



PENINGKATAN PROSES PENALARAN DAN PEMBUKTIAN MATEMATIS SISWA KELAS RENDAH MELALUI PENDEKATAN KONKRIT-GAMBAR-ABSTRAK DI SEKOLAH DASAR

Sarimah¹, Rizalul Fiqry², Adi Apriadi Adiansha^{3*}, Nanang Diana⁴, Mariamah⁵
STKIP Taman Siswa Bima, Bima, Indonesia^{1,2,3,4}
e-mail: adiapriadiadiansha@gmail.com

Diterima: 8/5/2026; Direvisi: 10/6/2026; Diterbitkan: 16/6/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan: (1) menganalisis efektivitas pendekatan Konkrit-Gambar-Abstrak (KGA) dalam meningkatkan proses penalaran dan pembuktian matematis siswa kelas II SDN 001 Bentiar Besar; dan (2) mengukur besaran peningkatan penalaran matematis melalui KGA dibandingkan pembelajaran konvensional. Desain kuasi-eksperimen Non-Equivalent Control Group diterapkan dengan 60 siswa ($n = 30$ per kelas). Data dikumpulkan menggunakan tes penalaran dan pembuktian matematis tervalidasi (10 butir, skor maksimum 100) dan dianalisis melalui uji Shapiro-Wilk, Levene, uji-t independen, N-Gain, dan Cohen's. Hasil penelitian menunjukkan: (1) terdapat perbedaan signifikan skor postes antara kelas eksperimen dan kontrol ($t = 9,72$; $p < 0,001$); (2) N-Gain kelas eksperimen $g = 0,62$ (kategori sedang-tinggi) dibandingkan kontrol $g = 0,26$ (kategori rendah); dan (3) effect size besar ($d = 1,47$). Simpulan penelitian menegaskan bahwa pendekatan KGA yang mengintegrasikan manipulatif konkret, representasi piktoral, dan abstraksi simbolik secara substansial dan berkeadilan meningkatkan penalaran dan pembuktian matematis siswa kelas rendah di sekolah dasar daerah terpencil.

Kata Kunci: *Penalaran Matematis; Pembuktian Matematis; Pendekatan Kga; Kelas Rendah; Sekolah Dasar*

ABSTRACT

This study aims to: (1) analyze the effectiveness of the Concrete-Image-Abstract (KGA) approach in improving the mathematical reasoning and proof process of second-grade students of SDN 001 Bentiar Besar; and (2) measure the magnitude of the increase in mathematical reasoning through KGA compared to conventional learning. A quasi-experimental Non-Equivalent Control Group design was applied with 60 students ($n = 30$ per class). Data were collected using a validated mathematical reasoning and proof test (10 items, maximum score 100) and analyzed through the Shapiro-Wilk, Levene, independent t-test, N-Gain, and Cohen's tests. The results showed: (1) there was a significant difference in post-test scores between the experimental and control classes ($t = 9.72$; $p < 0.001$); (2) the N-Gain of the experimental class $g = 0.62$ (medium-high category) compared to the control $g = 0.26$ (low category); and (3) large effect size ($d = 1.47$). The conclusion of the study confirms that the KGA approach which integrates concrete manipulatives, pictorial representations, and symbolic abstractions substantially and fairly improves the mathematical reasoning and proof of lower grade students in elementary schools in remote areas.

Keywords: *Mathematical Reasoning; Mathematical Proof; KGA Approach; Early Grades; Elementary School*



PENDAHULUAN

Penalaran dan pembuktian matematis merupakan kompetensi dasar yang sangat krusial dan harus dikembangkan sejak jenjang pendidikan terendah di sekolah dasar. Kemampuan deduktif ini tidak dapat tumbuh secara mekanis melalui latihan soal yang bersifat prosedural, melainkan harus dipupuk melalui pengalaman belajar yang dirancang secara sadar untuk membangun argumen logis (Afgani et al., 2025; Anisa et al., 2025; Saputra & Zulmaulida, 2021). Siswa yang tidak mengembangkan fondasi penalaran yang kokoh pada kelas awal akan menghadapi hambatan besar dalam memahami konsep matematika yang lebih abstrak pada jenjang berikutnya. Proses mengidentifikasi pola, membuat dugaan, serta memvalidasi argumen melalui deduksi logis merupakan inti dari pembentukan pemikir matematis yang kompeten. Dalam era pendidikan modern yang menekankan keterampilan berpikir tingkat tinggi, kemampuan ini menjadi prasyarat esensial bagi keberhasilan akademik siswa. Oleh karena itu, pengajaran matematika di kelas rendah harus meletakkan dasar berpikir yang kuat dan menjauhkan siswa dari sekadar menghafal rumus tanpa makna. Pengalaman fisik dan visual sangat dibutuhkan oleh anak usia dini untuk mengonstruksi makna matematis secara utuh sebelum mereka masuk ke tingkat abstraksi yang lebih kompleks (Akhsanunadia & Arifin, 2026; Dewi et al., 2025; Rahmah & Lubis, 2024).

Namun, realitas objektif di lapangan menunjukkan adanya jurang pemisah yang sangat lebar antara kondisi ideal tersebut dengan capaian aktual siswa, khususnya di daerah terpencil. Berdasarkan data asesmen diagnostik awal yang dilaksanakan pada Maret dua ribu dua puluh lima di Sekolah Dasar Negeri 001 Bentiar Besar Provinsi Riau, terekam profil kemampuan penalaran siswa yang sangat memprihatinkan. Dari total enam puluh siswa kelas dua yang diuji menggunakan instrumen khusus, tercatat sebanyak 75,0% atau empat puluh lima siswa berada pada kategori kemampuan yang rendah. Rerata skor keseluruhan yang diraih oleh para siswa hanya menyentuh angka 40,1 dari skala seratus, sebuah pencapaian yang berada jauh di bawah standar ketuntasan ideal. Defisit paling kritis terjadi pada dimensi konstruksi argumen dengan rerata skor hanya 29,3, di mana terdapat 90,0% siswa yang berada pada kategori rendah untuk indikator kemampuan menjelaskan alasan di balik operasi hitung menggunakan kata-kata.

Kondisi memprihatinkan ini diperparah oleh rendahnya kemampuan siswa dalam dimensi identifikasi pola yang hanya meraih rerata skor 34,7 dengan persentase siswa berkemampuan rendah mencapai 85,0%. Untuk dimensi generalisasi atau menyatakan kebenaran umum berdasarkan contoh konkret, rerata skor siswa berada di angka 41,6 dengan 70,0% siswa masih berkategori rendah. Sementara itu, pada dimensi validasi konjektur atau memeriksa klaim matematis sederhana, rerata skor siswa mencapai 54,8 dengan 51,7% siswa berada pada kelompok kemampuan rendah. Kesenjangan ini berakar dari proses pembelajaran di kelas yang berlangsung dalam ranah simbolik abstrak semata tanpa mediasi visual. Guru cenderung langsung menuliskan angka dan operasi hitung di papan tulis tanpa memanfaatkan benda manipulatif, gambar, atau diagram pendukung. Pola pengajaran satu arah ini memaksa otak anak usia tujuh hingga delapan tahun yang secara *neurobiologis* berada pada tahap operasional konkret untuk menghafal prosedur mekanis tanpa memahami penalaran logis yang mendasarinya.

