

BAB 3

PROSEDUR PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan metode meta-analisis. Penelitian kuantitatif merupakan penelitian yang berdasarkan pada teori positivisme, menurut Creswell (2019) penelitian kuantitatif sekumpulan metode untuk menguji suatu teori dengan cara mengamati hubungan antar variabel. Ontologi penelitian ini mengacu pada keyakinan eksistensi yang nyata dari model pembelajaran berbasis masalah (*Problem Based Learning*) dalam pembelajaran matematika dan dampaknya melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik. Aksiologi penelitian ini mencakup nilai-nilai seperti signifikansi pendidikan matematika, inovasi dalam pembelajaran, dan pentingnya melatih kemampuan berpikir kritis matematis. Epistemologi penelitian ini didasarkan pada penggunaan meta-analisis untuk menggabungkan dan mengevaluasi temuan dari berbagai studi yang relevan, menegaskan keyakinan bahwa pengetahuan dapat diperoleh melalui analisis sistematis terhadap literatur dan bahwa meta-analisis adalah metode valid dalam mengevaluasi dampak pendekatan pembelajaran. Jenis meta-analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah meta-analisis *Group Contrast*. Meta-analisis *Group Contrast* memadukan perhitungan statistik untuk menilai *effect size* dari sejumlah penelitian. Pelaksanaan metode ini diawali dengan perhitungan *effect size* berdasarkan perbedaan antar kelompok. Setelah *effect size* ditentukan, langkah selanjutnya menghitung *summary effect*, baik menggunakan model *Fixed Effect (FE)* maupun model *Random Effects (REs)*. Pemilihan model dilakukan berdasarkan hasil uji heterogenitas yang menunjukkan sejauh mana variasi antar studi bersifat heterogen atau homogen. Hasil dari *summary effect* kemudian diinterpretasikan sebagai estimasi gabungan dari pengaruh antar kelompok yang dibandingkan. Langkah terakhir yaitu menyusun dan melaporkan hasil meta-analisis secara sistematis dan kuantitatif sebagai dasar kesimpulan penelitian (Retnawati et al., 2018).

Tahapan dalam penelitian meta-analisis ini menggunakan meta-analisis *Group Contrast* sebagaimana dijelaskan oleh (Retnawati et al., 2018) sebagai berikut:

(1) Menentukan pertanyaan penelitian

Tahap awal dalam melakukan meta-analisis adalah mengidentifikasi objek peninjauan dan merumuskan pertanyaan penelitian yang diteliti. Pada tahap ini, permasalahan harus disusun berdasarkan landasan teoritis yang jelas, memastikan bahwa konsep yang diselidiki dalam meta-analisis dapat dibandingkan secara konseptual. Langkah ini juga memiliki tujuan untuk menentukan artikel penelitian yang digunakan sebagai bahan untuk meta-analisis, dengan mempertimbangkan jenis perbandingan yang digunakan, seperti perbandingan *pre-post*, perbandingan dua kelompok (eksperimen, kontrol) dan hubungan antar variabel atau korelasi. Dalam penelitian ini, pertanyaan penelitian yang diteliti merupakan meta-analisis perbandingan dua kelompok (*Group Contrast*).

(2) Menentukan penelitian yang relevan

Pada langkah kedua penelitian menentukan penelitian yang relevan. Menurut Crocetti (2015) dalam menentukan penelitian yang relevan perlu ditentukan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi yaitu kriteria pada karakteristik penelitian. Adapun kriteria eksklusi yaitu kriteria kelayakan yang merujuk pada karakteristik publikasi.

Berdasarkan prinsip tersebut, kriteria inklusi dalam penelitian ini ditetapkan sebagai acuan dalam menyeleksi artikel yang relevan dan sesuai dengan tujuan penelitian, sehingga hanya studi yang memenuhi persyaratan substantif dan metodologis yang dianalisis lebih lanjut yang ditetapkan sebagai berikut:

- (a) Desain penelitian berupa eksperimen yang membandingkan antar dua kelompok atau lebih (*group contrast*).
- (b) Penelitian menganalisis dan mengkaji pengaruh model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis.
- (c) Memuat data kuantitatif berupa nilai rata-rata, standar deviasi, dan jumlah sampel masing-masing kelompok, atau data alternatif yang memungkinkan perhitungan *effect size*.
- (d) Populasi dalam setiap studi primer mencakup peserta didik jenjang pendidikan dasar, menengah dan atas (SD, SMP, SMA) atau yang setara.
- (e) Sampel dan populasi penelitian berasal dari Indonesia.
- (f) Tahun publikasi studi berada pada rentang 2019 sampai September 2025.
- (g) Artikel tersedia dalam bentuk *full-text* dan *open access*.

