



Instrumen *Open Ended* Sebagai Alat Diagnostik Hambatan Epistemologi pada Materi Bilangan Berpangkat: *Systematic Literature Review*

Niputu Bela Fitrianiyuningsih*, I Gusti Putu Suharta, I Made Ardana

Program Studi S2 Pendidikan Matematika, Program Pascasarjana, Universitas Pendidikan
Ganesha, Bali, Indonesia

*Penulis Korespondensi: ayubela3197@gmail.com

Received: 04-05-2026; Revised: 16-06-2026; Published: 25-06-2026

Abstract : *This study aims to synthesize current literature on the effectiveness of open ended instruments in detecting students' epistemological obstacles, particularly in the topic of exponents. A Systematic Literature Review (SLR) using the PRISMA protocol was conducted on 15 relevant scientific articles published between 2020 and 2026 from the Google Scholar, ERIC, and Scopus databases. The synthesis reveals that epistemological obstacles in exponent material are hierarchical and cumulative in nature, with conceptual obstacles at the root that systematically give rise to procedural and operational obstacles. Open-ended instruments prove highly effective both as diagnostic tools and as stimulants for Higher Order Thinking Skills (HOTS), as their divergent characteristics transparently externalize students' thinking processes. This study produces a triple-function model of open-ended instruments (diagnostic, stimulative, and formative) along with a conceptual framework linking open-ended instruments, epistemological obstacles, HOTS, and mathematical literacy. It is recommended that educational practitioners integrate open-ended instruments into periodic diagnostic assessments to mitigate learning obstacles at an early stage.*

Keywords : *exponents, epistemological obstacle, open ended,*

Abstrak : Penelitian ini bertujuan mensintesis literatur mengenai efektivitas instrumen *open ended* dalam mendeteksi hambatan epistemologi siswa pada materi bilangan berpangkat. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) dengan protokol PRISMA terhadap 15 artikel ilmiah relevan terbitan tahun 2020 hingga tahun 2026 dari pangkalan data Google Scholar, ERIC, dan Scopus. Hasil sintesis menunjukkan bahwa hambatan epistemologi pada materi eksponen bersifat hierarkis dan akumulatif, dengan hambatan konseptual sebagai akar yang melahirkan hambatan prosedural dan operasional. Instrumen *open ended* terbukti efektif sebagai alat diagnostik sekaligus stimulan *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) karena mampu mengeksternalisasi proses berpikir siswa secara transparan. Penelitian ini menghasilkan *triple function model* instrumen (diagnostik, stimulatif, formatif) serta kerangka konseptual yang menghubungkan instrumen *open ended*, hambatan epistemologi, HOTS, dan literasi matematis. Disarankan kepada praktisi pendidikan untuk mengintegrasikan instrumen ini dalam penilaian diagnostik berkala guna memitigasi hambatan belajar sejak dini.

Kata Kunci : *bilangan berpangkat, hambatan epistemologi, open ended*

PENDAHULUAN

Pendidikan matematika di era globalisasi dan Revolusi Industri 4.0 menuntut lebih dari sekadar penguasaan prosedur rutin. Paradigma ini menempatkan literasi matematis sebagai kompetensi strategis, yakni kemampuan siswa untuk merumuskan, menerapkan, dan menginterpretasikan matematika dalam berbagai konteks kehidupan nyata (Ambarwati & Jupri, 2024). Kompetensi tersebut menjadi fondasi penting bagi siswa untuk menghadapi tantangan

modern yang kompleks melalui penalaran logis dan pemecahan masalah yang adaptif (Mulyawan et al., 2023). Namun, berbagai data internasional terutama hasil PISA, secara konsisten mengkonfirmasi bahwa kemampuan literasi matematis siswa Indonesia masih tergolong rendah dibandingkan negara lain (Elisya et al., 2025). Kondisi ini mendorong berbagai upaya pengembangan soal kontekstual bertipe PISA sebagai strategi untuk menjembatani kesenjangan antara pembelajaran di kelas dan tuntutan literasi matematis dunia nyata (Putri & Zulkardi, 2020). Hal ini menandakan adanya kesenjangan yang lebar antara harapan kurikulum dan capaian aktual siswa di lapangan (Wulandari et al., 2020).