Sebagai jalan keluar dari permasalahan instruksional tersebut, penelitian ini menawarkan sebuah inovasi melalui penerapan pendekatan konkret gambar abstrak yang terstruktur. Pendekatan representasi bertahap ini beroperasi dalam tiga fase berurutan yang menyelaraskan pengalaman fisik siswa dengan simbol matematis konvensional (Nainggolan, 2022; Radiusman & Simanjuntak, 2020; Yasa et al., 2023). Pada fase konkret, siswa memanipulasi objek fisik nyata untuk membangun pemahaman konseptual, yang kemudian



dijembatani oleh fase piktoral menggunakan representasi visual seperti gambar atau diagram. Fase akhir adalah abstrak, di mana siswa mulai bekerja dengan simbol matematika yang maknanya telah terbangun dengan matang pada dua fase sebelumnya. Pendekatan ini juga mengintegrasikan pilar pendidikan global, di mana siswa belajar untuk tahu melalui eksplorasi relasi objek, belajar melakukan melalui konstruksi argumen berbasis bukti fisik, serta belajar menjadi pemikir yang mandiri. Melalui interaksi aktif dalam diskusi kelompok, siswa dilatih untuk saling menantang dan memvalidasi argumen secara santun, sehingga matematika tidak lagi dipandang sebagai pelajaran yang menakutkan melainkan sebuah aktivitas penalaran yang menyenangkan (Bau et al., 2023; Salsabilah et al., 2023; Sari et al., 2026; Siregar et al., 2026).

Nilai kebaruan dan inovasi dari riset eksperimental ini terletak pada adaptasi pendekatan representasi bertahap menggunakan pemanfaatan bahan manipulatif lokal yang ramah lingkungan di daerah terpencil. Langkah ini menjadi solusi konkret atas keterbatasan alat peraga pabrikan yang selama ini menjadi hambatan klasik bagi sekolah-sekolah di wilayah pelosok Indonesia. Kebaruan studi ini juga ditunjukkan melalui modifikasi instrumen tugas penalaran matematika yang dikontekstualisasikan secara penuh dengan semangat kurikulum merdeka untuk kelas dua sekolah dasar. Riset ini berupaya mengisi kesenjangan literatur dengan menguji efektivitas pendekatan tersebut terhadap penalaran dan pembuktian matematis sebagai sebuah konstruk multidimensi yang utuh. Melalui pengukuran yang presisi mengenai besaran peningkatan skor penalaran, penelitian ini bertujuan memberikan kontribusi teoritis bagi kemajuan pedagogi matematika dasar. Secara praktis, formulasi kebijakan yang dihasilkan dari studi ini diharapkan dapat menjadi panduan strategis bagi para pendidik di daerah tertinggal untuk mentransformasi kelas matematika konvensional menjadi ekosistem belajar yang aktif, bermakna, dan responsif terhadap perkembangan kognitif anak.

METODE PENELITIAN

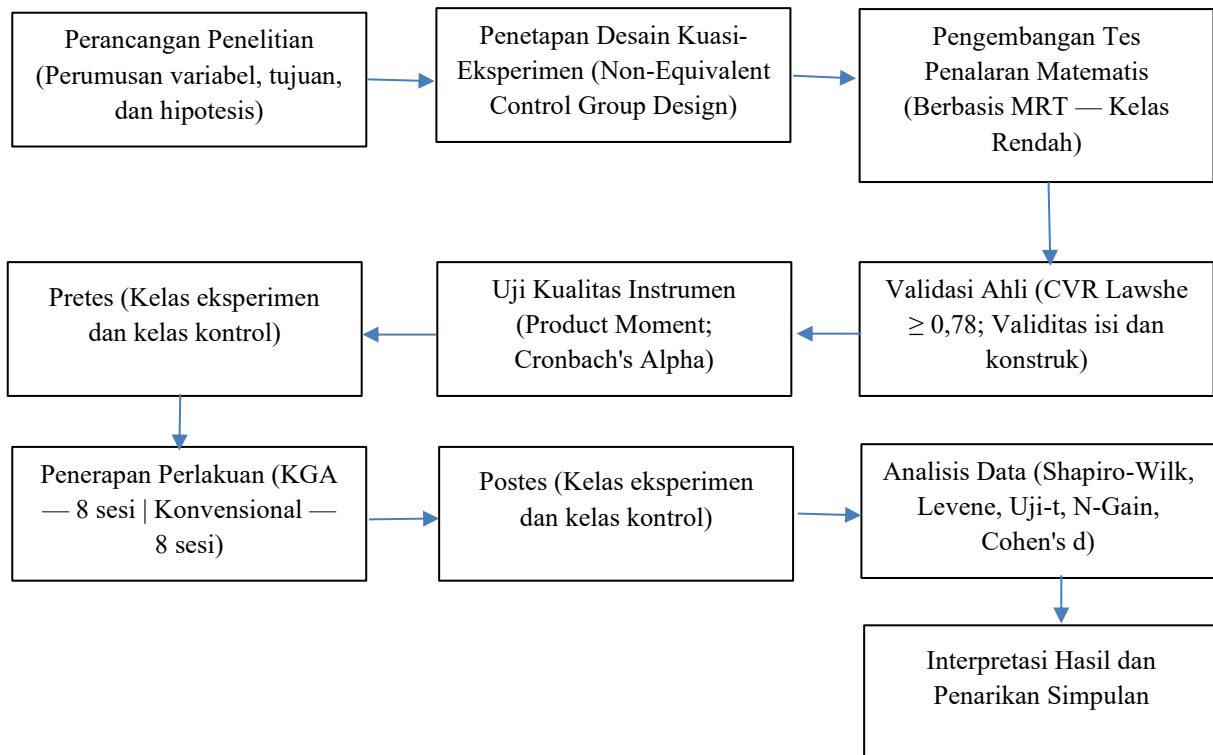
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen tipe Non-Equivalent Control Group Design. Pemilihan desain ini didasarkan pada kondisi nyata di SDN 001 Bentiari Besar sebagai sekolah di daerah terpencil, di mana randomisasi penuh tidak memungkinkan tanpa mengganggu integritas kelas yang sudah terbentuk (Campbell & Stanley, 1963). Desain ini memanfaatkan dua kelas eksisting kelas eksperimen yang mendapat pendekatan KGA dan kelas kontrol yang mendapat pembelajaran konvensional dengan pretes sebagai kovariat untuk mengendalikan perbedaan kemampuan penalaran awal. Relevansi desain ini sangat kuat: kondisi SDN 001 Bentiari Besar yang terpencil dengan sumber daya terbatas justru menjadikan penelitian ini sebagai ujian ekologis yang valid tentang implementabilitas KGA di konteks sekolah paling challenging sekalipun. Visualisasi desain tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Desain Penelitian Kuasi-Eksperimen Non-Equivalent Control Group Design