- (h) Artikel terindeks Sinta dan Garuda sebagai pengindeks nasional.
- (i) Bahasa publikasi adalah bahasa Indonesia atau bahasa Inggris.
- (j) Jenis publikasi berupa artikel jurnal atau *prosiding* konferensi terkait model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis.

Sementara itu, kriteria eksklusi ditetapkan untuk mengeluarkan artikel yang tidak sesuai dengan tujuan dan fokus penelitian, sehingga hanya studi yang relevan dan berkualitas yang dianalisis lebih lanjut yang ditetapkan sebagai berikut:

- (a) Desain penelitian bukan berupa eksperimen perbandingan antar kelompok (*group contrast*).
- (b) Penelitian tidak mengkaji pengaruh *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis.
- (c) Artikel tidak memuat data kuantitatif yang diperlukan untuk perhitungan *effect size*.
- (d) Populasi dalam setiap studi primer mencakup peserta didik berada di luar jenjang pendidikan dasar, menengah dan atas (SD, SMP, SMA) atau yang setara.
- (e) Sampel dan populasi penelitian bukan berasal dari Indonesia.
- (f) Tahun publikasi studi di luar rentang 2019 sampai September 2025.
- (g) Artikel tidak tersedia dalam bentuk *full-text* atau bukan *open access* (artikel berbayar).
- (h) Artikel tidak terindeks Sinta dan Garuda.
- (i) Bahasa publikasi bukan bahasa Indonesia atau bahasa Inggris.
- (j) Jenis publikasi bukan artikel jurnal atau *prosiding* konferensi.

Setelah menentukan kriteria tersebut, kemudian mencari literatur. Dalam penelitian ini menggunakan aplikasi dekstop yaitu *Publish or Perish* dengan mengambil sumber dari *Google Scholar* dan *Crossref* untuk mencari artikel yang diterbitkan pada periode 2019 hingga September 2025. Pencarian dilakukan dengan menentukan kata kunci terlebih dahulu untuk mempermudah menemukan artikel yang relevan. Dalam penelitian ini, kata kunci utama yang digunakan adalah (*Problem Based Learning** OR PBL OR pemecahan masalah), (*berpikir kritis** OR *critical thinking*), (*mathematics** OR matematika OR *math*) yang kemudian dikembangkan dengan istilah-istilah lain yang relevan. Proses pencarian dilakukan secara sistematis dari berbagai basis data ilmiah seperti *Google Scholar*, *Crossref*, dan *sinta*.

(3) Menentukan pengkodean

Setelah penelitian-penelitian yang sesuai dengan kriteria baik inklusi maupun eksklusi dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah menentukan pengkodean. Pengkodean dilakukan untuk mengadministrasikan penelitian-penelitian yang di agregasikan dalam meta-analisis. Dalam penelitian ini dilakukan pengkodean berupa informasi seperti nama peneliti, judul penelitian, nama jurnal atau *prosiding*, tahun publikasi, lokasi penelitian, desain penelitian, jumlah sampel pada masing-masing kelompok, jenjang pendidikan, media yang digunakan, materi yang diajarkan, dan variabel yang diteliti. Selain itu, dikumpulkan pula data kuantitatif yang diperlukan untuk menghitung *effect size*, yaitu nilai rata-rata, standar deviasi, serta jumlah sampel pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

(4) Menghitung ukuran efek (*effect size*)

Data yang dikumpulkan selama proses pengkodean digunakan untuk mengestimasi ukuran efek untuk masing-masing studi. Ukuran efek merupakan ukuran yang mencerminkan besarnya efek yang sedang diteliti dan dapat mencakup perbedaan antara dua kelompok. Data yang dikumpulkan selama proses pengkodean digunakan untuk mengestimasi ukuran efek untuk masing-masing studi. Ukuran efek merupakan ukuran yang mencerminkan besarnya efek yang sedang diteliti dan dapat mencakup perbedaan antara dua kelompok. Perhitungan mempertimbangkan data statistik yang tersedia (*mean*, standar deviasi, jumlah inklusi) dari masing-masing studi. Setelah menentukan ukuran efek setiap studi, selanjutnya dilakukan penggabungan ukuran efek (*summary effect*) yakni dengan *fixed effect* model (model efek tetap) dan *random effect* model (model efek acak). Hasil perhitungan efek tersebut divisualisasikan *Forest Plot*.

