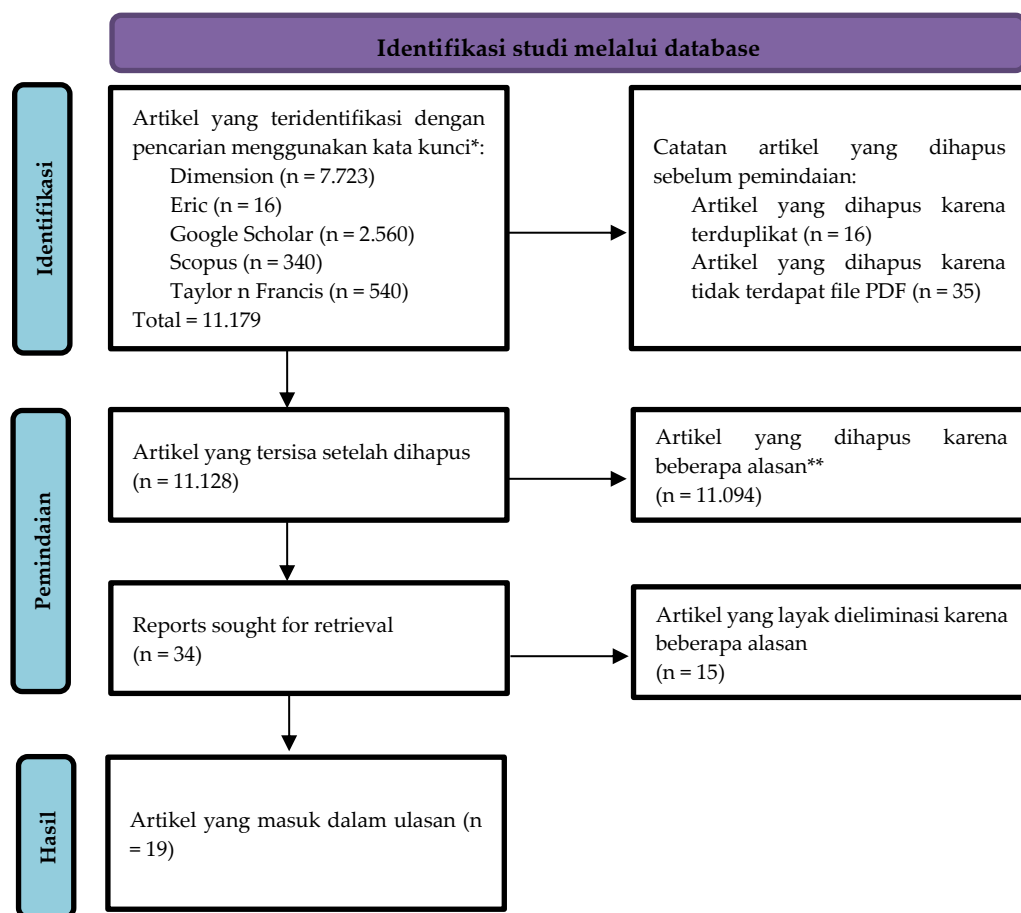
PjBL membawa konsep pembelajaran yang lebih mendalam, di mana peserta didik tidak hanya belajar tentang konsep fisika, tetapi juga mengembangkan keterampilan problem solving, kreativitas, kerjasama tim, dan pemecahan masalah dalam situasi yang lebih realistis (Richter, 2018; Sagala, 2019). Hal ini sejalan dengan tujuan pendidikan untuk menghasilkan individu yang memiliki pemahaman yang kuat dan mampu mengaplikasikan pengetahuan mereka dalam berbagai situasi kehidupan (Sudjana, 2004). Namun, efektivitas PjBL dalam konteks pembelajaran fisika perlu dianalisis dengan lebih mendalam. Berbagai penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengevaluasi dampak PjBL terhadap pemahaman konsep fisika, motivasi peserta didik, dan hasil belajar secara keseluruhan. Meskipun terdapat sejumlah studi yang menunjukkan hasil positif, ada juga penelitian yang mengindikasikan tantangan dan kendala dalam menerapkan PjBL (Yu et al., 2015).

Dalam konteks ini, artikel ilmiah ini bertujuan untuk melakukan analisis meta terhadap berbagai studi yang telah dilakukan sebelumnya tentang efektivitas PjBL dalam pembelajaran fisika (Farcis et al., 2022; Roslina et al., 2022). Dengan mengumpulkan dan menyusun temuan dari berbagai penelitian, artikel ini bermaksud untuk memberikan wawasan yang lebih komprehensif mengenai sejauh mana PjBL dapat efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika, serta faktor-faktor yang memengaruhi implementasi dan hasilnya (Johnson, 1999). Melalui analisis ini, diharapkan dapat

ditemukan pola-pola umum dan rekomendasi yang dapat membantu pengembangan pendekatan PjBL dalam pembelajaran fisika di masa mendatang (Abdullah, 2021).

Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dalam bentuk analisis meta. Penelitian meta-analisis bersifat kuantitatif karena melibatkan perhitungan statistik untuk merangkum seluruh hasil penelitian yang tidak dapat dicapai melalui metode penelitian lain. Penelitian meta analisis adalah upaya untuk merangkum, mengevaluasi, dan menganalisis data dari berbagai studi sebelumnya. Pengumpulan data dilakukan dengan mencari artikel-artikel pada jurnal yang terakreditasi secara nasional dan internasional melalui platform online dari tahun 2014 hingga 2023.



Terdapat tiga variabel dalam penelitian ini, yakni variabel independen, variabel dependen, dan variabel moderator. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model PjBL, sementara variabel terikatnya adalah pemahaman konsep. Variabel moderator meliputi aspek-aspek seperti tingkat kelas, dan negara (Isomöttönen, 2023; Zohar, 2023). Analisis data dilakukan dengan menggunakan aplikasi RStudio. Langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. Menyiapkan data dengan format seperti dibawah ini:

No.	Author	Year	NC	MC	SC	NE	ME	SE	Negara	Tingkat
1.	Salmiza Saleh,Azila Muha	2020	35	16,26	3,109	35	17,94	2,589	Asia	SMA 10
2.	Azwar Alamsyah Yunus	2016	33	10,58	2,71	32	11,97	2,01	Asia	SMA 10
3.	Jason D.McKibben	2021	159	2,57	14	61	5,77	14,08	Non-Asia	S-1
4.	Rika Mawarni dan Ridwan Abdullah Sani	2020	35	36,61	8,76	35	36,96	10,07	Asia	SMA 11
5.	Moammar Qadafi et al.	2022	17	65,29	9,87	17	75,33	5,12	Asia	SMA 11
6.	Rinta Doski Yance et al.	2013	22	75,3	6,8609	20	80,2	8,27	Asia	SMA 11
7.	Jafri Hariyadi dan Halimah Tusakdiah	2017	30	73,1	3,16	30	78,96	4,23	Asia	SMA 10
8.	Salmiza Saleh,Azila Muha	2020	35	182,71	16,16	35	166,46	13,307	Asia	SMA 10
9.	Athi' Hamidah	2019	24	48,4	0,12	28	60,6	0,139	Asia	SMA 11
10.	J.N.Thawhirwa et al.	2021	51	10,5	2,3	55	11,6	2,26	Non-Asia	SMA 10
11.	Chairatul Umamah, Herman Jufri Andi	2019	22	71,7045	6,14247	22	75,2273	6,1193	Asia	S-1
12.	Zakirman	2023	51	61,54	11,469	51	76,54	11,556	Asia	S-1
13.	Athi' Hamidah	2019	24	59,9	0,14	28	60,9	0,15	Asia	SMA 11
14.	Rinta Doski Yance et al.	2013	22	74,91	4,627	20	77,83	3,5388	Asia	SMA 11
15.	Lorna Uden et al.	2023	44	3,23	0,17	44	4,11	0,15	Asia	SMA 10
16.	Safrina et al.	2022	54	59,26	11,824	54	67,41	14,83	Asia	SMA 11
17.	Mika Dwi Permata et al.	2018	29	52,55	4,75	28	57	4,33	Asia	SMA 10
18.	Mika Dwi Permata et al.	2018	29	59,31	9,95	28	65,63	9,76	Asia	SMA 10
19.	Lorna Uden et al.	2023	33	3,07	0,16	33	3,41	0,17	Asia	SMA 11