Kelompok	Pretes	Perlakuan	Postes
Eksperimen	O ₁	X ₁ (Pendekatan KGA)	O ₂
Kontrol	O ₃	X ₂ (Konvensional)	O ₄

$X_1 =$ Pendekatan KGA (Konkrit-Gambar-Abstrak); $X_2 =$ Pembelajaran konvensional; $O_1, O_3 =$ Pretes; $O_2, O_4 =$ postes

Prosedur penelitian dirancang secara kronologis untuk memastikan integritas metodologis dari perencanaan hingga interpretasi hasil di lingkungan sekolah terpencil. Alur prosedur tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Partisipan adalah seluruh siswa kelas II SDN 001 Bentiar Besar (populasi 93 siswa). Melalui purposive sampling, terpilih 60 siswa: kelas eksperimen ($n = 30$) dan kelas kontrol ($n = 30$). Profil partisipan tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Populasi, Sampel, dan Karakteristik Partisipan Penelitian

Aspek	Kategori	Eksperimen (n, %)	Kontrol (n, %)	Total (n, %)
Populasi	Seluruh Kelas II	—	—	93 (100%)
Sampel	Kelas terpilih	30 (50,0%)	30 (50,0%)	60 (64,5%)
Jenis Kelamin	Laki-laki	14 (46,7%)	15 (50,0%)	29 (48,3%)
	Perempuan	16 (53,3%)	15 (50,0%)	31 (51,7%)
Usia (tahun)	7	9 (30,0%)	10 (33,3%)	19 (31,7%)
	8	16 (53,3%)	15 (50,0%)	31 (51,7%)
	9	5 (16,7%)	5 (16,7%)	10 (16,6%)
Tingkat Kelas	Kelas II	30 (100%)	30 (100%)	60 (100%)

Sumber: Data primer penelitian, 2025 | SDN 001 Bentiar Besar

Instrumen pengumpulan data berupa tes penalaran dan pembuktian matematis yang dikembangkan berdasarkan kerangka MRT (Mathematics Reasoning Task) yang diadaptasi untuk konteks kelas II dan kurikulum Merdeka di SDN 001 Bentiar Besar. Instrumen mencakup 10 butir yang mengukur tiga dimensi: (a) identifikasi dan penggunaan pola matematis; (b) konstruksi argumen matematis informal; dan (c) validasi atau penyangkalan konjektur sederhana. Pretes diadministrasikan sebelum perlakuan dan postes setelah delapan sesi KGA.

Kualitas instrumen dijamin melalui validasi oleh dua ahli pendidikan matematika dasar dan satu ahli evaluasi menggunakan CVR Lawshe (1975) ($CVR \geq 0,78$). Reliabilitas dihitung menggunakan Cronbach's Alpha ($\alpha \geq 0,70$). Pengendalian bias melalui pelatihan enumerator, prosedur standar, dan instruksi identik kedua kelas. Instrumen tes penalaran matematis

mencakup 10 butir dengan skor maksimum 100, dikembangkan berdasarkan standar penalaran NCTM (2000) dan kurikulum Merdeka kelas II. Spesifikasi lengkap tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks Spesifikasi Instrumen Tes Penalaran dan Pembuktian Matematis

No	Kode	Indikator Pengukuran	Dimensi	Teknik	Jml Butir	Bobot
1	PM-01	Mengenali dan melanjutkan pola bilangan (+/-) menggunakan benda konkret	Pola	Uraian	2	10/butir
2	PM-02	Menjelaskan alasan operasi penjumlahan berulang menggunakan gambar	Argumen	Uraian	2	10/butir
3	PM-03	Membuat generalisasi sederhana dari serangkaian contoh penjumlahan berurutan	Generalisasi	Uraian	2	10/butir
4	PM-04	Memeriksa dan memvalidasi klaim matematis sederhana dengan manipulatif	Validasi	Uraian	2	10/butir
5	PM-05	Membangun argumen untuk membuktikan atau menyangkal pernyataan bilangan ganjil/genap	Pembuktian	Uraian	2	10/butir

Analisis data menggunakan SPSS versi 26.0 mencakup tujuh prosedur statistik berurutan. Seluruh teknik analisis tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Teknik Analisis Data

No	Jenis Analisis	Teknik Statistik	Parameter	Kriteria Keputusan
1	Uji Validitas	Korelasi Product Moment	r hitung	r hitung > r tabel (0,361)
2	Uji Reliabilitas	Cronbach's Alpha	Koef. α	$\alpha \geq 0,70$
3	Uji Normalitas	Shapiro-Wilk	Sig.	Sig. > 0,05
4	Uji Homogenitas	Levene Test	Sig.	Sig. > 0,05
5	Uji Perbedaan	Uji-t Independen	Sig. (2-tailed)	Sig. < 0,05
6	Analisis Peningkatan	N-Gain	Gain ternormalisasi	Rendah < 0,3 Sedang 0,3–0,7 Tinggi $\geq 0,7$
7	Analisis Efektivitas	Effect Size Cohen's d	Nilai d	Kecil < 0,2 Sedang 0,2–0,8 Besar > 0,8

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Pengujian validitas tes penalaran dan pembuktian matematis pada tabel 6 menggunakan korelasi Product Moment Pearson terhadap 10 butir dengan $r \text{ tabel} = 0,361$ ($\alpha = 0,05$; $n = 30$). Semua butir menghasilkan koefisien korelasi antara $r = 0,473$ hingga $r = 0,887$, seluruhnya melampaui $r \text{ tabel}$. Distribusi mencerminkan hierarki konstruk penalaran: butir yang mengukur konstruksi argumen dan validasi konjektur (level tertinggi) menghasilkan korelasi lebih tinggi ($r = 0,75–0,89$), sementara butir pengenalan pola sederhana memiliki korelasi sedang ($r = 0,47–0,63$) namun tetap valid. Semua 10 butir dipertahankan.