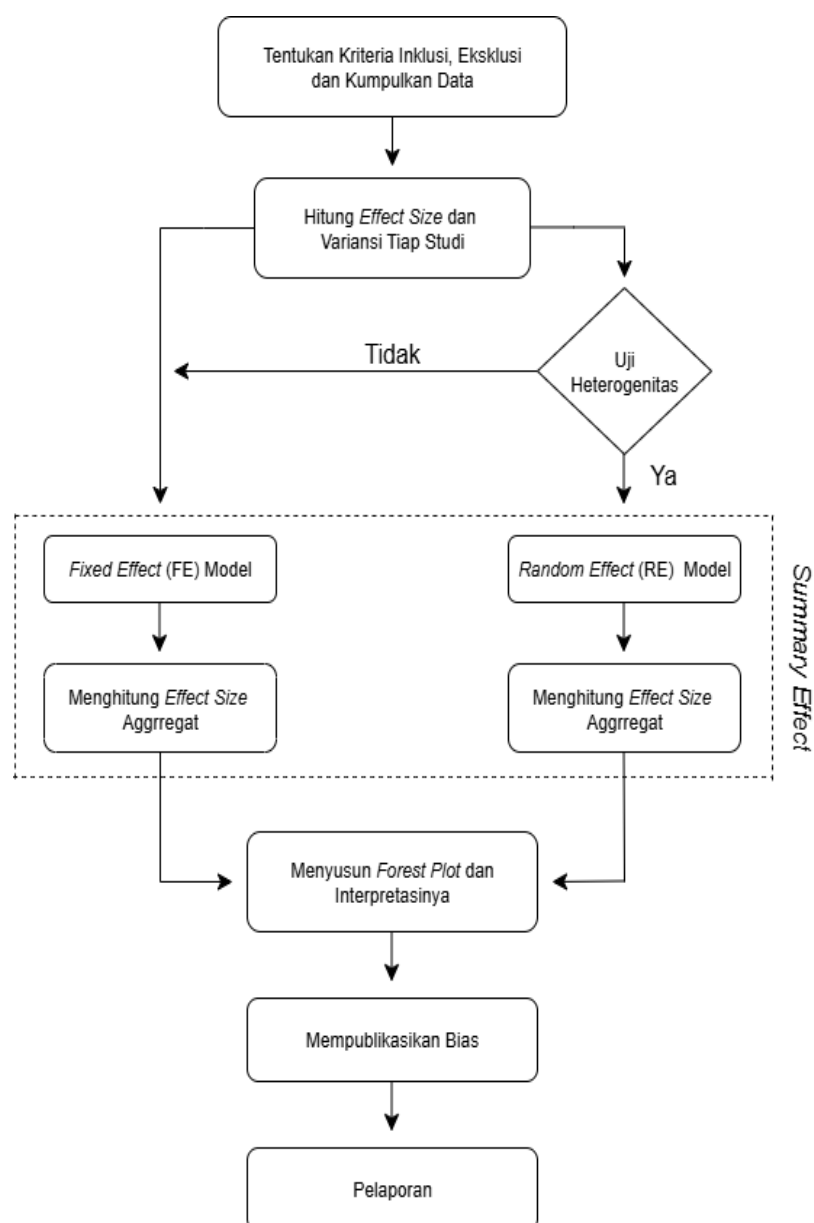
(5) Koreksi bias dan prosedur umum dalam meta-analisis

Setelah melakukan interpretasi, selanjutnya dilakukan publikasi bias. Publikasi bias dapat mengancam validitas kesimpulan meta-analisis karena studi yang tidak dipublikasikan, terutama yang memiliki hasil tidak signifikan, berpotensi memengaruhi hasil analisis secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting untuk menilai sejauh mana dampak publikasi bias, apakah tergolong kecil (studi yang hilang tidak memengaruhi hasil), sedang (mempengaruhi hasil secara terbatas), atau besar (mampu mengubah simpulan utama). Langkah ini memastikan bahwa kesimpulan meta-analisis tetap akurat,

dapat diandalkan, dan bebas dari pengaruh publikasi bias. Bias publikasi diuji menggunakan *Funnel Plot*, *Rank Correlation*, *Rank Regression*, dan *Fail safe-N*.

