



## **Meta Analisis: Pengaruh Model *Project-Based Learning* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa**

**Azham Ngatourrohman\***

Universitas Singaperbangsa Karawang, \*Penulis Korespondensi: [2310631050070@student.unsika.ac.id](mailto:2310631050070@student.unsika.ac.id)

**Dadang Rahman Munandar**

Universitas Singaperbangsa Karawang

### **ABSTRAK**

Keterampilan berpikir kritis adalah kemampuan fundamental di era abad ke-21 yang perlu dibina dalam proses pembelajaran matematika, sebab dapat memfasilitasi siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menyelesaikan masalah dengan cara yang rasional. Salah satu pendekatan pembelajaran yang dianggap efektif dalam membangun kemampuan ini adalah Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL), yang menitikberatkan partisipasi aktif siswa melalui proyek yang autentik dan relevan dengan situasi nyata. Kajian ini dimaksudkan untuk menilai dampak model PjBL pada kemampuan berpikir kritis matematis siswa dengan menggunakan metode meta-analisis. Sepuluh artikel penelitian kuantitatif yang terbit antara tahun 2021 dan 2025 dievaluasi dengan menerapkan ukuran efek untuk mengukur besarnya pengaruhnya. Temuan meta-analisis mengindikasikan bahwa implementasi PjBL memberikan dampak positif dan bermakna pada kemampuan berpikir kritis matematis siswa. Oleh karena itu, dapat ditarik kesimpulan bahwa PjBL adalah model pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis melalui aktivitas belajar yang aktif, kolaboratif, dan kontekstual dalam konteks matematika.

**Kata kunci:** *Berpikir kritis, matematika, meta-analisis, project-based learning*

### **PENDAHULUAN**

Kemampuan berpikir kritis merupakan salah satu keterampilan esensial abad ke-21 yang memiliki peran krusial dalam menghadapi tantangan global, khususnya di ranah pendidikan. Dalam konteks pembelajaran matematika, kemampuan ini menjadi fondasi utama yang membantu peserta didik memahami konsep abstrak, menilai argumentasi, serta menyelesaikan permasalahan dengan cara yang logis dan sistematis (Himmi dkk., 2025). Oleh karena itu, pembelajaran matematika idealnya tidak hanya berfokus pada penguasaan materi semata, tetapi juga diarahkan untuk mengembangkan kemampuan reflektif dan analitis siswa melalui kegiatan belajar yang aktif, bermakna, serta kontekstual.

Salah satu metode pembelajaran yang dinilai efektif untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah *Project-Based Learning* (PjBL). Pendekatan ini menekankan partisipasi aktif siswa dalam proyek nyata yang mengharuskan penerapan pengetahuan akademik dan kemampuan berpikir lanjutan (Taufik dkk., 2025). Dengan melibatkan diri dalam proyek yang penuh tantangan dan berkaitan erat dengan situasi kehidupan sehari-hari, siswa dimotivasi untuk menemukan masalah, merancang jawaban, serta menyampaikan temuan mereka secara sistematis. Aktivitas ini tidak hanya mempertajam kemampuan berpikir analitis, tetapi juga membina keterampilan bekerja sama, inovasi, serta rasa pertanggungjawaban pribadi dalam pembelajaran (Feziyasti dkk., 2025).

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan PjBL memberikan dampak positif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa, terutama dalam pembelajaran matematika dan bidang STEM. Juandi dkk. (2025), menemukan bahwa integrasi teknologi komputer dalam model PjBL mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis sekaligus hasil belajar matematika. Hasil serupa dilaporkan oleh Mahendra dan Triantho (2025), yang menyatakan bahwa efektivitas PjBL konsisten terlihat di berbagai tingkat pendidikan. Meskipun demikian, penelitian Kwon dan Lee (2025) mengungkapkan bahwa pengaruh

positif tersebut tidak selalu signifikan, terutama ketika pelaksanaan proyek kurang terencana atau tidak selaras dengan konteks pembelajaran.

Variasi temuan dari berbagai penelitian tersebut mengindikasikan bahwa keberhasilan PjBL bisa terpengaruh oleh sejumlah aspek, termasuk rancangan penelitian, sifat-sifat peserta, serta mutu penerapan model tersebut. Dengan demikian, penting untuk melakukan penggabungan hasil penelitian menggunakan teknik meta-analisis agar mendapatkan wawasan mendalam tentang skala dampak PjBL pada kemampuan berpikir kritis matematis siswa. Metode meta-analisis ini krusial sebab memberikan kesempatan bagi peneliti untuk merangkum, menyandingkan, dan mengevaluasi intensitas efek PjBL dengan mengandalkan data empiris dari beberapa studi sebelumnya.