Kesenjangan capaian literasi tersebut tidak muncul tanpa sebab yang mendasar. Salah satu akar permasalahannya adalah adanya hambatan belajar yang bersifat fundamental, khususnya hambatan epistemologi (*epistemological obstacles*) (Suarsana et al., 2024). Berbeda dari sekadar ketidaktahuan teknis, hambatan epistemologi muncul akibat keterbatasan cara pandang siswa terhadap suatu konsep yang dianggap benar dalam satu situasi, namun menjadi tidak memadai ketika dihadapkan pada konteks yang lebih luas dan kompleks (Yohani et al., 2024). Hambatan epistemologi semacam ini tidak hanya ditemukan pada materi eksponen, tetapi juga pada materi lain seperti statistika, di mana siswa mengalami kesulitan serupa dalam membangun pemahaman konsep yang utuh (Dewanti & Komala, 2023). Jika dibiarkan tanpa intervensi, hambatan ini akan bermanifestasi menjadi miskonsepsi yang persisten dan terbawa hingga ke jenjang pendidikan tinggi (Turmuzi et al., 2024). Dengan demikian, rendahnya literasi matematis siswa Indonesia tidak semata-mata merupakan persoalan metode pembelajaran, melainkan juga persoalan epistemologis yang membutuhkan pendekatan diagnostik yang tepat.

Di antara berbagai materi matematika yang menjadi medan tumbuhnya hambatan epistemologi yaitu bilangan berpangkat atau eksponen menduduki posisi yang sangat signifikan. Materi ini memiliki hierarki konsep yang ketat, pemahaman tentang perkalian berulang menjadi prasyarat mutlak sebelum siswa dapat memahami sifat-sifat pangkat dan operasinya. Akibatnya, hambatan yang terjadi di level dasar akan menjalar secara sistemik ke konsep-konsep yang lebih tinggi. Secara empiris, hambatan pada materi ini termanifestasi dalam bentuk ketidakmampuan memahami konsep dasar, kesalahan operasi perhitungan seperti *partial insight error*, hingga kegagalan dalam menggeneralisasi aturan pangkat secara logis (Yohani et al., 2024). Masalah ini menjadi lebih kompleks oleh praktik pembelajaran yang cenderung menekankan hafalan rumus tanpa pemahaman makna di balik simbol, sehingga siswa mengalami kegagalan kognitif saat menghadapi variasi soal yang sedikit berbeda dari contoh buku teks (Chrisnawati & Pratama, 2023). Selain faktor didaktis tersebut, kompleksitas hambatan ini ternyata juga dipengaruhi oleh karakteristik internal individu seperti gaya belajar, perbedaan gender, serta faktor emosional yang membentuk cara unik siswa dalam memproses informasi matematis (Ardana & Ariawan, 2025).

Mengingat kompleksitas hambatan tersebut, dibutuhkan instrumen penilaian diagnostik yang tidak sekadar mengukur hasil akhir, melainkan mampu membedah proses berpikir siswa secara mendalam. Kebutuhan ini tidak dapat dipenuhi oleh instrumen tradisional seperti pilihan ganda, yang kerap gagal mendeteksi hambatan epistemologi karena hanya menuntut jawaban tunggal prosedural dan rentan terhadap fenomena *lucky guess* (Wahyuningsih et al., 2024). Sebagai alternatif yang lebih meyakinkan, instrumen *open ended* (masalah terbuka) menawarkan karakteristik divergen yang memberi ruang bagi siswa untuk mengeksplorasi berbagai strategi penyelesaian. Melalui keleluasaan tersebut, pendidik dapat memotret alur logika sekaligus mengidentifikasi letak patahan konsep yang dialami siswa secara lebih transparan (Wulandari et al., 2020). Instrumen ini memiliki fungsi ganda yang strategis.