(6) Penyusunan laporan hasil meta-analisis

Langkah terakhir dalam meta-analisis adalah menyusun laporan hasil secara sistematis, yaitu dengan memaparkan temuan yang telah dianalisis secara runtut, jelas, dan terorganisir. Adapun alur penelitian meta-analisis dalam penelitian ini adalah menggunakan meta-analisis *Group Contrast* yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.1. Alur Penelitian Meta-Analisis

Berdasarkan alur penelitian meta-analisis di Gambar 3.1 dijelaskan sebagai berikut:

(1) Tentukan kriteria inklusi, eksklusi dan kumpulkan data

Langkah pertama dalam meta-analisis adalah menentukan kriteria inklusi dan eksklusi, yaitu pedoman yang menjadi acuan penelitian mana yang layak dimasukkan dalam analisis. Contohnya, hanya penelitian dengan desain eksperimen, pada jenjang SD hingga SMA, dengan topik PBL. Setelah kriteria ditetapkan, peneliti mulai mengumpulkan data dari berbagai sumber yang relevan seperti *Google Scholar*, *Crossref*, *Scopus*, atau *sinta*.

(2) Hitung *Effect Size* dan variansi tiap studi

Setelah data dikumpulkan, dari setiap penelitian yang terpilih dilakukan perhitungan *effect size* (misalnya *Cohen's d* atau *Hedges' g*) untuk mengetahui besarnya pengaruh variabel yang diteliti. Selain itu, variansi juga dihitung untuk menggambarkan tingkat ketidakpastian dari hasil *effect size* pada setiap studi.

(3) Uji heterogenitas

Data dari seluruh studi yang dikumpulkan kemudian dianalisis untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan antar hasil studi (heterogenitas). Uji ini biasanya menggunakan *Q-test* atau I^2 untuk melihat apakah hasil studi seragam (homogen) atau sangat berbeda-beda (heterogen).

(a) Jika hasil uji menunjukkan homogenitas, analisis dilanjutkan dengan model yang sesuai.

(b) Jika ditemukan heterogenitas, digunakan model lain untuk menyesuaikan perbedaan antar studi.

(4) *Random Effect* model, *Fixed Effect* model & hitung *Effect Size Aggregate*

Jika hasil uji menunjukkan adanya heterogenitas (perbedaan antar studi), analisis dilakukan menggunakan *random effect* model yang mengasumsikan bahwa setiap studi memiliki efek yang sedikit berbeda. Pada langkah ini, peneliti menghitung *effect size aggregate*, yaitu rata-rata tertimbang dari semua studi dengan memperhitungkan variansi antar studi untuk mendapatkan satu *effect size* keseluruhan beserta interval kepercayaan. Sebaliknya, jika hasil menunjukkan homogenitas (tidak ada perbedaan nyata antar studi), digunakan *fixed effect* model yang mengasumsikan bahwa setiap studi memiliki efek yang sama. Dalam langkah ini, peneliti juga menghitung *effect size aggregate* sebagai

rata-rata tertimbang untuk mendapatkan *effect size* keseluruhan beserta interval kepercayaan.

(5) Menyusun *Forest Plot* dan interpretasinya

Tahap selanjutnya adalah menyusun *forest plot*, yaitu grafik yang menggambarkan *effect size* masing-masing studi beserta hasil agregatnya. Grafik ini mempermudah pembaca untuk membandingkan hasil antar studi dan memahami *effect size* secara keseluruhan, disertai dengan penjelasan interpretasi terhadap hasilnya.

(6) Mempublikasikan bias

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan terhadap kemungkinan adanya *publication bias*, misalnya melalui *funnel plot* atau uji *Egger's*. Tujuannya untuk memastikan apakah hasil analisis dipengaruhi oleh ketidakseimbangan publikasi penelitian yang hasilnya signifikan saja.

(7) Pelaporan

Tahap terakhir adalah menyusun laporan lengkap mengenai metode yang digunakan, data yang dianalisis, hasil, temuan utama, interpretasi, dan kesimpulan meta-analisis. Laporan ini biasanya dituangkan dalam bentuk artikel ilmiah, laporan penelitian, atau tesis.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian memiliki sifat membedakan satu unsur dengan yang lainnya, menurut Amin *et al*, (2020) variabel penelitian memiliki sifat membedakan satu unsur dengan lainnya dari suatu populasi. Variabel penelitian terdapat dua jenis yaitu variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat merupakan variabel yang tidak dipengaruhi variabel lainnya. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah berpikir kritis matematis. Adapun dalam penelitian ini model pembelajaran *Problem Based Learning* sebagai variabel bebasnya.