Dari segi teori, PjBL didasarkan pada teori konstruktivisme yang menyoroti bahwa pengetahuan dikembangkan secara aktif oleh siswa melalui kegiatan mengeksplorasi, menyelidiki, dan merefleksikan (Bell, 2010). Pendekatan pembelajaran berbasis proyek memberi peluang bagi siswa belajar dengan menyelesaikan masalah rumit yang terkait erat dengan kondisi kehidupan sehari-hari (Thomas, 2000). Di bidang pembelajaran matematika, metode ini membolehkan siswa mencapai pemahaman konseptual yang lebih dalam lewat pengalaman belajar yang bersifat kontekstual, kolaboratif, dan berarti.

Lebih lanjut, Nurtamam dan Santosa (2025) menegaskan bahwa integrasi PjBL dengan pendekatan *deep learning* dapat memperkuat kemampuan berpikir ilmiah dan kritis secara signifikan. Dalam bidang STEM, Feziyasti dkk. (2025), menunjukkan bahwa penerapan PjBL tidak hanya menghubungkan teori dan praktik, tetapi juga menciptakan pengalaman belajar yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja dan kehidupan nyata.

Kemampuan berpikir kritis di bidang matematika meliputi keterampilan menafsirkan, menganalisis, mengevaluasi, dan membuat keputusan berdasarkan logika (Ennis, 2011). Himmi dkk. (2025), menyatakan bahwa kemampuan ini juga mencakup dimensi metakognitif, yaitu kesadaran siswa atas proses berpikir yang mereka lakukan. Dengan demikian, PjBL memiliki potensi kuat untuk mendukung perkembangan kemampuan tersebut, sebab siswa dibiasakan menilai pendekatan penyelesaian masalah dan merefleksikan capaian pembelajarannya.

Namun, efektivitas PjBL dalam membangun kemampuan berpikir kritis amat tergantung pada mutu pelaksanaannya. Kwon dan Lee (2025) menyebutkan bahwa kompleksitas proyek, lamanya pembelajaran, serta kesiapan guru adalah faktor kunci yang menentukan keberhasilannya. Di samping itu, dukungan teknologi dan kerja sama antar siswa juga berperan penting dalam memastikan kesuksesan model tersebut. Oleh karena itu, penelitian meta-analisis ini dirancang untuk menyediakan pandangan empiris yang lebih lengkap tentang seberapa besar PjBL mempengaruhi kemampuan berpikir kritis matematis siswa, dengan mengacu pada hasil studi dalam lima tahun terakhir (2021–2025).

## METODE

Penelitian ini menerapkan teknik meta-analisis kuantitatif dengan fokus utama untuk menggabungkan temuan-temuan empiris dari studi sebelumnya yang mengkaji dampak model *Project-Based Learning* (PjBL) pada kemampuan berpikir kritis matematis siswa. Pemilihan pendekatan ini didasarkan pada kelebihan meta-analisis yang dapat menyatukan berbagai hasil penelitian ke dalam satu perkiraan kuantitatif yang objektif, dapat diandalkan, dan dapat digeneralisasi (Retnawati dkk., 2018). Dengan begitu, *output* dari meta-analisis ini diharapkan menyajikan pandangan komprehensif mengenai keefektifan implementasi PjBL dalam lingkup pembelajaran matematika.

Berdasarkan Borenstein dkk. (2013), meta-analisis adalah pendekatan statistik yang tidak sekadar menghitung rata-rata dari sejumlah hasil penelitian, melainkan juga mempertimbangkan besar sampel, perbedaan antar studi, serta derajat keragaman data.

Metode ini menghasilkan simpulan dengan validitas eksternal yang lebih baik daripada penelitian tunggal. Akibatnya, pendekatan meta-analisis dianggap paling cocok untuk penelitian ini dalam rangka mendapatkan wawasan empiris yang lebih luas tentang keberhasilan PjBL dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis matematis siswa antara tahun 2021 hingga 2025.