Gambar 1. Data Artikel yang Digunakan

2. Menghitung *effect size* dari berbagai artikel terkait. Langkah-langkah yang ditempuh dalam menentukan *effect size* dalam penelitian analisis meta meliputi:
 - a. Menggunakan persamaan d Cohen yang telah dijabarkan dalam buku "Introduction to Meta Analysis" karya H. Retnawati dan kolega.
 - b. Menghitung mean effect size dengan menggunakan model Random Effect (RE) atau model Fixed Effect (FE).
 - c. Hasil perhitungan effect size dari setiap penelitian diinterpretasikan sebagai berikut:
 - i. Jika $ES \leq 0,15$, klasifikasikan sebagai kategori diabaikan;
 - ii. Jika $0,15 < ES \leq 0,40$, masuk dalam kategori rendah;
 - iii. Jika $0,40 < ES \leq 0,75$, tergolong dalam kategori sedang;
 - iv. Jika $0,75 < ES \leq 1,10$, termasuk dalam kategori tinggi; dan
 - v. Jika $ES > 1,10$, digolongkan sebagai kategori sangat tinggi.
3. Menentukan model *summary effect*. Pada artikel ini kami menggunakan Random Effect Model (Model Efek Acak). Pada Random Effect Model peneliti mengasumsikan bahwa keragaman (variasi) efek size antar studi yang diamati adalah berbeda. Tujuan analisis adalah untuk membuat generalisasi yang lebih luas (Haryadi & Pujiastuti, 2022). Random Effect Model paling banyak digunakan oleh peneliti dalam melakukan meta analisis.
4. Menghitung *Summary Effect*. Dalam menghitung summary effect peneliti menggunakan aplikasi RStudio. Langkah-langkah yang ditempuh dalam menentukan summary effect:
 - a. Jalankan paket analisis, R Code: `library(openxlsx), library(meta), library(metafor), library(dmetar)`
 - b. Jalankan paket analisis, R Code: `data <- openxlsx::read.xlsx("Data Meta Analisis.xlsx", 1)`
 Pada sintaks di atas, angka 1 menunjukkan nomor sheet data kita di Excel.

c. Lihat data, R Code: `knitr: kable(head(data, n = 1L), format = 'html')`

d. Buat model Random Effect, R Code:

```
meta.dm <- metacont(n.e = data$NE, mean.e = data$ME, sd.e = data$SE, #1
                    n.c = data$NC, mean.c = data$MC, sd.c = data$SC, #2
                    studlab = paste0(data$Author, '-', data$Year), #3
                    sm = 'MD', prediction = T, common = F) #4
```

e. Menampilkan hasil summary effect, R Code: `summary.meta(meta.dm)`

f. Buat model random effect, R Code:

```
meta.dm <- metacont(n.e = data$NE, mean.e = data$ME, sd.e = data$SE, #1
                    n.c = data$NC, mean.c = data$MC, sd.c = data$SC, #2
                    studlab = paste0(data$Author, '-', data$Year), #3
                    sm = 'SMD', prediction = T, common = F) #4
```

g. Menampilkan hasil summary effect, R Code: `summary.meta(meta.dm)`

Hasil dan Pembahasan

No.	Author	Year	NC	MC	SC	NE	ME	SE	Negara	Tingkat
1.	Salmiza Saleh,Azila Muha	2020	35	16,26	3,109	35	17,94	2,589	Asia	SMA 10
2.	Azwar Alamsyah Yunus	2016	33	10,58	2,71	32	11,97	2,01	Asia	SMA 10
3.	Jason D.McKibben	2021	159	2,57	14	61	5,77	14,08	Non-Asia	S-1
4.	Rika Mawarni dan Ridwan Abdullah Sani	2020	35	36,61	8,76	35	36,96	10,07	Asia	SMA 11
5.	Moammar Qadafi et al.	2022	17	65,29	9,87	17	75,33	5,12	Asia	SMA 11
6.	Rinta Doski Yance et al.	2013	22	75,3	6,8609	20	80,2	8,27	Asia	SMA 11
7.	Jafri Hariyadi dan Halimah Tusakdiah	2017	30	73,1	3,16	30	78,96	4,23	Asia	SMA 10
8.	Salmiza Saleh,Azila Muha	2020	35	182,71	16,16	35	166,46	13,307	Asia	SMA 10
9.	Athi' Hamidah	2019	24	48,4	0,12	28	60,6	0,139	Asia	SMA 11
10.	J.N.Thawhirwa et al.	2021	51	10,5	2,3	55	11,6	2,26	Non-Asia	SMA 10
11.	Chairatul Umamah, Herman Jufri Andi	2019	22	71,7045	6,14247	22	75,2273	6,1193	Asia	S-1
12.	Zakirman	2023	51	61,54	11,469	51	76,54	11,556	Asia	S-1
13.	Athi' Hamidah	2019	24	59,9	0,14	28	60,9	0,15	Asia	SMA 11
14.	Rinta Doski Yance et al.	2013	22	74,91	4,627	20	77,83	3,5388	Asia	SMA 11
15.	Lorna Uden et al.	2023	44	3,23	0,17	44	4,11	0,15	Asia	SMA 10
16.	Safrina et al.	2022	54	59,26	11,824	54	67,41	14,83	Asia	SMA 11
17.	Mika Dwi Permata et al.	2018	29	52,55	4,75	28	57	4,33	Asia	SMA 10
18.	Mika Dwi Permata et al.	2018	29	59,31	9,95	28	65,63	9,76	Asia	SMA 10
19.	Lorna Uden et al.	2023	33	3,07	0,16	33	3,41	0,17	Asia	SMA 11