3.3 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh publikasi ilmiah di antaranya jurnal penelitian, *prosiding* dan karya ilmiah lainnya yang berkaitan dengan *Problem Based Learning* dan berpikir kritis matematis. Populasi ini dipilih karena dalam penelitian meta-

analisis yang bervariasi adalah hasil-hasil studi sebelumnya yang relevan. Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*. Menurut Lenaini (2021) *purposive sampling* merupakan teknik pengambilan sampel yang didasarkan pada pertimbangan khusus berdasarkan kriteria yang mengacu pada kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Dalam penelitian meta-analisis ini semua studi yang tersedia diseleksi berdasarkan kriteria yang dalam hal ini mengacu pada kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan sebagaimana dijelaskan pada metode penelitian. Adapun sampel dalam penelitian ini merupakan artikel ilmiah dengan tahun publikasi antara tahun 2019 hingga Juni 2025 yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yaitu sebanyak 22 penelitian. Sampel dikumpulkan pada rentang waktu Oktober hingga Desember 2025. Dari 22 data penelitian yang disintesis, sebanyak 1 penelitian ditemukan memiliki hasil penelitian yang tidak signifikan. Ditinjau dari jenjang pendidikan dapat diklasifikasikan sebagai berikut sebanyak 8 data jenjang pendidikan dasar, sebanyak 4 data jenjang menengah pertama, dan sebanyak 10 jenjang menengah atas.

3.4 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian *systematic review* dengan pendekatan kuantitatif melalui meta-analisis, meta-analisis merupakan *systematic review* dengan perhitungan statistik (Retnawati et al., 2018). Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian pustaka untuk mengumpulkan dan menganalisis berbagai hasil penelitian yang relevan. *Systematic review* adalah pendekatan sistematis dalam penelitian dokumen yang digunakan untuk menggabungkan temuan-temuan penelitian (Latifah & Santosa, 2022). Salah satu bentuk dari *systematic review* adalah meta-analisis, yaitu mencari dan mengenali semua artikel penelitian yang relevan, mengelompokkan artikel-artikel yang sesuai, mengukur dampaknya, melakukan analisis statistik berdasarkan ukuran dampak, dan menilai hasilnya.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah dokumentasi. Menurut Sugiono (2022) dokumentasi merupakan teknik yang dilakukan untuk mendapatkan informasi berupa dokumen antara lain tulisan, gambar dan karya-

karya penting. Dalam penelitian ini dokumentasi berupa hasil belajar peserta didik yang merupakan berpikir kritis matematis kelas eksperimen dan kelas kontrol pada sampel publikasi ilmiah serta data statistik lain yang diperlukan.

3.6 Instrumen Penelitian

Pengumpulan data dalam penelitian meta-analisis memerlukan instrumen yang sistematis dan konsisten agar hasilnya dapat dipertanggungjawabkan, instrument penelitian meta-analisis adalah lembar pemberian kode yang diadaptasi dari instrumen pengkodean penelitian (Retnawati et al., 2018). Lembar tersebut memuat kategori pengkodean artikel-artikel yang disintesis. Pada penelitian ini lembar pemberian kode memuat nama peneliti, judul penelitian, tahun publikasi, lokasi penelitian, waktu akses jurnal, indeks jurnal, jumlah sampel, jenis desain penelitian, jenjang pendidikan, materi yang digunakan, variabel terikat yakni kemampuan berpikir kritis matematis, teknik pengambilan sampel, nilai uji statistik, hipotesis penelitian, dan hasil atau temuan penelitian serta alamat URL jurnal.

3.7 Teknik Analisis Data

Analysis data dalam penelitian ini dilakukan dengan berbantuan *software Microsoft Excel* dan menggunakan ‘meta-analisis’ *package* yang dijalankan lewat *software* JASP versi 0.95.3. Studi-studi yang dianalisis dalam penelitian ini adalah studi-studi yang memenuhi kriteria inklusi/eksklusi dengan menggunakan prosedur PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*) (Haddaway et al., 2020). Penelitian ini merumuskan pasangan hipotesis statistik sebagai dasar pengujian pengaruh yang diteliti, adapun pasangan hipotesis statistik yang diajukan dalam penelitian meta-analisis ini adalah sebagai berikut:

- (1) Hipotesis tentang efek implementasi model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis secara keseluruhan sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat efek implementasi model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis.

H_1 : Terdapat efek implementasi model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis.

(2) Hipotesis tentang efek implementasi model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis berdasarkan jenjang (SD, SMP, SMA) sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat efek pada data yang diamati yaitu implementasi model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis ditinjau dari jenjang pendidikan (SD, SMP, SMA).

H_1 : Terdapat efek pada data yang diamati yaitu implementasi model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis ditinjau dari jenjang pendidikan (SD, SMP, SMA).