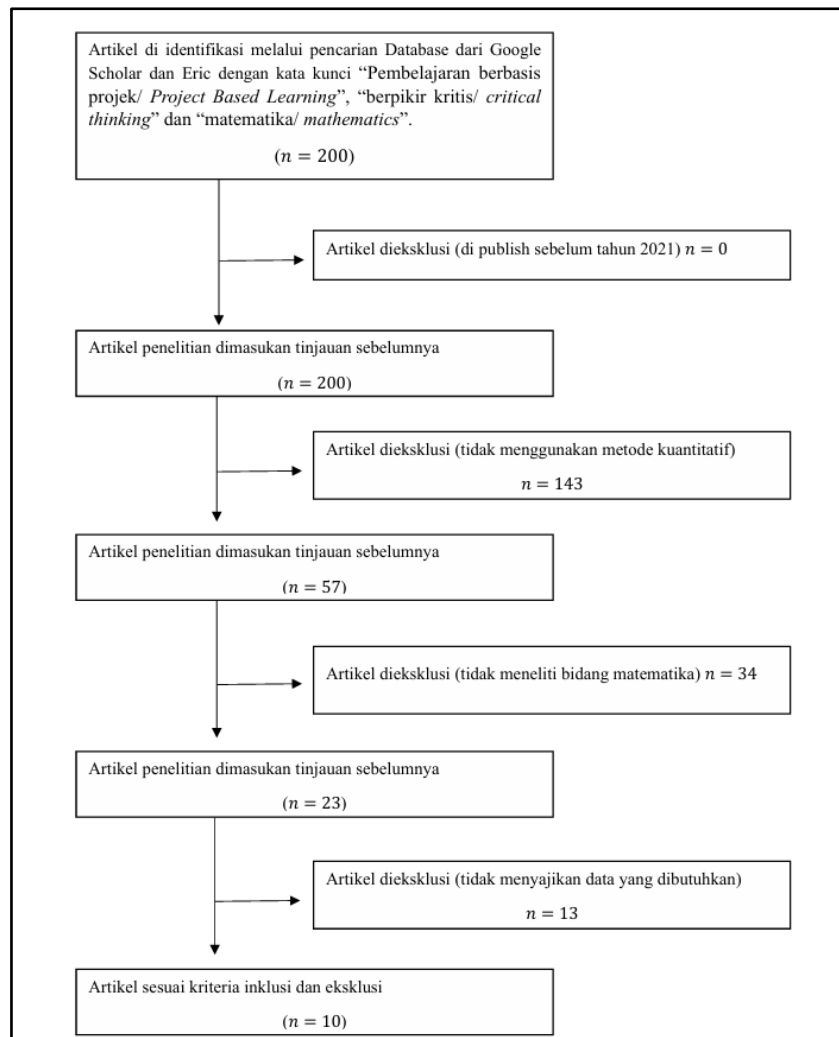
Sumber data dalam penelitian ini berasal dari artikel-artikel ilmiah hasil penelitian kuantitatif yang dipublikasikan pada jurnal nasional terakreditasi maupun jurnal internasional bereputasi. Proses pencarian data dilakukan melalui dua basis data utama, yaitu Google Scholar dan ERIC (Education Resources Information Center). Untuk memastikan kelengkapan hasil pencarian, peneliti menggunakan kombinasi kata kunci dalam dua bahasa, yaitu bahasa Inggris (*“Project-Based Learning”, “critical thinking”, “mathematics”*) dan bahasa Indonesia (*“pembelajaran berbasis proyek”, “berpikir kritis”, “matematika”*). Pencarian literatur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Publish or Perish (PoP)* yang berfungsi mengumpulkan metadata artikel, seperti judul, nama penulis, tahun publikasi, sumber jurnal, serta jumlah sitasi yang diperoleh.

Pengumpulan dan pemilihan artikel dilakukan dengan pendekatan sistematis melalui serangkaian tahap berturut-turut, yaitu: (1) menghilangkan artikel duplikat dan publikasi yang tidak terkait dengan fokus penelitian; (2) menilai kesesuaian artikel berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang sudah ditetapkan; (3) memilih artikel sesuai bidang kajian, untuk memastikan penelitian terpusat pada pembelajaran matematika; (4) memilih artikel yang menyediakan data statistik lengkap, termasuk rata-rata, simpangan baku, dan ukuran sampel. Kriteria inklusi dan eksklusi yang digunakan dalam proses seleksi artikel dijabarkan secara lebih rinci pada Tabel 1 untuk memperjelas batasan penelitian dan memastikan validitas data yang dianalisis.

Tabel 1. Kriteria Inklusi – Eksklusi

No	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
1.	Data artikel, meliputi nama peneliti, pengaruh <i>project based learning</i> terhadap kemampuan berpikir kritis, dan tahun publikasi	Susunan artikel ilmiah yang tidak dapat diakses dengan lengkap
2.	Sampel yang digunakan pada penelitian yaitu siswa pada jenjang pendidikan SD, SMP, dan SMA	Sampel yang digunakan pada penelitian yaitu mahasiswa atau pada jenjang perguruan tinggi
3.	Artikel diterbitkan pada jurnal nasional dan internasional tahun 2021-2025	Artikel diterbitkan pada jurnal nasional dan internasional sebelum tahun 2021
4.	Artikel menggunakan jenis penelitian kuantitatif	Artikel ilmiah tidak menggunakan metode kuantitatif
5.	Artikel meneliti dalam bidang matematika	Artikel tidak meneliti dalam bidang matematika
6.	Artikel menyajikan data yang dibutuhkan untuk menghitung <i>Effect Size</i>	Artikel tidak menyajikan data yang dibutuhkan untuk menghitung <i>Effect Size</i> .