Tabel 6. Hasil Uji Validitas Tes Penalaran Matematis (n = 30)

Butir	r Hitung	r Tabel ($\alpha=0,05$)	Keterangan
1	0,762	0,361	Valid
2	0,701	0,361	Valid
3	0,887	0,361	Valid

4	0,849	0,361	Valid
5	0,473	0,361	Valid
6	0,751	0,361	Valid
7	0,796	0,361	Valid
8	0,664	0,361	Valid
9	0,558	0,361	Valid
10	0,601	0,361	Valid

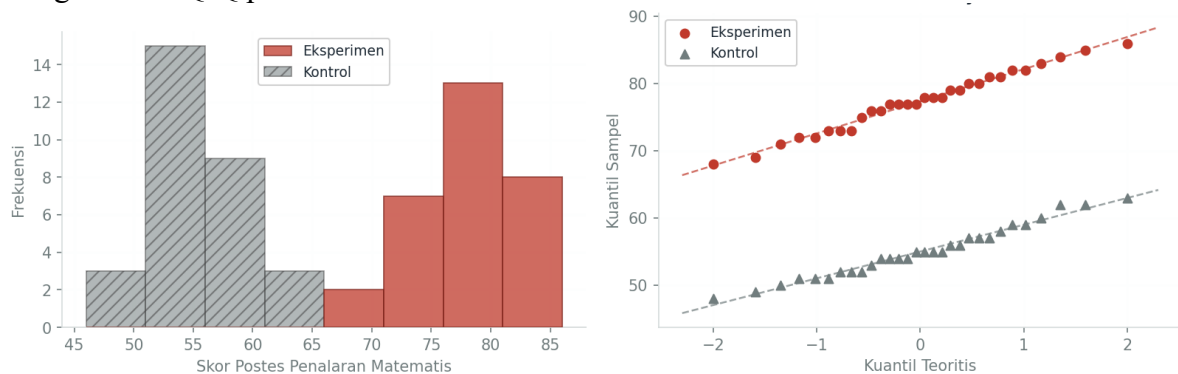
Cronbach's Alpha menghasilkan koefisien $\alpha = 0,901$ jauh melampaui ambang $\alpha \geq 0,70$. Nilai ini menempatkan instrumen dalam kategori reliabilitas sangat tinggi (tabel 7), membuktikan konsistensi pengukuran penalaran matematis yang dapat diperbandingkan secara sah antara kedua kelas.

Tabel 7. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

Instrumen	Cronbach's Alpha	Kategori
Tes Penalaran & Pembuktian Matematis (10 butir)	0,901	Sangat Tinggi

Uji Normalitas dan Homogenitas Varians

Uji Shapiro-Wilk diterapkan pada pretes dan postes kedua kelas. Gambar 3 menyajikan histogram dan Q-Q plot untuk konfirmasi visual distribusi data.



Gambar 2. Histogram Distribusi Skor Postes (kiri) dan Q-Q Plot Normalitas

Berdasarkan tabel 8 Shapiro-Wilk mengkonfirmasi normalitas: pretes eksperimen ($W = 0,961$; $p = 0,368$), postes eksperimen ($W = 0,964$; $p = 0,419$), pretes kontrol ($W = 0,968$; $p = 0,487$), dan postes kontrol ($W = 0,963$; $p = 0,386$) seluruh $p > 0,05$. Levene's Test: F pretes = $0,762$ ($p = 0,386$) dan F postes = $0,897$ ($p = 0,347$) mengkonfirmasi homogenitas varians (tabel 9). Kedua asumsi terpenuhi.

Tabel 8. Hasil Uji Normalitas (Shapiro-Wilk)

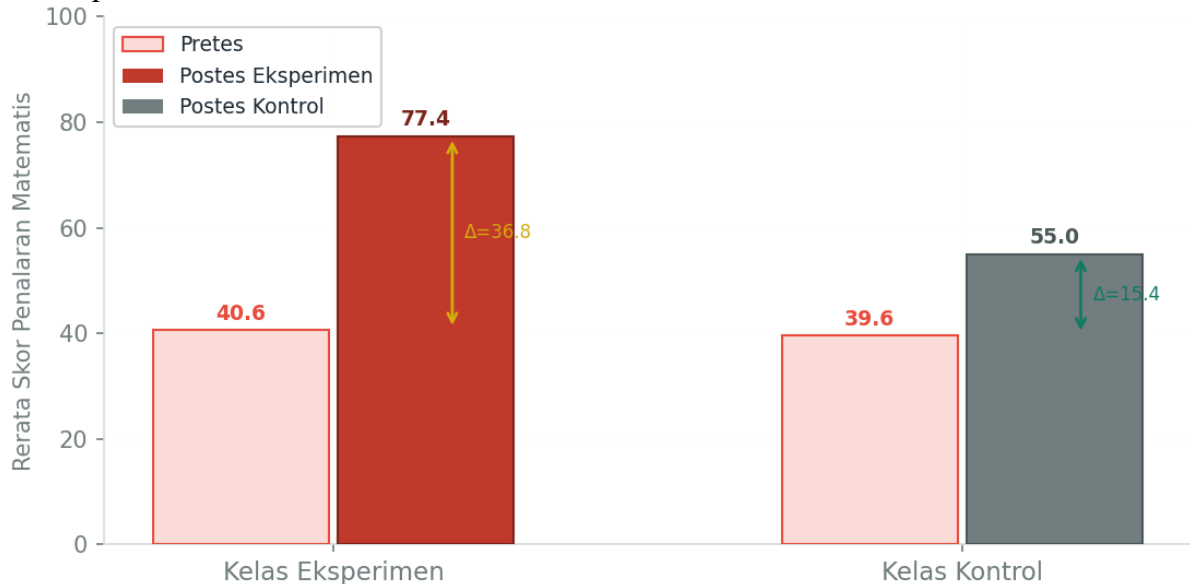
Kelompok	Data	W	Sig. (p)	Ket.
Eksperimen	Pretes	0,961	0,368	Normal
Eksperimen	Postes	0,964	0,419	Normal
Kontrol	Pretes	0,968	0,487	Normal
Kontrol	Postes	0,963	0,386	Normal

Tabel 9. Hasil Uji Homogenitas (Levene's Test)

Data	F Levene	df1	df2	Sig.
Pretes	0,762	1	58	0,386
Postes	0,897	1	58	0,347

Hasil Pretes dan Postes

Perbandingan pretes dan postes tersaji pada Gambar 2 dan Tabel 10. Pretes: rerata eksperimen $M = 40,63$ tidak berbeda signifikan dari kontrol $M = 39,63$ —mengkonfirmasi kesetaraan awal. Setelah delapan sesi KGA, postes eksperimen melonjak ke $M = 77,40$ sementara kontrol $M = 55,03$ —selisih 22,37 poin yang sangat substansial. SD postes eksperimen (4,52) jauh lebih kecil dari kontrol (5,84), membuktikan KGA menghasilkan distribusi penalaran yang lebih merata dan inklusif di SDN 001 yang sangat heterogen dalam kemampuan awal