Tabel 1. *Summary of studies*

No	Penulis	95% - CI	SMD	Negara	Tingkat
1	Salmiza Saleh, Azila Muha - 2020	[0.1019; 1.0596]	0.5807	Asia	SMA 10
2	Azwar Alamsyah Yunus - 2016	[0.0775; 1.0711]	0.5743	Asia	SMA 10
3	Jason D.McKibben -2021	[-0.0685; 0.5234]	0.2274	Non-Asia	S-1
4	Rika Mawarni, Ridwan Abdullah Sani -2020	[-0.4319; 0.5052]	0.0367	Asia	SMA 11
5	Moammar Qadafi et al. -2022	[0.5047; 1.9888]	1.2468	Asia	SMA 11
6	Rinta Doski Yance et al. -2013	[0.0136; 1.2577]	0.6357	Asia	SMA 11

7	Jafri Hariyadi dan Hlimah Tusakdiah -2017	[0.9677; 2.1306]	1.5492	Asia	SMA 10
8	Salmiza Saleh, Azila Muha - 2020	[-1.5893; -0.5820]	-1,0856	Asia	SMA 10
9	Athi' Hamidah -2019	[73.6393; 110.3666]	92.0029	Asia	SMA 11
10	J.N.Thawhirwa et al. -2021	[0.0925; 0.8657]	0.4791	Non-Asia	SMA 10
11	Chairatul Umamah, Herman Jufri Andi -2019	[-0.0394; 1.1679]	0.5643	Asia	S-1
12	Zakirman -2023	[0.8649; 1.7213]	1.2931	Asia	S-1
13	Athi' Hamidah -2019	[5.3133; 8.2264]	6.7698	Asia	SMA 11
14	Rinta Doski Yance et al. -2013	[0.0660; 1.3160]	0.6910	Asia	SMA 11
15	Lorna Uden et al. -2023	[4.5195; 6.3630]	5.4413	Asia	SMA 10
16	Safrina et al. -2022	[0.2174; 0.9894]	0.6034	Asia	SMA 11
17	Mika Dwi Permata et al. -2018	[0.4142; 1.5156]	0.9649	Asia	SMA 10
18	Mika Dwi Permata et al. -2018	[0.0994; 1.1654]	0.6324	Asia	SMA 10
19	Lorna Uden et al. -2023	[1.4349; 2.6359]	2.0354	Asia	SMA 11

Tabel *summery of studies* menunjukkan keberagaman efek size dari 19 studi dengan variable moderator yang digunakan yaitu negara dan tingkat kelas, dimana terdapat efek size terendah yaitu -1,0856 (e.g. Salmiza Saleh, Azila Muha, 2013, studi 1) dan tertinggi yaitu 92,0029 (e.g. Athi' Hamidah, 2019, studi 1). Beberapa studi yang memiliki efek size negatif (e.g. Salmiza Saleh, Azila Muha, 2013, studi 1) mengindikasikan bahwa model pembelajaran dengan metode PjBL yang mengindikasikan bahwa model pembelajaran PjBL pada studi-studi tersebut terkonfirmasi tidak lebih efektif dibandingkan dengan model pembelajaran yang lain (Saldo & Walag, 2021). Selain itu, beberapa studi juga memiliki efek size yang tidak signifikan (e.g. Chairatul Umamah, Herman Jufri Andi, 2019). Hal tersebut mengindikasikan bahwa beberapa studi mengonfirmasi bahwa dampak penerapan model pembelajaran PjBL dalam pembelajaran fisika tidak berbeda signifikan dengan model pembelajaran yang lainnya (Ardianti & Raida, 2022; Juuti et al., 2021).