Pertama, sebagai radar pendeteksi miskonsepsi dan hambatan epistemologi; Kedua, sebagai stimulan yang mendorong berkembangnya *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) pada siswa (Indayani et al., 2024). Dengan kata lain, instrumen *open ended* tidak sekadar mendiagnosis, tetapi sekaligus menjadi media pengembangan kemampuan berpikir matematis tingkat tinggi (Ambarwati & Jupri, 2024; Mulyawan et al., 2023).

Meskipun urgensi hambatan epistemologi telah banyak didiskusikan, kajian yang ada saat ini masih mengandung beberapa celah ilmiah yang signifikan. Pertama, penelitian tentang hambatan epistemologi pada materi bilangan berpangkat atau eksponen masih didominasi oleh studi kualitatif deskriptif yang bersifat parsial dan terbatas pada satu lokus atau satu jenjang pendidikan tertentu saja (Turmuzi et al., 2023). Kedua, belum terdapat *Systematic Literature Review* (SLR) yang secara khusus mengaitkan penggunaan instrumen *open ended* dengan upaya pengungkapan hambatan epistemologi pada materi eksponen dalam satu sintesis yang sistematis. Ketiga, belum ada kajian yang menganalisis pola hambatan konseptual secara komparatif lintas penelitian, sehingga kerangka konseptual yang menjelaskan hubungan antara *open ended*, hambatan epistemologi, HOTS, dan literasi matematis belum terbangun secara utuh. Keempat, efektivitas komparatif antara instrumen diagnostik berbasis *open ended* dan instrumen konvensional dalam konteks eksponen belum pernah disintesis secara menyeluruh (Wahyuningsih et al., 2024). Kekosongan – kekosongan ini menyebabkan belum tersedianya panduan metodologis yang dapat digunakan pendidik untuk memilih dan merancang instrumen diagnostik yang tepat sasaran pada materi eksponen.

Oleh karena itu, penelitian *Systematic Literature Review* (SLR) ini hadir untuk mengisi gap tersebut dengan kontribusi yang spesifik dan terukur. Berbeda dari review yang sudah ada, penelitian ini tidak sekadar merangkum penelitian sebelumnya, melainkan secara khusus bertujuan: (1) menghasilkan pemetaan pola hambatan epistemologi yang dominan pada materi bilangan berpangkat berdasarkan sintesis lintas penelitian; (2) mengklasifikasikan tipe kesalahan konseptual siswa secara sistematis; (3) mengidentifikasi karakteristik spesifik instrumen *open ended* yang terbukti efektif sebagai alat diagnostik; serta (4) membangun kerangka konseptual yang menjelaskan keterkaitan antara instrumen open-ended, hambatan epistemologi, HOTS, dan literasi matematis. Dengan menggunakan protokol PRISMA terhadap 15 artikel ilmiah yang diterbitkan antara tahun 2020 hingga 2026 dari pangkalan data *Google Scholar*, ERIC, dan Scopus, penelitian ini diharapkan menghasilkan panduan metodologis serta rekomendasi bagi praktisi pendidikan dalam merancang desain didaktik yang adaptif, akurat, dan mampu memitigasi hambatan belajar siswa secara bermakna sejak dini (Ardana & Ariawan, 2025).