Langkah-langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan pada langkah-langkah metodologi penelitian analisis meta (Retnawati *et al.*, 2018). Langkah analisis data yang dilakukan dimulai dengan menghitung *effect size* dari masing-masing studi. Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan uji heterogenitas untuk membuktikan apakah ukuran efek masing-masing studi berbeda. Apabila terdapat varians heterogenitas maka dilakukan analisis lanjutan yaitu dengan melakukan analisis variabel moderator atau uji sub-kelompok. Uji sub-kelompok dilakukan untuk mengidentifikasi variabel moderator yang mempengaruhi terjadinya heterogenitas. Selanjutnya tahap akhir yaitu uji bias publikasi, uji ini dilakukan untuk menentukan apakah terdapat bias publikasi dari penelitian yang diamati.

(1) *Summary Effect*

Ada berbagai macam rumus dalam menghitung *effect size* tergantung pada jenis data yang dikumpulkan. Dalam penelitian ini *effect size* yang digunakan adalah estimasi *standardized mean difference* (δ) dari dua *groups contrast* dengan rumus sebagai berikut:

$$d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{within}}$$

Keterangan:

- d : *Effect size*
- $\bar{x}_1$: Rata-rata kelompok eksperimen
- $\bar{x}_2$: Rata-rata kelompok kontrol
- S_{within} : Standar deviasi gabungan

$\bar{x}_1$ dan $\bar{x}_2$ adalah rata-rata sampel dua kelompok, sedangkan S_{within} adalah standar *deviasi* gabungan. Rumus S_{within} disajikan sebagai berikut:

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

Keterangan:

n_1 : Ukuran sampel kelompok eksperimen

n_2 : Ukuran sampel kelompok kontrol

S_1 : Standar deviasi kelompok eksperimen

S_2 : Standar deviasi kelompok kontrol

ukuran efek yang digunakan awalnya adalah *Cohen's d* untuk menunjukkan besarnya pengaruh implementasi model *Problem Based Learning* terhadap kemampuan berpikir kritis matematis. Namun, nilai *Cohen's d* diketahui berpotensi bias terutama pada penelitian dengan ukuran sampel kecil, karena cenderung memberikan estimasi efek yang lebih besar dari nilai sebenarnya. Maka untuk menghilangkan bias tersebut, ukuran efek dikoreksi menggunakan *Hedges' g*, yang memberikan estimasi efek yang lebih akurat, dirumuskan sebagai berikut:

$$J = 1 - \frac{3}{4df - 1}$$

Keterangan:

J : Koefisien koreksi untuk bias karna sampel kecil

df : Derajat kebebasan

Setelah diperoleh nilai *Cohen's d*, ukuran efek (*effect size*) kemudian dikoreksi menggunakan rumus *Hedges' g* untuk menghilangkan bias yang muncul pada penelitian dengan sampel kecil. Rumus *Hedges' g* digunakan agar hasil estimasi efek menjadi lebih akurat. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$g = J \cdot d$$

Keterangan:

g : *Effect size Hedges' g*

J : Nilai *Cohen's d*

d : Koefisien koreksi bias

Setelah diperoleh nilai *Hedges' g*, langkah berikutnya adalah menghitung varians *Hedges' g*. Perhitungan varians ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat ketidakpastian atau penyebaran dari nilai ukuran efek yang diperoleh. Adapun perhitungan varians *Hedges' g* dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_g = J^2 \cdot V_d$$

Keterangan:

V_g : varians dari *Hedges' g*

J : Koreksi bias

V_d : Varians *Cohens' d*

$$V_g = J^2 \left(\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} + \frac{d^2}{2(n_1 + n_2)} \right)$$

Keterangan:

V_g : varians dari *Hedges' g*

J : Koreksi bias

n_1 : Ukuran sampel kelompok eksperimen

n_2 : Ukuran sampel kelompok kontrol

d : *Cohens' d*

Setelah diperoleh varians *Hedges' g*, langkah selanjutnya adalah menghitung standar error (SE) untuk mengetahui tingkat ketelitian estimasi ukuran efek. Nilai SE menunjukkan seberapa besar kemungkinan kesalahan dalam estimasi, di mana SE yang kecil menandakan hasil yang lebih akurat, sedangkan nilai SE yang besar menunjukkan adanya variasi yang tinggi antar penelitian. Adapun rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$SE_g = \sqrt{V_g}$$

Keterangan:

SE_g : Simpangan baku dari *Hedges' g*

V : Varians dari *Hedges' g*

Setelah diperoleh *Effect Size* dan standar error, langkah selanjutnya menghitung uji heterogenitas untuk menguji apakah varians dalam model regresi bersifat homogen

atau heterogen. ukuran dalam uji heterogenitas dari penelitian ini adalah *Cochran's Q*, yang dihitung *sebagai* jumlah bobot perbedaan kuadrat antara efek studi individu dan efek gabungan di seluruh studi, dengan bobot yang digunakan dalam metode pengumpulan Q didistribusikan sebagai statistic *Chi-kuadrat* dengan k (jumlah studi) dikurangi 1 derajat kebebasan. Q memiliki daya yang rendah sebagai uji heterogenitas yang komprehensif.