Tabel 2. Descriptive statistics of included studies

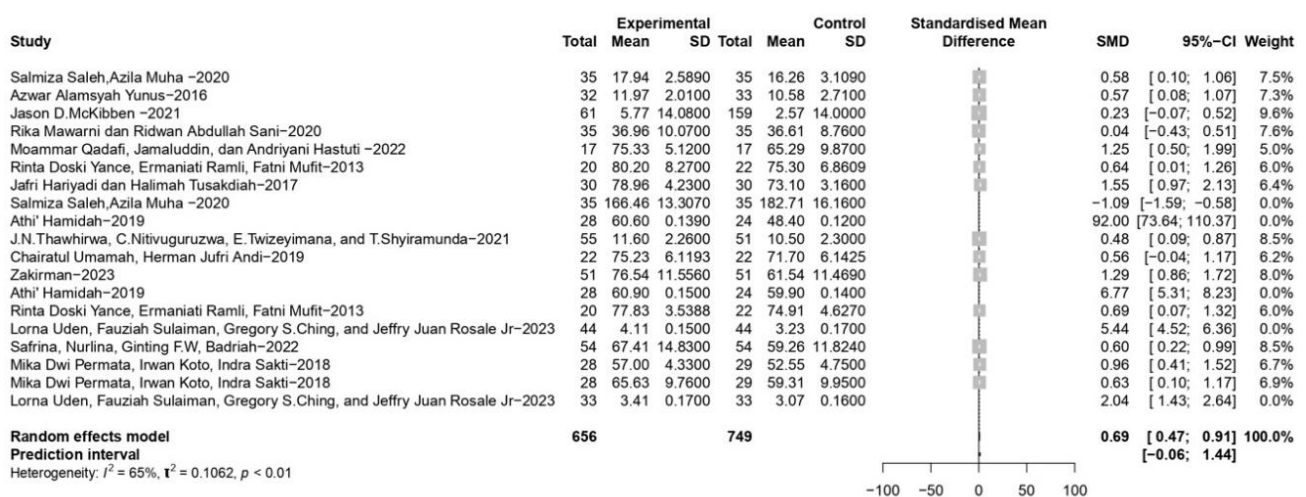
Moderator Variabel	Identified Categories	Counts (%)
Negara	Asia	12 (81,9%)
	Non-Asia	2 (18,1%)
Tingkat	SMA 10	6 (43,2%)
	SMA 11	5 (33,0%)
	S-1	3 (23,8%)

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa studi-studi yang dilakukan di negara Asia lebih dominan memberikan hasil mengenai keefektifan model pembelajaran PjBL dibandingkan studi-studi yang dilakukan di negara Non-Asia (Quang et al., 2015). Sementara berdasarkan tingkat kelas, materi pembelajaran fisika dengan metode PjBL paling efektif dilakukan pada tingkat SMA kelas 10 (Bawaneh, 2020; Hudha, 2019).

Tabel 3. Tingkat efektivitas model pembelajaran PjBL untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep pada Proses Pembelajaran Fisika: *Overall result and moderator analyses*

Variabel	k	Rerata	SMD	95%CI	Bobot
Jumlah total	14			[0,47; 0,91]	100,0%
Negara					
Asia	12		0,76	[0,53; 1,00]	81,9%
Non-Asia	2		0,32	[0,08; 0,56]	18,1%
Tingkat					
SMA 10	6		0,76	[0,46; 1,07]	43,2%
SMA 11	5		0,59	[0,23; 0,94]	33,0%
S-1	3		0,69	[0,04; 1,33]	23,8%

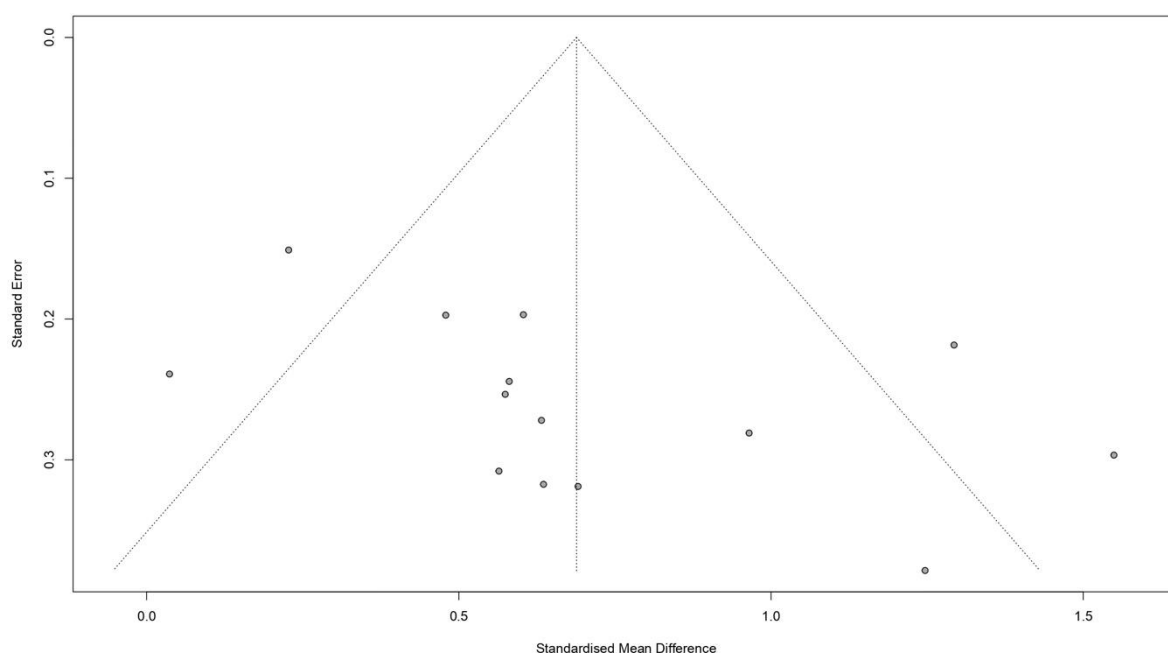
Jumlah variabel moderator yang digunakan dalam penelitian analisis meta kali ini yaitu negara dan tingkat kelas. Dimana negara diklasifikasikan menjadi Asia dan Non-Asia, sementara tingkat kelas adalah SMA kelas 10, SMA kelas 11, dan S-1. Jumlah dari studi yang digunakan 19, namun terdapat 5 data yang dibuang sehingga data studi yang dipakai hanya 14. Dengan rincian studi yang dilakukan di Asia sebanyak 12 dan Non-Asia 2. Sedangkan berdasarkan tingkat kelas, studi yang dilakukan pada tingkat SMA kelas 10 sebanyak 6 studi, SMA kelas 11 sebanyak 5 studi, dan S-1 sebanyak 3 studi. Dimana berdasarkan semua klasifikasi yang ada, data yang diperoleh sudah signifikan atau sudah apple-to-apple. Sehingga data tersebut sudah dapat dikatakan baik untuk dianalisis.