Diagram alur PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) diterapkan untuk memvisualisasikan proses pemilihan artikel, sehingga menjamin transparansi dan memungkinkan replikasi prosedur penelitian.



Gambar 1. Langkah Metode PRISMA

Dari hasil penelusuran awal, diperoleh sebanyak 200 artikel ilmiah. Setelah proses penyaringan, sebanyak 143 artikel dieliminasi karena tidak menggunakan pendekatan kuantitatif, sementara 34 artikel dieliminasi karena tidak berfokus pada pembelajaran matematika. Dari 23 artikel tersisa, 13 tidak menyajikan data yang dibutuhkan untuk menghitung ukuran efek. Dengan demikian, sebanyak 10 artikel dinyatakan memenuhi seluruh kriteria dan layak dianalisis secara kuantitatif.

Pedoman yang diterapkan untuk menafsirkan hasil ukuran efek (*effect size*) dalam kajian ini merujuk pada panduan yang disampaikan oleh Cohen (1988), yakni tolok ukur standar yang lazim digunakan dalam meta-analisis guna menilai intensitas hubungan antarvariabel. Panduan ini memungkinkan peneliti mengidentifikasi apakah dampak model Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) pada kemampuan berpikir kritis matematis siswa dikategorikan sebagai rendah, sedang, atau tinggi dengan mengacu pada nilai Cohen's *d*. Klasifikasi ini dipaparkan secara mendetail di Tabel 2, yang berperan sebagai landasan untuk penafsiran kuantitatif atas temuan analisis meta-analisis ini.

Tabel 2. Interval Efek *Size* Cohen's

No	<i>d</i>	Kategori
1	$0,2 \leq d \leq 0,5$	Rendah

2	$0,5 \leq d \leq 0,8$	Sedang
3	$0,8 \leq d$	Tinggi

Hasil analisis data dalam penelitian ini disajikan secara komprehensif melalui tabel ringkasan data, grafik *forest plot*, dan diagram *funnel plot* untuk mendeteksi kemungkinan terjadinya *publication bias*. Selain itu, dilakukan pula analisis heterogenitas menentukan model efek yang akan digunakan dalam meta-analisis, apakah menggunakan *fixed effect model* atau *random effect model*. Nilai rata-rata *effect size* kemudian dihitung untuk menggambarkan tingkat efektivitas *Project-Based Learning* terhadap kemampuan berpikir kritis matematis siswa. Selanjutnya, interpretasi hasil dilakukan dengan membandingkan temuan meta-analisis ini dengan hasil penelitian sebelumnya agar diperoleh kesimpulan yang lebih valid dan dapat digeneralisasikan. Dengan demikian, hasil akhir penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi teoretis terhadap pengembangan kajian mengenai efektivitas model pembelajaran berbasis proyek, tetapi juga menghasilkan implikasi praktis yang relevan bagi guru, peneliti, serta pengambil kebijakan pendidikan dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran matematika di sekolah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kajian artikel yang memenuhi kriteria inklusi – eksklusi diperoleh nilai *efek size* yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data *Efek Size* setiap artikel

No	Penulis	<i>Efek Size</i>	Kategori
1.	Yulianto dkk. (2024)	0,88	Tinggi
2.	Bilqis dkk. (2023)	0,66	Sedang
3.	Harun dkk. (2023)	0,57	Sedang
4.	Diana dkk. (2021)	0,96	Tinggi
5.	Pramasdyahsari dkk. (2023)	1,73	Tinggi
6.	Rohmah dkk. (2023)	2,54	Tinggi
7.	Daulay dkk. (2024)	1,00	Tinggi
8.	Zhou dkk. (2025)	1,41	Tinggi
9.	Rahmadhani dkk. (2024)	0,81	Tinggi
10.	Umayroh dkk. (2021)	1,43	Tinggi

Artikel pada tabel 3 menunjukkan bahwa dari 10 artikel penelitian ternyata 8 artikel memiliki kategori efek size tinggi dan 2 artikel memiliki kategori efek size sedang.

Tabel 4. *Efek Size* Berdasarkan Kategori

Penulis	<i>Efek Size</i>	Rata – rata <i>Efek Size</i>	Kategori	Jumlah
Yulianto dkk. (2024)	0,88			
Diana dkk. (2021)	0,96			
Pramasdyahsari dkk. (2023)	1,73			
Rohmah dkk. (2023)	2,54	1,35	Tinggi	8
Daulay dkk. (2024)	1,00			
Zhou dkk. (2025)	1,41			
Umayroh dkk. (2021)	1,43			
Rahmadhani dkk. (2024)	0,81			
Bilqis dkk. (2023)	0,66	0,62	Sedang	2
Harun dkk. (2023)	0,57			

Berdasarkan Tabel 4 penelitian dengan kategori tinggi memiliki rata-rata 1,35 dan artikel dengan kategori sedang memiliki rata-rata 0,62. Selanjutnya dilakukan uji heterogenitas untuk menentukan model efek yang digunakan.