Statistik I^2 menggambarkan persentase variasi di seluruh studi yang disebabkan oleh heterogenitas daripada kebetulan. Dari hasil analisis uji heterogenitas apabila dari studi yang diamati terdapat varian heterogenitas maka model *summary effect size* yang digunakan adalah *random effect*. Namun apabila dari hasil analisis uji heterogenitas tidak terdapat varians heterogenitas dari studi yang diamati maka model yang digunakan yaitu model *fixed effect*. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung Q:

$$Q = \sum_{i=1}^k W_i (Y_i - M)^2$$

Keterangan:

- W_i : Bobot untuk studi ke-1
- Y_i : Nilai *effect size*
- M : Rata-rata

Setelah diperoleh uji heterogenitas selanjutnya menentukan model *effect size* yang tepat untuk digunakan. Secara umum terdapat dua model *effect size* yaitu *fixed-effect* dan *random effect*. *Fixed-effect model* meyakini bahwa penelitian yang dimodelkan adalah homogen yang bermakna bahwa tidak ada perbedaan dalam populasi artefak penelitian, tidak terdapat perbedaan kriteria pemilihan sampel yang bisa mempengaruhi hasil perlakuan, dan perlakuan diberikan dengan cara yang sama. *Random-effect model* meyakini bahwa artefak penelitian yang diamati dalam analisis meta merupakan sampel acak dari populasi yang bermakna bahwa ada perbedaan secara fungsional yang disebabkan karena perlakuan yang diberikan maupun perbedaan pada ciri-ciri sampel yang diamati.

Standardized mean difference digunakan sebagai statistik ringkasan dalam analisis meta ketika semua studi menilai hasil yang sama tetapi mengukurnya dengan cara yang berbeda-beda. *Standardized mean difference* dipilih karena dalam penelitian ini studi yang diamati memiliki skala yang berbeda-beda dalam mengukur efek

implementasi model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis. Perbedaan yang ada dihitung dalam *Standardized mean difference* menggunakan rumus *weight*. Sebelum digabungkan, maka perlu untuk membakukan hasil studi ke skala yang seragam. Metode ini mengasumsikan bahwa perbedaan standar deviasi antara studi mencerminkan perbedaan dalam skala pengukuran dan bukan perbedaan nyata dalam variabilitas antara populasi penelitian. Berikut disajikan rumus *weight*:

$$W_i = \frac{1}{V_{yi}}$$

Keterangan:

W_i : Bobot untuk studi ke i

V_{yi} : Varians studi ke i

Setelah bobot setiap studi dihitung, langkah selanjutnya adalah menentukan *summary effect* sebagai ukuran efek gabungan dari seluruh penelitian. Perhitungannya dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\overline{ES} = \frac{\sum (W_i g_i)}{\sum W_i}$$

Keterangan:

$\overline{ES}$: Rerata gabungan studi ke i

W_i : Nilai dari setiap penelitian ke i

g_i : Nilai *effect size* (*Hedges' g*) dari penelitian ke-i

Model *group contrast* dipilih karena penelitian ini mengamati studi yang membandingkan perlakuan terhadap 2 kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kelompok control.

(2) Analisis Berdasarkan Jenjang

Dalam penelitian ini, analisis variabel moderator dilakukan untuk melihat faktor-faktor yang dapat memengaruhi besar kecilnya efek penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis. Salah satu variabel moderator yang digunakan adalah jenjang pendidikan, yang terbagi ke dalam sekolah dasar (SD), sekolah menengah pertama (SMP), dan sekolah menengah atas (SMA). Pemilihan jenjang pendidikan sebagai moderator didasarkan pada adanya perbedaan

tingkat perkembangan kognitif peserta didik pada tiap jenjang. Peserta didik yang lebih tua umumnya memiliki pengetahuan awal dan keterampilan kognitif yang lebih matang, sehingga penerapan PBL dapat lebih optimal dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Darwati & Purana, 2021). Namun demikian, penelitian lain menunjukkan bahwa efek instruksi berpikir kritis justru dapat lebih besar pada peserta didik yang lebih muda karena mereka memiliki ruang perkembangan yang lebih luas (Handayani & Lubis, 2024). Oleh karena itu, analisis moderator berdasarkan jenjang pendidikan penting dilakukan agar dapat diketahui konsistensi maupun variasi pengaruh PBL di setiap tingkatan.