METODE

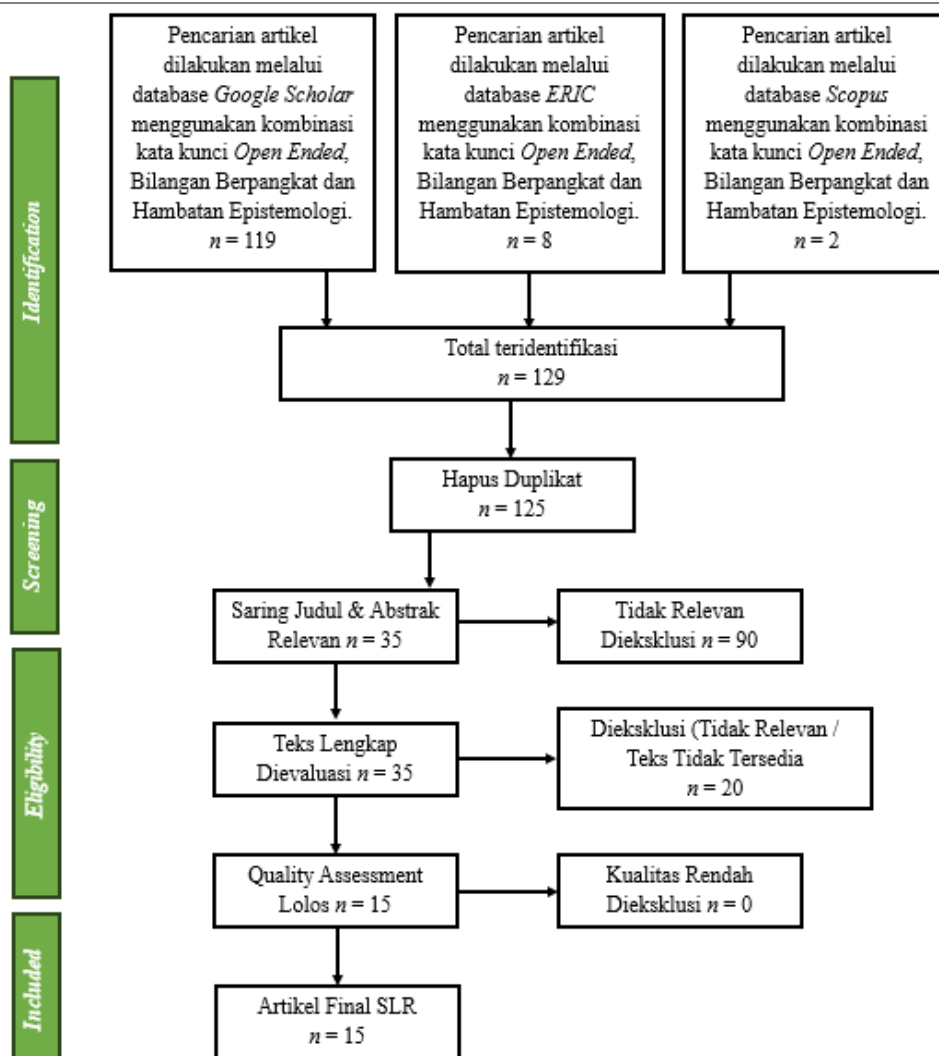
Artikel ini menggunakan metode penelitian studi kepustakaan atau *Systematic Literature Review* dengan menerapkan metode PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta – analyses*), yang merupakan standar laporan untuk ditinjau sistematis dan meta analisis serta telah terbukti digunakan secara luas dalam penelitian pendidikan matematika berbasis kajian literatur sistematis (Aristina et al., 2026). Studi kepustakaan adalah metode penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan, membaca, menganalisis, dan mengolah data dari sumber – sumber tertulis seperti buku, jurnal, artikel yang relevan dengan topik penelitian. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah artikel-artikel ilmiah yang sesuai dengan kriteria yaitu membahas topik utama terkait instrumen *open ended* dalam mengungkap hambatan epistemologi, publikasi terkini pada tahun 2020 hingga 2026, serta jurnal terindeks