Tabel 5. *Output Uji Heterogenitas*

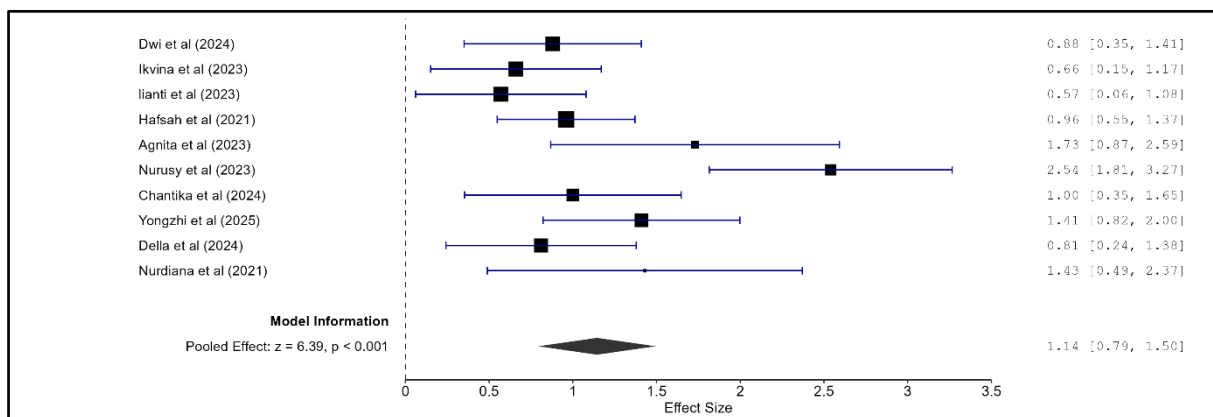
	Test	p
Heterogeneity	$Q_e(9) = 27.62$	.001
Pooled effect	$z = 6.39$	< .001

Hasil analisis menunjukkan bahwa dari sepuluh ukuran efek (*efek size*) yang dianalisis, diperoleh nilai  $Q = 27,62$  dengan  $p < 0,001$ , menunjukkan bahwa ada tingkat heterogenitas yang signifikan di antara studi yang dikaji. Kesimpulan ini menunjukkan bahwa hasil penelitian tidak homogen. Oleh karena itu, dianggap lebih tepat untuk menggunakan model ukuran efek acak untuk mengestimasi rata-rata ukuran efek dari semua studi yang dianalisis. Hasil perhitungan yang dilakukan menggunakan model efek random ditemukan, kemampuan berpikir kritis matematis siswa dipengaruhi secara positif dan signifikan oleh penerapan model *Project-Based Learning* (PjBL), dengan nilai  $z = 6,39$  dan  $p = 0,001$ .

Tabel 6. *Output Model Random Efek*

	Estimate	95% CI		95% PI	
		Lower	Upper	Lower	Upper
Pooled effect	1.144	0.793	1.495	0.160	2.128

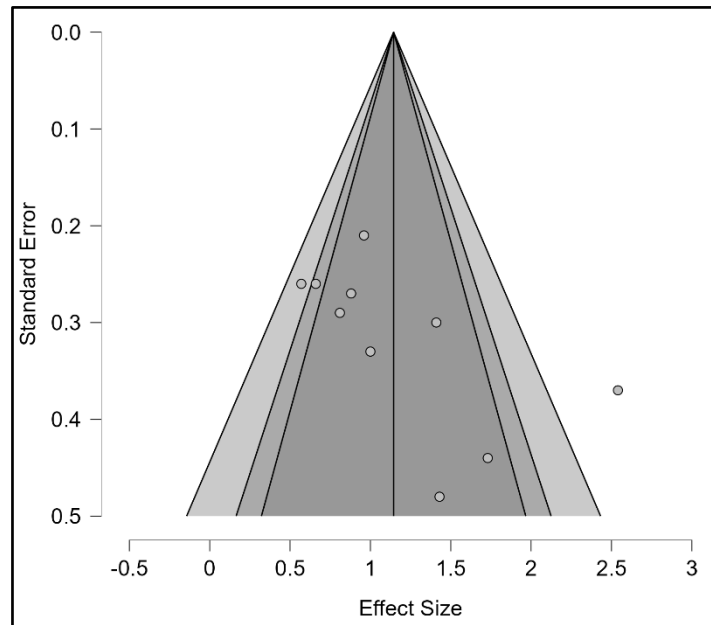
Sebagaimana disajikan dalam Tabel 6, dampak pembelajaran berbasis proyek pada kemampuan berpikir kritis matematis siswa dikategorikan sebagai tinggi ( $r_{RE} = 1,144$ ). Selanjutnya untuk memahami *summary effect size* di buat *forest plot*.