Gambar 2. Forest Plot

Forest plot menunjukkan bahwa efek size dari 19 studi cukup beragam dengan efek size terendah yaitu -1,09 dan tertinggi yaitu 92,00. Beberapa studi memiliki efek size negatif (e.g. Salmiza Saleh, Azila Muha, 2020, studi 2) yang mengindikasikan bahwa model pembelajaran PjBL pada studi-studi tersebut terkonfirmasi tidak lebih efektif dibandingkan dengan model pembelajaran yang lain. Selain itu, beberapa studi juga memiliki efek size yang tidak signifikan (e.g. Chairatul Umamah, Herman Jufri Andi, 2019). Hal tersebut mengindikasikan bahwa beberapa studi mengonfirmasi bahwa dampak penerapan model

pembelajaran PjBl dalam pembelajaran fisika tidak berbeda signifikan dengan model pembelajaran yang lainnya (Atika et al., 2023; Safaruddin et al., 2020). Namun demikian, secara umum dapat dilihat pada forest plot bahwa Sebagian besar studi yang dianalisis memiliki efek size tinggi dan signifikan (e.g. Azwar Alamsyah Yunus, 2016; (McKibben & Murphy, 2021); (Saleh et al., 2020), studi 1; Rika Mawarni dan Ridwan Abdullah Sani, 2020; Moammar Qadafi et al, 2022; Jafri Hariyadi dan Halimah Tusakdiah, 2017; Athi' Hamidah, 2019, studi 1; J.N.Thawhirwa el al, 2021; (Zakirman, 2023); (Syukri et al., 2021), studi 2; Rinta Doski el al, 2013; Lorna Uden et al, 2023, studi 1; Safrina et al, 2022; Mika Dwi Permata el al, 2018, studi 1; Safrina et al, 2022; Mika Dwi Permata el al, 2018, studi 2; Lorna Uden et al, 2023, studi 2). Studi-studi ini mengindikasikan bahwa penerapan model pembelajaran PjBl dalam pembelajaran fisika lebih efektif dibandingkan dengan model pembelajaran lainnya.



Gambar 3. Funnel Plot

Funnel plot dari 19 studi menunjukkan bahwa semua plot effect size membentuk pola yang cenderung simetris (Gambar 2). Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat masalah bias publikasi dalam data yang digunakan dalam studi ini. Hasil Egger's test memperoleh nilai $z = 2,066$, $p = 0,061$, dimana hasil tersebut mengonfirmasi bahwa funnel plot yang terbentuk adalah simetris. Menurut Rothstein (2008) ketika nilai fail-safe N lebih dari $5K + 10$ (K = jumlah studi individu), dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat bias publikasi dalam meta analisis. Dalam studi ini $K = 14$, sehingga $5(14) + 10 = 80$. Nilai fail-safe N yang diperoleh dalam studi ini yaitu 1405, dengan target significance 0,05 dan $p < 0.001$. hasil tersebut juga mengonfirmasi bahwa tidak terdapat masalah bias publikasi dalam studi meta analisis ini (Surur et al., 2023). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat masalah bias publikasi bias dalam studi ini.

Simpulan

Berdasarkan analisis meta terhadap sejumlah studi yang telah dilakukan sebelumnya mengenai efektivitas Project-Based Learning (PjBL) dalam pembelajaran fisika, beberapa temuan dan kesimpulan dapat diambil.