Jenjang pendidikan dipilih menjadi variabel moderator karena dalam praktiknya model *Problem Based Learning* (PBL) telah diterapkan mulai dari sekolah dasar, sekolah menengah pertama, hingga sekolah menengah atas. Selain jenjang pendidikan, area disiplin ilmu juga dipilih sebagai variabel moderator karena penerapan PBL tidak hanya digunakan dalam satu bidang studi, tetapi juga dapat diterapkan dalam berbagai mata pelajaran termasuk matematika. Analisis moderator ini penting dilakukan untuk melihat sejauh mana PBL memiliki pengaruh yang berbeda pada tiap bidang pembelajaran, khususnya pada kemampuan berpikir kritis matematis. Di samping itu, ukuran sampel juga dipertimbangkan sebagai variabel moderator karena penelitian dengan jumlah sampel kecil maupun besar dapat memberikan hasil ukuran efek yang berbeda terhadap hasil meta-analisis. Penelitian dengan sampel kecil sering kali menghasilkan ukuran efek yang lebih bervariasi, sedangkan penelitian dengan jumlah sampel besar cenderung memberikan ukuran efek yang lebih stabil dan representatif.

Model *group contrast* dipilih karena penelitian ini mengamati studi yang membandingkan perlakuan terhadap 2 kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kelompok control. Adapun interpretasi *effect size* dalam penelitian meta-analisis ini adalah klasifikasi menurut *Cohen's*. Yunita *et al.*, (2021) yang menyebutkan terdapat lima kategori yaitu diabaikan, kecil, sedang, besar, dan sangat besar dengan nilai *effect size* yang berbeda-beda. Klasifikasi tersebut disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3.1. Kategori *Effect Size*

Nilai <i>Effect Size</i>	Interpretasi
0,00 – 0,19	Diabaikan
0,20 – 0,49	Kecil
0,50 – 0,79	Sedang
0,80 – 1,29	Besar
1,30 – ke atas	Sangat Besar

Sumber: Cohen's (Yunita *et al.*, 2021)

Berdasarkan Tabel 3.1, dapat diketahui bahwa nilai *effect size* yang berbeda pada rentang 0,00 – 0,19 termasuk dalam kategori diabaikan karena efeknya sangat kecil. Nilai pada rentang 0,20 – 0,49 dikategorikan kecil, yang berarti pengaruh intervensi terhadap hasil belajar belum terlalu signifikan. Nilai 0,50 – 0,79 menunjukkan kategori sedang, yang merepresentasikan adanya efek cukup kuat. Nilai 0,80 – 1,29 termasuk ke dalam kategori besar yang mengidentifikasikan intervensi memberikan efek yang kuat terhadap hasil belajar matematika. Sementara itu, nilai *effect size* di atas 1,30 masuk kategori sangat besar, sehingga menunjukkan bahwa intervensi yang diterapkan memiliki efek yang sangat signifikan terhadap kemajuan hasil belajar.

Pada penelitian ini penentuan nilai *effect size* dari masing-masing studi, *effect size* perhitungan nilai efek gabungan (*summary effect*), serta visualisasi data melalui *Forest plot* dan *Funnel plot* dilakukan menggunakan perangkat lunak JASP versi 0.95.3 selain itu, *software* ini juga dimanfaatkan untuk menganalisis *effect size* berdasarkan variabel moderator dan mendeteksi kemungkinan bias publikasi.

3.8 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada rentang waktu sebagaimana tercatat dalam tabel. Adapun penelitian ini dilakukan di Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Siliwangi yang berada di jalan Siliwangi No. 12, Kelurahan Tawang, Kecamatan Tawang, Tasikmalaya, Jawa Barat.

Tabel 3.2. Waktu Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan											
		Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb		
1	Pengajuan judul penelitian												
2	Penerimaan SK pembimbing												
3	Pembuatan proposal penelitian												
4	Seminar proposal penelitian												
5	Pencarian literatur												
6	Pengkodingan literatur												
7	Pengolahan data												
8	Seminar hasil penelitian												
9	Penyusunan dan penyelesaian skripsi												
10	Sidang skripsi												