Gambar 2. *Forrest Plot*

Nilai efek ukuran dari studi yang dianalisis berkisar antara 0,57 dan 2,54, menunjukkan variasi yang signifikan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Variasi ini menunjukkan bahwa ada perbedaan kekuatan dalam pengaruh model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis siswa di setiap penelitian yang ditinjau. Digunakan diagram *funnel plot* untuk mengevaluasi kemungkinan *publication bias* untuk memastikan keandalan hasil meta-analisis. Dalam interpretasinya, apabila tidak terdapat *publication bias*, maka sebaran studi akan tampak terdistribusi secara simetris di sekitar garis efek rata-rata (*summary effect, M*), yang menunjukkan bahwa variasi hasil

penelitian hanya disebabkan oleh kesalahan pengambilan sampel (*sampling error*) yang bersifat acak (*random*). Sebaliknya, apabila terjadi *publication bias*, maka distribusi penelitian akan cenderung asimetris, dengan pola tertentu misalnya sebagian besar penelitian terkonsentrasi di bagian atas diagram, terdapat kekosongan data di area tengah, serta berkurangnya jumlah studi di bagian bawah yang menandakan adanya kemungkinan hasil penelitian dengan efek kecil atau tidak signifikan tidak dipublikasikan.



Gambar 3. *Funnel Plot*

Hasil analisis *funnel plot* menunjukkan bahwa tingkat kesimetrisan distribusi studi sulit untuk disimpulkan secara visual, sehingga diperlukan uji lanjutan menggunakan *Egger's Test* guna menilai secara statistik apakah terdapat indikasi ketidaksimetrisan (asimetri) yang menunjukkan potensi *publication bias*. Melalui penerapan uji Egger, dilakukan pengukuran antara ukuran efek dan kesalahan standar dari setiap penelitian yang dianalisis. Apabila hubungan antara kedua variabel tersebut menunjukkan signifikansi secara statistik, maka hal ini mengindikasikan adanya kemungkinan bias publikasi dalam kumpulan studi yang diteliti. Adapun hasil uji *Egger's Test* ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. *Egger's test*

Estimates	Asymmetry Test			Limit Estimate $\mu$		
	T	df	p	Estimate	Lower 95% CI	Upper 95% CI
10	2.229	8	.056	-0.261	-1.648	1.127

Berdasarkan Tabel 7, diperoleh nilai  $p = 0,056$  ( $p > 0,05$ ) yang mengonfirmasi bahwa *funnel plot* berada dalam kondisi simetris. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi studi pada meta-analisis tidak mengalami penyimpangan yang berarti terhadap garis efek rata-rata (*summary effect*). Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa tidak ditemukan adanya tanda atau indikasi terjadinya bias publikasi dalam kumpulan studi yang ditinjau. Temuan ini memperkuat keandalan hasil meta-analisis, karena seluruh studi yang digunakan dianggap mewakili data empiris secara proporsional tanpa adanya kecenderungan seleksi terhadap hasil penelitian tertentu. Berdasarkan meta-analisis yang melibatkan sepuluh artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi, diperoleh ukuran efek rata-rata sebesar 1,144 dengan interval kepercayaan 95% (CI [0,793–1,495]), serta nilai  $z = 6,39$ ;  $p < 0,001$ . Ukuran ini

dikategorikan tinggi menurut klasifikasi Cohen (1988), yang menunjukkan bahwa model Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) memberikan dampak yang bermakna dan kuat pada kemampuan berpikir kritis matematis siswa. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran melalui proyek secara konsisten dapat membangun kemampuan berpikir tingkat tinggi, khususnya dalam matematika, dengan mendorong siswa terlibat aktif dalam analisis, evaluasi, dan refleksi selama pelaksanaan proyek.

Analisis heterogenitas mengungkapkan nilai  $Q_e(9) = 27,62$ ;  $p < 0,001$ , yang menandai adanya perbedaan antar penelitian. Berdasarkan kategori ukuran efek Cohen (1988), delapan studi (80%) masuk dalam kategori tinggi ( $d \geq 0,8$ ) dengan rata-rata 1,35, sedangkan dua studi lainnya (20%) berada di kategori sedang ( $0,5 \leq d < 0,8$ ) dengan rata-rata 0,62. Dengan demikian, seluruh data menunjukkan pengaruh positif terhadap penerapan PjBL pada kemampuan berpikir kritis matematis siswa. Variasi dalam besarnya pengaruh ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan jenjang pendidikan, kompleksitas proyek, durasi implementasi, serta kesiapan pengajar dalam menerapkan model tersebut.