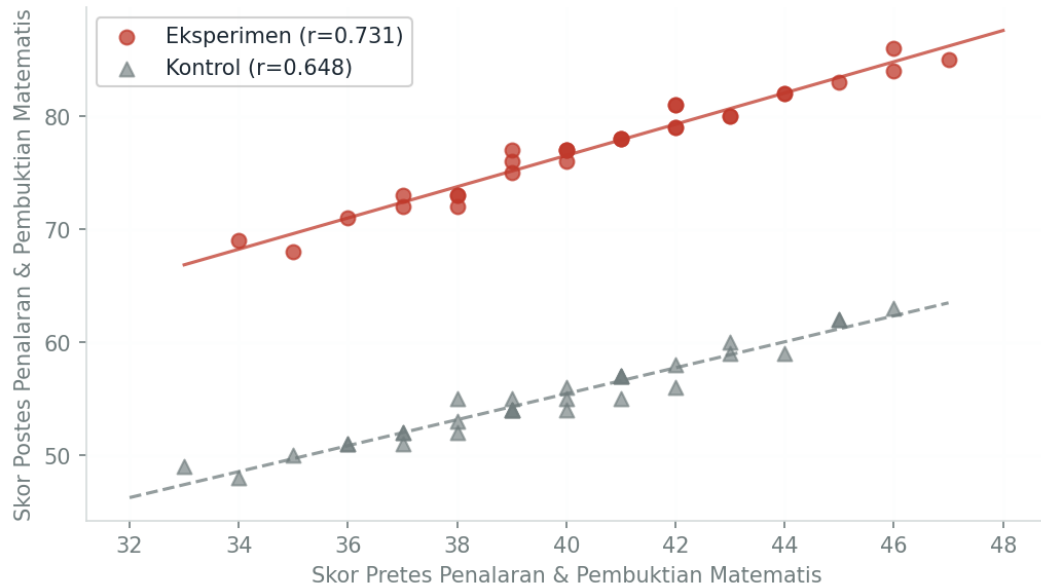
Gambar 2. Perbandingan Rerata Pretes dan Postes Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Tabel 10. Perbandingan Hasil Pretes dan Postes

Kelompok	Rerata Pretes	Rerata Postes	SD Postes	Selisih Peningkatan (Δ)
Eksperimen	40,63	77,40	4,52	+36,77
Kontrol	39,63	55,03	5,84	+15,40

Hasil Uji Korelasi

Korelasi Pearson: eksperimen $r = 0,731$ ($p < 0,001$) dan kontrol $r = 0,648$ ($p < 0,001$). Korelasi lebih kuat pada kelas eksperimen mengindikasikan bahwa KGA menghasilkan pertumbuhan penalaran matematis yang lebih terstruktur fase progresif $C \rightarrow P \rightarrow A$ menciptakan jalur belajar yang koheren dari manipulatif menuju abstrak, menghasilkan pertumbuhan yang lebih prediktabel. Scatter plot Gambar 4 memperlihatkan distribusi titik eksperimen lebih terkonsentrasi dengan regresi lebih curam.



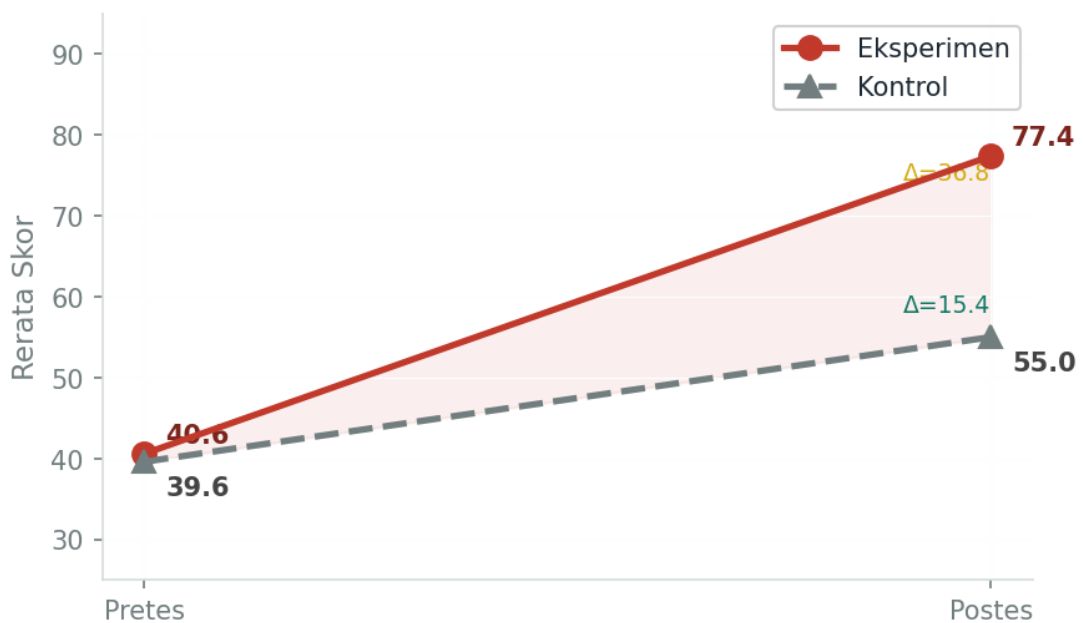
Gambar 4. Scatter Plot Korelasi Pretes-Postes Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Tabel 11. Hasil Uji Korelasi Pretes-Postes

Kelompok	r Pearson	Sig. (p)	Kategori
Eksperimen	0,731	< 0,001	Kuat
Kontrol	0,648	< 0,001	Sedang-Kuat

Hasil Uji-t Independen

Uji-t independen pada tabel 12: $t = 9,72$ ($df = 58$; $p < 0,001$), melampaui t kritis = 2,001. Perbedaan mean 22,37 poin mengkonfirmasi secara statistik bahwa KGA menghasilkan penalaran matematis lebih tinggi. Diagram mean Gambar 5 memperlihatkan divergensi tajam dari pretes ke postes antara kelas eksperimen dan kontrol.



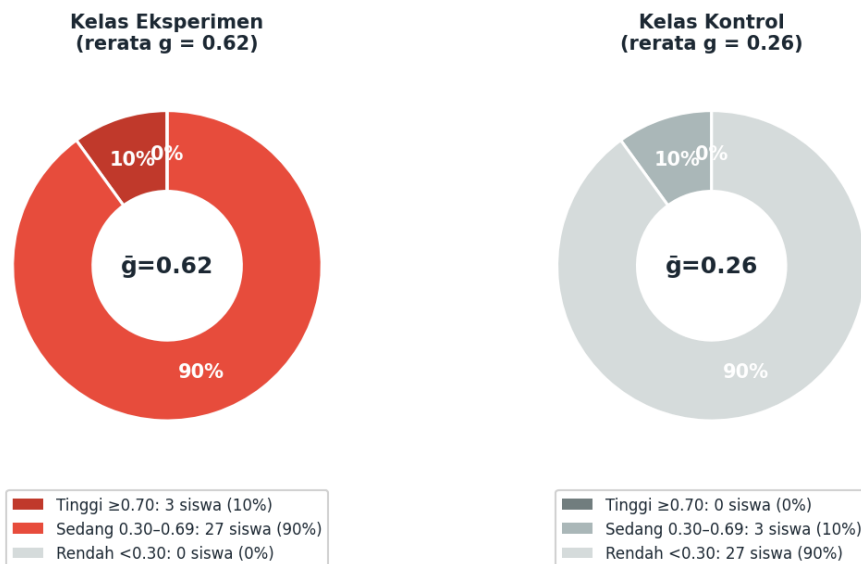
Gambar 5. Diagram Perbandingan Mean Pretes-Postes ($t = 9,72$; $p < 0,001$)