1. Tantangan Pendidikan di Indonesia: Studi Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) tahun 2011 menunjukkan bahwa kemampuan siswa Indonesia dalam matematika dan sains masih di bawah rata-rata internasional. Oleh karena itu, perlunya inovasi dalam pendekatan pembelajaran untuk meningkatkan kualitas pendidikan.
2. Pentingnya Model Pembelajaran Inovatif: Model pembelajaran tradisional yang bersifat pasif dan kurang mendorong keterlibatan aktif peserta didik perlu disesuaikan dengan kebutuhan pendidikan modern. PjBL muncul sebagai alternatif menarik yang tidak hanya membantu siswa memahami konsep fisika, tetapi juga mengembangkan keterampilan problem solving, kreativitas, kerjasama tim, dan pemecahan masalah dalam konteks dunia nyata.
3. Keberagaman Hasil Penelitian: Analisis meta menunjukkan keberagaman hasil penelitian terkait efektivitas PjBL dalam pembelajaran fisika. Beberapa studi menunjukkan dampak positif, sementara yang lain mengindikasikan tantangan dan kendala dalam menerapkan PjBL.
4. Variabilitas Efek Size: Efek size dari berbagai studi mencakup rentang yang luas, mulai dari nilai negatif hingga nilai yang sangat tinggi. Studi-studi dengan efek size tinggi mengindikasikan bahwa penerapan PjBL dapat lebih efektif dibandingkan dengan metode pembelajaran lainnya.
5. Faktor Moderator: Analisis moderator menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara studi yang dilakukan di Asia dan Non-Asia, serta pada tingkat kelas SMA kelas 10, SMA kelas 11, dan S-1. Hal ini menunjukkan pentingnya mempertimbangkan konteks dan tingkat pendidikan dalam menerapkan PjBL.
6. Tidak Ada Masalah Bias Publikasi: Hasil analisis terhadap funnel plot dan Egger's test menunjukkan bahwa tidak terdapat masalah bias publikasi dalam data yang digunakan, memberikan validitas yang baik pada hasil analisis meta.
7. Rekomendasi dan Implikasi: Dalam menghadapi tantangan pendidikan, implementasi PjBL dalam pembelajaran fisika dapat dianggap sebagai strategi yang efektif. Namun, perlu memperhatikan konteks dan tingkat pendidikan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Rekomendasi dan pola umum yang ditemukan dari analisis ini dapat membantu pengembangan pendekatan PjBL di masa mendatang.

Dengan demikian, melalui analisis meta ini, artikel ilmiah ini memberikan wawasan yang lebih komprehensif mengenai efektivitas PjBL dalam meningkatkan pemahaman

konsep fisika, sambil menggarisbawahi pentingnya adaptasi terhadap konteks dan variabilitas hasil penelitian.

Daftar Pustaka

- Abdullah, M. N. S. (2021). Executive function of the brain and its influences on understanding of physics concept. *Trends in Neuroscience and Education*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2021.100159>
- Ardianti, S. D., & Raida, S. A. (2022). The effect of project based learning with ethnoscience approach on science conceptual understanding. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 3(2), 207–214.
- Atika, S. D., Santhalia, P. W., & Sudjito, D. N. (2023). STEAM Integrated Project Based Learning Exploration Against Understanding the Concept of Static Fluids. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(7), 5357–5364.
- Bawaneh, A. K. (2020). Flipping the Classroom for Optimizing Undergraduate Students' Motivation and Understanding of Medical Physics Concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(11), 2–16. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8561>
- Farcis, F., Budi, G. S., & Wijayanti, E. (2022). Effect of Project-Based Learning and Science Literacy Ability on Critical Thinking Skills in Virtual Learning of the Thermodynamics Course. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 12(1), 56–68.
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2022). Enhancing Pre-service Physics Teachers' Higher-Order Thinking Skills Through STEM-PjBL Model. *International Journal of STEM Education for Sustainability*, 2(2), 156–171.
- Hudha, M. (2019). Science literacy ability and physics concept understanding in the topic of work and energy with inquiry-STEM. *AIP Conference Proceedings*, 2202. <https://doi.org/10.1063/1.5141676>
- Isomöttönen, V. (2023). Demolishing the fear of theory to liberate higher education discourse and practice. *Teaching in Higher Education*, 28(7), 1583–1599.
- Johnson, S. (1999). International association for the evaluation of educational achievement science assessment in developing countries. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 6(1), 57–73.
- Juuti, K., Lavonen, J., Salonen, V., Salmela-Aro, K., Schneider, B., & Krajcik, J. (2021). A teacher–researcher partnership for professional learning: Co-designing project-based learning units to increase student engagement in science classes. *Journal of Science Teacher Education*, 32(6), 625–641.
- Martawijaya, M. A., Rahmadhanningsih, S., Swandi, A., Hasyim, M., & Sujiono, E. H. (2023). The Effect of Applying the Ethno-STEM-Project-based Learning Model on Students' Higher-order Thinking Skill and Misconception of Physics Topics Related to Lake Tempe, Indonesia. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1).
- McKibben, J. D., & Murphy, T. H. (2021). The Effect of Authenticity on Project-Based Learning: A Quasi-Experimental Study of STEM Integration in Agriculture. *Journal of Agricultural Education*, 62(1), 144–155.