Temuan ini selaras dengan kajian Fatimah dan Yamtinah (2023) yang menyatakan bahwa penerapan PjBL berbasis STEM secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemahaman konseptual siswa. Lutfiyana dan Purwosetiyono (2025) juga membenarkan bahwa penggabungan PjBL dengan media digital berbasis Augmented Reality memberikan dampak positif pada literasi matematis dan keterampilan berpikir reflektif siswa. Demikian pula, Rafiq-uz-Zaman (2025) melaporkan bahwa penerapan PjBL dalam konteks STEAM efektif untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, komunikasi, dan kolaborasi antarsiswa. Hasil serupa disampaikan oleh Darminto, Handoyo, dan Wardani (2025) yang menemukan bahwa pembelajaran aktif berbasis proyek dapat memperkuat interaksi sosial dan meningkatkan kemampuan analisis siswa dalam menyelesaikan masalah matematis.

Secara teoretis, hasil meta-analisis ini mendukung pandangan Thomas (2000) dan Bell (2010) bahwa pembelajaran berbasis proyek didasarkan pada teori konstruktivisme, di mana pengetahuan dibangun melalui pengalaman belajar yang bermakna dan terkait konteks. Dalam praktiknya, aktivitas proyek mendorong siswa mengeksplorasi konsep, menguji hipotesis, serta menghubungkan ide matematika dengan situasi kehidupan nyata. Hal ini sejalan dengan pemikiran Ennis (2011) yang menekankan bahwa berpikir kritis mencakup kemampuan menafsirkan, menganalisis, mengevaluasi, dan membuat keputusan logis berdasarkan bukti yang valid. Oleh karena itu, PjBL menjadi pendekatan efektif untuk mengasah kemampuan tersebut melalui tahap perencanaan, pelaksanaan, dan refleksi proyek. Hasil analisis bias publikasi menunjukkan bahwa *funnel plot* terdistribusi secara simetris dengan nilai uji Egger  $t = 2,229$ ;  $p = 0,056$ , yang menandakan tidak ada bias publikasi yang signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa data yang digunakan dapat diandalkan dan mewakili penelitian sebelumnya (Borenstein et al., 2021). Dengan demikian, hasil meta-analisis ini dianggap kredibel secara metodologis dan mencerminkan kondisi empiris sebenarnya tentang keefektifan PjBL dalam pembelajaran matematika.

Secara keseluruhan, hasil meta-analisis ini menegaskan bahwa penerapan Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) memberikan pengaruh kuat pada peningkatan kemampuan berpikir kritis matematis siswa. Model ini terbukti efektif karena dapat menggabungkan pengalaman belajar yang aktif, kolaboratif, dan kontekstual, sehingga mendorong siswa mengembangkan kemampuan berpikir analitis dan reflektif. Dengan mempertimbangkan temuan tersebut, penerapan PjBL direkomendasikan sebagai strategi utama dalam pembelajaran matematika. Pengintegrasian model ini dengan teknologi dan pendekatan interdisipliner seperti STEM diyakini dapat memperkuat penguasaan konsep matematis serta mengoptimalkan pengembangan keterampilan berpikir kritis sebagai kompetensi penting untuk menghadapi tantangan pendidikan abad ke-21.