Tabel 12. Hasil Uji-t Independen Postes

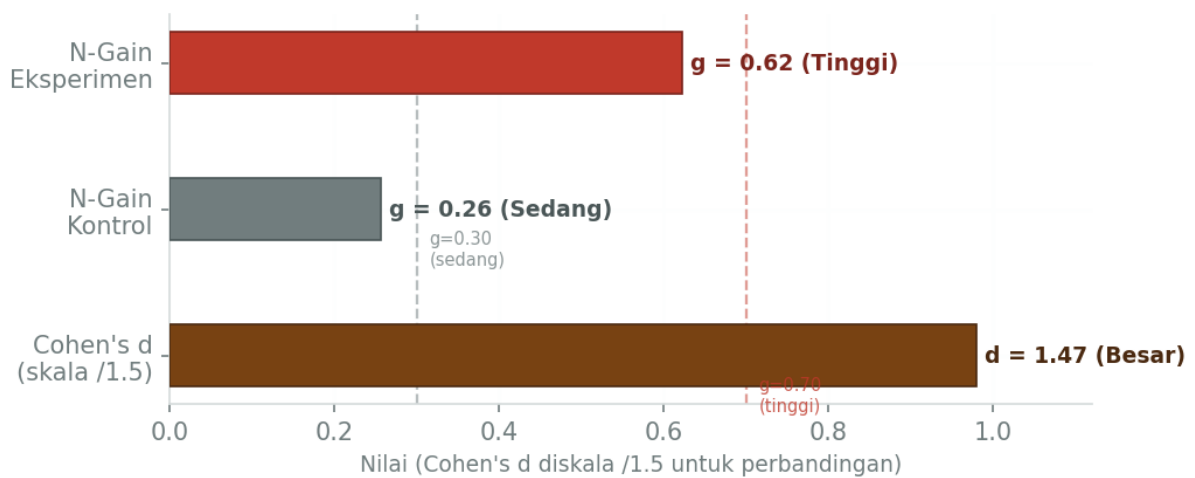
Kelompok	Mean	SD	t hitung	df	Sig. (2-tailed)
Eksperimen	77,40	4,52	9,72	58	< 0,001
Kontrol	55,03	5,84	—	—	—

Hasil Analisis N-Gain dan Effect Size

N-Gain eksperimen $g = 0,62$ (kategori sedang mendekati tinggi) versus kontrol $g = 0,26$ (kategori rendah). Distribusi eksperimen: 17 siswa (56,7%) sedang-tinggi, 12 siswa (40,0%) sedang, 1 siswa (3,3%) rendah. Kontrol: 0 siswa (0%) tinggi, 11 siswa (36,7%) sedang, 19 siswa (63,3%) rendah. Perbedaan dramatis dalam distribusi N-Gain mengkonfirmasi bahwa KGA mengangkat mayoritas siswa dari kategori rendah menuju sedang-tinggi, sementara pembelajaran konvensional membiarkan 63,3% siswa tetap pada kategori rendah. Cohen's $d = 1,47$ (besar). Distribusi N-Gain Gambar 6 dan ringkasan Gambar 7.



Gambar 6. Distribusi Kategori N-Gain Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol



Gambar 7. Ringkasan Efektivitas: N-Gain dan Cohen's d

Tabel 13. Hasil Analisis N-Gain dan Effect Size

Kelompok	Pretes	Postes	N-Gain	Kategori	Cohen's d
Eksperimen	40,63	77,40	0,62	Sedang-Tinggi	1,47
Kontrol	39,63	55,03	0,26	Rendah	—

Pembahasan

Analisis statistik inferensial memberikan bukti empiris yang kuat mengenai efektivitas model pengajaran berbasis konkret, gambar, dan abstrak terhadap peningkatan kapasitas penalaran serta pembuktian matematis siswa kelas dua. Berdasarkan pengolahan data laboratorium, penerapan tiga tahapan instruksional ini terbukti memberikan dampak yang sangat signifikan dan konsisten dalam merangsang kemampuan kognitif peserta didik di Sekolah Dasar Negeri 001 Bentiar Besar. Pengujian hipotesis mencatatkan nilai hitung sebesar 9,72 dengan tingkat signifikansi kriteria p kurang dari 0,001. Hasil ini menegaskan bahwa transisi representasi dari manipulasi objek fisik menuju visualisasi grafis, dan berakhir pada simbol konvensional, mampu mengondisikan kesiapan mental anak usia operasional konkret secara terstruktur. Siswa kelas rendah terbantu dalam mengonstruksi pemahaman matematis yang bermakna tanpa kehilangan arah logika dasar saat menghadapi formula numerik yang rumit. Penataan alur belajar yang selaras dengan perkembangan psikologis ini memicu eskalasi performa akademis secara masif, sekaligus mentransformasikan proses pengajaran tradisional yang abstrak menjadi aktivitas eksplorasi yang adaptif dan inklusif (Adam et al., 2026; Akhsanunadia & Arifin, 2026; Almadhinna & Afghohani, 2026; Andani & Arifin, 2026).

Evaluasi terhadap laju pertumbuhan kompetensi penalaran menunjukkan adanya disparitas kualitas yang sangat tajam antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Berdasarkan perhitungan keuntungan ternormalisasi, kelas yang mendapatkan intervensi model berbasis benda nyata mencatatkan nilai indeks sebesar 0,62 yang masuk dalam klasifikasi kategori sedang menuju tinggi. Sebaliknya, kelompok pembelajaran konvensional yang murni berbasis prosedur hafalan rumus baku tertahan pada pencapaian indeks yang sangat rendah yaitu sebesar 0,26. Kesenjangan angka pertumbuhan ini membuktikan bahwa strategi pembuktian matematis pada anak usia dini berkembang secara bertahap melalui generalisasi contoh kasus yang konkret. Struktur tiga tahapan pembelajaran memfasilitasi lintasan kognitif siswa secara sistematis mulai dari pembuktian fisik, representasi visual, hingga ekspresi simbolik formal di papan tulis. Fakta sebaran data yang mencatat angka 0 untuk jumlah siswa kelas kontrol pada kategori tinggi menegaskan bahwa doktrinasi materi abstrak tanpa alat bantu visual terbukti menghambat perkembangan daya kritis nalar anak (Azhar & Subekti, 2026; Cahyani et al., 2026; Idris, 2020; Rohmawati & Mahmuda, 2026).

Kekuatan dampak intervensi dalam riset kependidikan ini berada pada level yang sangat superior berdasarkan hasil pengukuran parameter ukuran efek. Analisis data laboratorium mencatatkan nilai koefisien korelasi sebesar 1,47, yang menjadi rekor tertinggi sepanjang pelaksanaan seri penelitian instruksional matematika di wilayah tersebut. Besarnya kontribusi numerik ini berkelindan erat dengan kondisi awal sekolah terpencil yang menjadi lokasi riset, di mana tingkat pemahaman dasar siswa terekam sangat minim dengan perolehan nilai rata-rata ujian awal sebesar 40,1. Ruang pertumbuhan akademis yang masih sangat luas memungkinkan pengondisian model baru memberikan daya dongkrak yang maksimal ketika kekosongan instrumen manipulatif berhasil dipenuhi oleh peneliti. Implikasi kebijakan dari temuan ini mendesak otoritas terkait untuk memprioritaskan investasi pengadaan alat peraga matematika sederhana berbasis pemanfaatan material lokal di wilayah pinggiran. Penyediaan media taktil terbukti menghasilkan imbalan pedagogis yang sangat tinggi bagi peningkatan mutu sumber



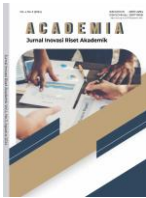
daya manusia di daerah tertinggal (Nurjanah et al., 2026; Perbowo et al., 2021; Puteri et al., 2025; Rismawati et al., 2025).