- Nisyah, M. (2020). Inquiry learning model with advance organizers to improve students' understanding on physics concepts. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022057>
- Puspitasari, R. (2021). Conditions of learning physics and students' understanding of the concept of motion during the covid-19 pandemic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1876(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1876/1/012045>
- Quang, L. X., Hoang, L. H., Chuan, V. D., Nam, N. H., Anh, N. T. T., & Nhung, V. T. H. (2015). Integrated science, technology, engineering and mathematics (STEM) education through active experience of designing technical toys in Vietnamese schools. *ArXiv Preprint ArXiv:1509.03807*.
- Richter, R. P. (2018). Glycosaminoglycans in extracellular matrix organisation: are concepts from soft matter physics key to understanding the formation of perineuronal nets? *Current Opinion in Structural Biology*, 50, 65–74. <https://doi.org/10.1016/j.sbi.2017.12.002>
- Roslina, R., Samsudin, A., & Liliawati, W. (2022). Effectiveness of Project Based Learning Integrated STEM in Physics Education (STEM-PJBL): Systematic Literature Review (SLR). *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1), 120–139.
- Safaruddin, S., Degeng, I. N. S., Setyosari, P., & Murtadho, N. (2020). The Effect of PjBL with WBL Media and Cognitive Style on Students' Understanding and Science-Integrated Concept Application. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(3), 384–395.
- Safriana, S., Nurlina, N., Ginting, F. W., & Badriah, B. (2022). The Use of Project Based Learning to Improve Students' Concept Understanding on Elasticity and Hooke Law. *Asian Journal of Science Education*, 4(1), 1–8.
- Sagala, R. (2019). The effectiveness of stem-based on gender differences: The impact of physics concept understanding. *European Journal of Educational Research*, 8(3), 753–761. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.8.3.753>
- Saldo, I. J. P., & Walag, A. M. P. (2021). Improving High School Student's Conceptual Understanding and Creativity Skills through Problem-based (PrBL) and Project-based Learning (PJBL) in Physics. *Science Inte*, 33(5), 307–311.
- Saleh, S., Muhammad, A., & Abdullah, S. M. S. (2020). STEM project-based approach in enhancing conceptual understanding and inventive thinking skills among secondary school students. *Journal of Nusantara Studies (JONUS)*, 5(1), 234–254.
- Suranti, N. M. Y., Gunawan, G., & Sahidu, H. (2016). Pengaruh model project based learning berbantuan media virtual terhadap penguasaan konsep peserta didik pada materi alat-alat optik. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 2(2), 73–79.
- Surur, M., Nurtjahyani, S. D., Agusti, A., & Yana, I. (2023). The Effect of Project Based Learning on Digital Literacy Skills and Conceptual Understanding in an Online-Based Flipped Classroom Environment. *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 7(1), 849–856.
- Swandi, A., Hidayah, S. N., & Irsan, L. J. (2014). Pengembangan Media Pembelajaran Laboratorium Virtual untuk Mengatasi Miskonsepsi Pada Materi Fisika Inti di SMAN 1 Binamu, Jeneponto (Halaman 20 sd 24). *Jurnal Fisika Indonesia*, 18(52).

-
- Swandi, A., Rahmadaningsih, S., Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2021). Exploring the Compton Scattering Phenomenon with Virtual Learning Under Project Based Learning Model (PjBL). *Journal Name*.
- Syukri, M., Yanti, D. A., Mahzum, E., & Hamid, A. (2021). Development of a PjBL model learning program plan based on a stem approach to improve students' science process skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(2), 269–274.
- Yu, K. C., Fan, S. C., & Lin, K. Y. (2015). ENHANCING STUDENTS' PROBLEM-SOLVING SKILLS THROUGH CONTEXT-BASED LEARNING. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 1377–1401.
- Zakirman, Z. (2023). The Effect of Using the Project Based Learning (PjBL) Learning Model to Increase UPI YPTK Padang Students' Understanding of the Application of Basic Physics Courses. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 13(1), 54–59.
- Zohar, A. (2023). Cognitive growth rather than decline: examining highly educated, third age women's learning. *International Journal of Lifelong Education*, 1–19.