## SIMPULAN

Berdasarkan meta-analisis yang mencakup sepuluh artikel penelitian kuantitatif, diperoleh ukuran efek rata-rata sebesar 1,144, yang masuk dalam kategori tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa model *Project-Based Learning* (PjBL) memberikan dampak positif dan bermakna pada kemampuan berpikir kritis matematis siswa. Oleh karena itu, sejalan dengan tujuan penelitian, dapat ditarik kesimpulan bahwa PjBL adalah model pembelajaran yang efektif untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui aktivitas belajar yang aktif, kolaboratif, dan terkait konteks dalam pembelajaran matematika.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Bilqiis, I. A. A., Zuhri, M. S., & Muhtarom, M. (2023). Efektivitas Model Pembelajaran Problem Based Learning dan Project Based Learning terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematika SMP. *Jurnal Kualita Pendidikan*, 4(2), 118–129.
- Borenstein, M. (Ed.). (2013). *Introduction to meta-analysis (Nachdr.)*. Wiley.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Daulay, C. D. P., & Hasibuan, E. K. (2024). Pengaruh Project Based Learning dengan Pendekatan Saintifik terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Self Efficacy. *Relevan: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(5).
- Diana, H. A., & Saputri, V. (2021). Model project based learning terintegrasi STEAM terhadap kecerdasan emosional dan kemampuan berpikir kritis siswa berbasis soal numerasi. *Numeracy*, 8(2), 113–127.
- Ennis, R. H. (2011). The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities. *University of Illinois*, 2(4), 1–8.
- Ennis, R. H., & Philosophy Documentation Center. (2011). Ideal critical thinkers are disposed to: *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines*, 26(2), 4–4. <https://doi.org/10.5840/inquiryctnews201126214>
- Fatimah, H., Yamtinah, S., & Bramastia, B. (2023). Study of Ecology and Biodiversity Learning Based on Project Based Learning-Science Technology Engineering Mathematics (PjBL-STEM) in Empowering Students' Critical Thinking. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 729–736. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.3688>
- Feziyasti, A., Saputri, I., Asrizal, A., & Mufit, F. (2025). The Effect of Project-Based Learning Model (PjBL) with STEM Approach to Promote Students' Critical and Creative Thinking Skills: A Meta Analysis. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 18(1), 11–22. <https://doi.org/10.37729/radiasi.v18i1.6004>
- Harun, L., & Pramasdyahsari, A. S. (2023). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning Terintegrasi STEM Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Indiktika: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 5(2), 180–190.
- Himmi, N., Armanto, D., & Amry, Z. (2025). Implementation of Project Based Learning (PjBL) in Mathematics Education: A Systematic Analysis of International Practices and Theoretical Foundations. *Science Insights Education Frontiers*, 26(2), 4305–4321. <https://doi.org/10.15354/sief.25.or699>
- Juandi, D., Suparman, S., Putri, A. D., Dahlan, J. A., & Dasari, D. (2025). The utilization of computer-assisted mathematics education integrated into project-based learning to optimize Indonesian students' mathematics achievement: A systematic review and meta-analysis. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(4), em0853. <https://doi.org/10.29333/iejme/16899>

- Kwon, H., & Lee, Y. (2025). A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity. *STEM Education*, 5(2), 275–290. <https://doi.org/10.3934/steme.2025014>
- Lutfiyana, L., Purwosetiyono, F. D., & Muhtarom, M. (2025). Development of Digital Book STEM with Design Thinking Assisted by augmented reality in improving mathematical literacy abilities. *Mathline: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 10(2), 505–519.
- Mahendra, Y., Triantho, A. I., & Irawan, R. J. (2025). The Effect of Project-Based Learning on Critical Thinking Skills in Structural Engineering Courses: A Meta-analysis Study. *Jurnal Pendidikan Indonesia: Teori, Penelitian, Dan Inovasi*, 5(1). <https://doi.org/10.59818/jpi.v5i1.1346>
- Pramasdyahsari, A. S., Setyawati, R. D., Aini, S. N., Nusuki, U., Arum, J. P., Astutik, I. D., Widodo, W., Zuliah, N., & Salmah, U. (2023). Fostering students' mathematical critical thinking skills on number patterns through digital book STEM PjBL. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7), em2297. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13342>
- Rahmadhani, D. A., & Lusiana, N. (2024). The Positive Impact of Game-Assisted Project Based Learning Model on Students' Critical Thinking Ability in Mathematics Learning. *International Journal of Elementary Education*, 8(2), 354–363.
- Retnawati, H., Apino, E., Kartianom, Djidu, H., & Anazifa, R. D. (2018). *Pengantar Analisis Meta*. Parama Publishing.
- Rohmah, N. S., Suryaningtyas, W., & Holisin, I. (2023). Implementation of the STEM-GeoGebra Integrated PjBL Model to Improve Student's Critical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(2), 123–134.
- Taufik, N., Nurtamam, M. E., Dewanto, & Santosa, T. A. (2025). The Effectiveness of Deep Learning based PjBL on Student's Scientific and Critical Thinking Skills at Indonesia. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(9), 228–236. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i9.12857>
- Thomas, J. W. (t.t.). A Review of Research on Project-Based Learning.
- Umayroh, R., & Siregar, N. (2024). Pengaruh Model Project Based Learning (PjBL) terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Bangun Ruang di Sekolah Dasar. *ELSE (Elementary School Education Journal): Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 8(3). <https://doi.org/10.30651/else.v8i3.23853>
- Yulianto, D., Junaedi, Y., Juniawan, E. A., & Anwar, S. (2024). Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa SMP melalui Pendekatan Matematika Realistik dengan Model PBL dan CTL Berbasis Project-Based Learning pada Penyelesaian Soal AKM di Kabupaten Lebak Banten. *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 9(1), 57. <https://doi.org/10.25157/teorema.v9i1.13457>
- Zhou, Y., Jantharajit, N., & Srikhao, S. (2025). A Quasi-Experimental Study on Projected-Based and Inquiry-Based Approaches in Fourth-Grade Mathematics: Effects on Teamwork Skills and Critical Thinking. *Asian Journal of Contemporary Education*, 9(1), 42–54.