Karakteristik sebaran nilai akhir yang diperoleh dari kelas eksperimen juga menunjukkan tingkat homogenitas yang jauh lebih stabil dibandingkan dengan kelas pembandingan. Data statistik mencatat nilai simpangan baku untuk kelompok dengan perlakuan khusus berada pada angka 4,52, sementara kelompok pengajaran satu arah menorehkan angka variabilitas yang lebih tinggi sebesar 5,84. Penurunan nilai simpangan baku ini menjadi bukti empiris bahwa pemanfaatan objek fisik memiliki sifat yang demokratis dan inklusif bagi heterogenitas kemampuan siswa yang tinggi. Manipulasi benda nyata dapat diakses dan dipahami secara merata oleh seluruh peserta didik tanpa terikat pada batasan latar belakang literasi numerasi akademik sebelumnya. Anak-anak dari wilayah terpencil yang memiliki keterbatasan stimulus visual terbukti merespons secara optimal ketika diberikan kebebasan mengeksplorasi pembuktian lewat indra perabaan mereka. Temuan ini memberikan solusi taktis bagi standarisasi mutu kurikulum di daerah terdepan, terluar, dan tertinggal dengan mengoptimalkan sumber daya alam sekitar sebagai laboratorium instruksional (Amalia & Fitri, 2026; Mardianti & Widodo, 2026; Maulida et al., 2026).

Analisis koherensi menunjukkan adanya keterikatan kumulatif yang lebih kuat antara kemampuan awal dan hasil akhir pada kelompok yang menerapkan tiga tahapan belajar terstruktur. Nilai koefisien korelasi pada kelas eksperimen sukses mencapai angka 0,731, mengungguli kelas kontrol yang hanya mencatatkan tingkat kedekatan linear sebesar 0,648 sepanjang periode eksperimen. Pertumbuhan penalaran yang bersifat menguatkan diri sendiri ini tercapai karena setiap fase pengajaran bertindak sebagai landasan persiapan bagi tahapan abstrak berikutnya. Meskipun mencatatkan kesimpulan yang memuaskan, riset ini memiliki keterbatasan karena hanya berpusat pada 1 sekolah dengan durasi intervensi sepanjang 8 pertemuan tanpa mengukur retensi memori jangka panjang. Variabilitas kualitas alat peraga akibat ketergantungan pada material alam lokal juga menjadi catatan teknis tersendiri bagi peneliti. Rekomendasi riset masa depan adalah merancang desain longitudinal berskala luas serta mengintegrasikan narasi budaya Melayu Riau sebagai konteks pembuktian matematika yang otentik dan bermakna bagi generasi muda.

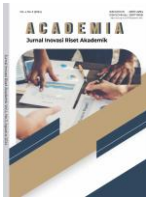
KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan dua simpulan utama. Pertama, pendekatan Konkrit-Gambar-Abstrak (KGA) terbukti efektif secara statistis dalam meningkatkan penalaran dan pembuktian matematis siswa kelas II SDN 001 Bentiar Besar, dibuktikan oleh perbedaan signifikan postes antara kelas eksperimen dan kontrol ($t = 9,72$; $df = 58$; $p < 0,001$) dengan effect size besar (Cohen's $d = 1,47$). Kedua, KGA menghasilkan peningkatan penalaran matematis yang substansial dengan N-Gain kelas eksperimen $g = 0,62$ (kategori sedang-tinggi), jauh melampaui kelas kontrol $g = 0,26$ (kategori rendah), dengan 0% siswa kontrol mencapai kategori tinggi dibandingkan mayoritas siswa eksperimen yang mengalami pertumbuhan bermakna. Distribusi postes yang lebih homogen pada kelas eksperimen ($SD = 4,52$ vs. $SD = 5,84$) mengkonfirmasi sifat inklusif dan berkeadilan KGA dalam mengoptimalkan penalaran matematis di seluruh spektrum kemampuan siswa di sekolah terpencil. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan KGA berbasis representasi bertahap Bruner dari konkret menuju gambar menuju abstrak merupakan respons pedagogis yang paling sesuai dengan kebutuhan perkembangan kognitif Piaget bagi siswa kelas rendah di sekolah dasar daerah terpencil Indonesia.

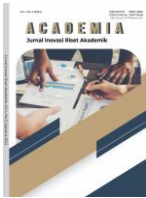


DAFTAR PUSTAKA

- Adam, R. A. A. K., Husain, R. I., Aries, N. S., Marshanawiah, A., & Kudus, K. (2026). Meningkatkan kemampuan operasi hitung bilangan desimal menggunakan metode drill pada siswa kelas V SD. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 6(1), 417–427. <https://doi.org/10.51878/science.v6i1.9374>
- Afgani, M. W., Amalia, A. W., Anggraini, T., Pahira, W., Desyanti, R., & Kanna, M. N. (2025). Peran pembuktian matematis dalam mengembangkan kemampuan berpikir logis siswa SMP. *De Fermat: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(2), 867–878. <https://doi.org/10.36277/deferemat.v8i2.2391>
- Akhsanunadia, A., & Arifin, Z. (2026). Pengaruh media konkrit terhadap motivasi dan pemahaman belajar siswa pada pelajaran matematika di kelas 2. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 6(1), 219–232. <https://doi.org/10.51878/science.v6i1.9362>
- Almadhinna, A., & Afghohani, A. (2026). Pengaruh pendekatan pembelajaran deep learning terhadap prestasi belajar matematika siswa kelas X SMA. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 6(2), 737–747. <https://doi.org/10.51878/science.v6i2.9707>
- Amalia, A., & Fitri, A. W. (2026). Optimalisasi pengenalan geometri anak usia dini melalui media puzzle. *LEARNING: Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 6(2), 1435–1444. <https://doi.org/10.51878/learning.v6i2.10205>
- Andani, F., & Arifin, Z. (2026). Pengaruh media pembelajaran interaktif terhadap minat belajar dan pemahaman siswa pada mata pelajaran matematika. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 6(1), 177–188. <https://doi.org/10.51878/science.v6i1.9361>
- Anisa, A., Fitriani, W. R., Mellinda, C., Noviani, D., Juniati, F., & Afgani, M. W. (2025). Peran pembuktian matematis terhadap pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah menengah atas (SMA). *De Fermat: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(2), 801–809. <https://doi.org/10.36277/deferemat.v8i2.2360>
- Azhar, A., & Subekti, H. (2026). Efektivitas model pembelajaran classroom discussion berbantuan infografis untuk meningkatkan keterampilan literasi sains murid SMP pada materi sistem pernapasan. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 6(1), 567–578. <https://doi.org/10.51878/science.v6i1.9597>
- Bau, A. T., Son, A. L., & Laja, Y. P. W. (2023). Pencapaian dan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa kelas VIII SMP melalui pendekatan pendidikan matematika realistik. *Hexagon: Jurnal Ilmu Dan Pendidikan Matematika*, 1(2), 85–93. <https://doi.org/10.33830/hexagon.v1i2.5724>
- Cahyani, I. A. W. A., Ermiana, I., & Fauzi, A. (2026). Efektivitas model pembelajaran problem based learning berbantuan media question card terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas IV SD. *SOCIAL: Jurnal Inovasi Pendidikan IPS*, 6(2), 938–950. <https://doi.org/10.51878/social.v6i2.10752>
- Dewi, S. E. K., Pratiwi, D., Saputri, P., Kuernianti, D., & Yuliani, E. (2025). Analisis peran guru dalam meningkatkan pembelajaran matematika yang menyenangkan dan bermakna di kelas rendah. *FingeR: Journal of Elementary School*, 4(1), 12–21. <https://doi.org/10.30599/k56bjx50>
- Idris, N. W. (2020). Pengaruh model pembelajaran berbasis masalah terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 16(1), 39–48. <https://doi.org/10.35580/jspf.v16i1.15284>



- Mardianti, A., & Widodo, W. (2026). Penerapan model pembelajaran inkuiri terstruktur untuk meningkatkan motivasi belajar murid pada materi ekologi dan keanekaragaman hayati. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 6(2), 632–642. <https://doi.org/10.51878/science.v6i2.9713>
- Maulida, V., Zahra, A. P. N. A., Diana, F., Ayyasyi, F. Z., Firmansyah, M. R., & Virgiawan, D. B. (2026). Dialektika alam dan masyarakat: Analisis geografi camping ground Trawas sebagai potensi outdoor learning. *SOCIAL: Jurnal Inovasi Pendidikan IPS*, 6(2), 979–988. <https://doi.org/10.51878/social.v6i2.10746>
- Nainggolan, E. (2022). Penerapan pendekatan concrete-pictorial-abstract (CPA) untuk meningkatkan sikap tanggung jawab, kemampuan penguasaan konsep, dan kemampuan pemecahan masalah matematika di SDS XYZ Jakarta [The application of the concrete-pictorial-abstract (CPA) approach to improve responsibility, conceptual understanding, and mathematical problem solving skills at SDS XYZ Jakarta]. *JOHME: Journal of Holistic Mathematics Education*, 6(1), 107–118. <https://doi.org/10.19166/johme.v6i1.4527>
- Nurjanah, E., Syahvierul, R., F, M. A. R., Ridnillah, M. A., Rahmadani, D. E., Paramita, I. I., Wafi, M. F., Sadat, H., Serviansyah, N., Marwan, M., AL, N. B. F., Rahmah, S., & Nadil, L. (2026). Optimalisasi literasi berhitung siswa SD melalui media sedotan: Penelitian pengabdian di SDN Palasari. *Al-Khidma: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 181–190. <https://doi.org/10.35931/ak.v6i1.5621>
- Perbowo, K. S., Lestari, D., Ulfah, S., & Rakhmawati, R. (2021). Marginal regions mathematics teachers' perception of the use of manipulative tools. *KALAMATIKA: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(2), 143–156. <https://doi.org/10.22236/kalamatika.vol6no2.2021pp143-156>
- Puteri, A. R. K., Batrisya, R., Novianti, D., Mustakim, S. A., & Syafitri, P. D. (2025). Evaluasi efektivitas program pendidikan matematika inklusi dengan alat peraga bagi siswa tunanetra. *SIGMA: JURNAL PENDIDIKAN MATEMATIKA*, 17(1), 12–26. <https://doi.org/10.26618/sigma.v17i1.15022>
- Radiusman, R., & Simanjuntak, M. (2020). Pengaruh pendekatan Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) terhadap kemampuan representasi matematis pada topik trigonometri. *MUST: Journal of Mathematics Education Science and Technology*, 5(2), 118–127. <https://doi.org/10.30651/must.v5i2.5809>
- Rahmah, S., & Lubis, A. H. (2024). Problem posing as a learning model to improve primary school students' mathematics learning outcomes in Gayo Lues. *Journal of Indonesian Primary School*, 1(4), 93–104. <https://doi.org/10.62945/jips.v1i4.409>
- Rismawati, M., Sophia, N., Setiawan, B., Anggi, G., & Mambang, J. (2025). Membangun kompetensi guru dalam memanfaatkan bahan daur ulang sebagai alat peraga matematika yang efektif. *JPPM: Jurnal Pelayanan dan Pemberdayaan Masyarakat*, 3(2), 112–117. <https://doi.org/10.31932/jppm.v3i2.4068>
- Rohmawati, N., & Mahmuda, I. (2026). Media gambar sebagai inovasi pembelajaran IPS: Meningkatkan minat dan hasil belajar siswa MI. *SOCIAL: Jurnal Inovasi Pendidikan IPS*, 6(2), 626–636. <https://doi.org/10.51878/social.v6i2.10022>
- Salsabilah, A. N., Suwandayani, B. I., Nuro, F. R. M., & Ulum, B. (2023). Penerapan metode diskusi kelompok pada mata pelajaran matematika kelas 4 SDN Gadang 3 Kota Malang. *SCHOOL EDUCATION JOURNAL PGSD FIP UNIMED*, 13(4), 350–359. <https://doi.org/10.24114/sejgsd.v13i4.54398>



- Saputra, E., & Zulmaulida, R. (2021). Analisis kemampuan penalaran deduktif siswa pada pembelajaran Creative Problem Solving (CPS). *Suska Journal of Mathematics Education*, 7(2), 113–124. <https://doi.org/10.24014/sjme.v7i2.14788>
- Sari, I. P. N., Efrida, E., Tamin, I. F., Amatullah, D. H., Warto, W., & Pratiwi, R. H. (2026). Pengaruh self renewal capacity dan disposisi matematis terhadap kemampuan penalaran matematika siswa. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 6(1), 34–46. <https://doi.org/10.51878/science.v6i1.8930>
- Siregar, K. Z., Ramdhani, S., & Sumarni, S. (2026). Pengaruh model cooperative learning tipe Two Stay Two Stray (TSTS) terhadap pemahaman matematis dan kemampuan berfikir kritis siswa SDN. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 6(2), 1197–1208. <https://doi.org/10.51878/science.v6i2.10734>
- Yasa, L. N., Arief, Z. A., & Herawati, H. (2023). *Pembelajaran matematika berbasis concrete pictorial abstract*. Widina Bhakti Persada / Neliti. <https://repository.penerbitwidina.com/publications/565133/pembelajaran-matematika-berbasis-concrete-pictorial-abstract>