ISSN. Penelitian ini menggunakan desain *Systematic Literature Review* (SLR) terhadap 15 artikel yang relevan dan diterbitkan pada tahun 2020 hingga 2026. Subjek penelitian mencakup siswa dari berbagai jenjang pendidikan. Data dikumpulkan melalui analisis dokumen dari artikel yang relevan dan dianalisis menggunakan metode analisis tematik. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis artikel-artikel tentang instrumen *open ended* dalam mengungkap hambatan epistemologi yang diambil dari *Google Scholar*, ERIC dan *Scopus*. Dalam proses pemilihan artikel, kriteria inklusi dan eksklusi digunakan untuk memilih penelitian utama. Kriteria inklusi dan eksklusi dalam *Systematic Literature Review* tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria Inklusi	
1)	Artikel membahas instrumen <i>open ended</i> dalam pembelajaran matematika
2)	Artikel membahas hambatan epistemologi dalam matematika
3)	Artikel membahas materi bilangan berpangkat atau materi matematika yang terkait secara konseptual
4)	Artikel diterbitkan antara tahun 2020 hingga 2026
5)	Artikel diterbitkan di jurnal terindeks ISSN (nasional maupun internasional)
6)	Artikel tersedia dalam teks lengkap (<i>full text</i>)
Kriteria Eksklusi	
1)	Artikel tidak relevan dengan topik instrumen <i>open ended</i> , hambatan epistemologi, atau bilangan berpangkat
2)	Artikel diterbitkan sebelum tahun 2020
3)	Artikel tidak dapat diakses secara menyeluruh (<i>full text</i> tidak tersedia)
4)	Artikel tidak terindeks ISSN
5)	Artikel duplikat (muncul lebih dari satu kali hasil pencarian)
6)	Artikel berupa prosiding konferensi yang tidak melalui proses <i>peer review</i>

Setelah menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi, langkah berikutnya adalah memilih artikel untuk di review. Untuk memastikan adanya relevansi dan kualitas data, maka artikel yang dipilih harus memenuhi standar. Selanjutnya, data yang diperoleh dari artikel – artikel tersebut dianalisis secara menyeluruh untuk menentukan efektivitas instrumen *open ended* dalam mengungkap hambatan epistemologi dari tahun 2020 hingga 2026. Analisis data terdiri dari beberapa langkah, dimulai dari mengekstrak informasi penting, pengkodean data, dan yang terakhir menginterpretasikan hasilnya. Gambar 1 merupakan diagram metode PRISMA.



Gambar 1. Diagram PRISMA

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penerapan protokol PRISMA terhadap 127 artikel yang teridentifikasi dari *Google Scholar*, ERIC dan *Scopus* sebanyak 15 artikel memenuhi seluruh kriteria inklusi dan lolos tahap *quality assessment* untuk disertakan dalam sintesis. Kelima belas artikel tersebut mencakup rentang publikasi tahun 2020 hingga 2026 dan membahas instrumen *open ended*, hambatan epistemologi, serta materi matematika dengan pendalaman pada materi bilangan berpangkat atau eksponen. Kajian ini dikemas sebagai penelitian tentang instrumen *open ended* dalam pembelajaran matematika secara umum, dengan bilangan berpangkat sebagai studi kasus utama (Wahyuningsih et al., 2024; Yohani et al., 2024; Indayani et al., 2024; Pratiwi et al., 2025).

Hasil sintesis tematik mengelompokkan temuan dari 15 artikel ke dalam empat tema utama. Distribusi artikel per tema disajikan pada Tabel 2 berikut. Perlu dicatat bahwa satu artikel dapat berkontribusi pada lebih dari satu tema.

Tabel 2. Distribusi Artikel Berdasarkan Tema Sintesis

Tema Sintesis	Artikel yang Mendukung	Jumlah Artikel	Persentase
Hambatan Epistemologi pada Eksponen & Matematika Terkait	Wahyuningsih et al. (2024); Yohani et al. (2024); Indayani et al. (2024); Pratiwi et al. (2025); Elisya et al. (2025); Chrisnawati & Pratama (2023); Astawa et al. (2020)	7	46,7 %
Efektivitas Instrumen Open Ended sebagai Alat Diagnostik	Mulyawan et al. (2023); Ambarwati & Jupri (2024); Wulandari et al. (2020); Rostika et al. (2025)	4	26,7 %
Hubungan Open Ended dengan Peningkatan HOTS	Mulyawan et al. (2023); Indayani et al. (2024); Ambarwati & Jupri (2024)	3	20,0 %
Hambatan Didaktis dan Faktor Internal Individu	Suarsana et al. (2024); Turmuzi et al. (2024); Turmuzi et al. (2023); Ardana & Ariawan (2025)	4	26,7 %
Total	15 Artikel	15	100 %

*Satu artikel dapat masuk ke lebih dari satu tema; total unik = 15 artikel.

Tema 1: Hambatan Epistemologi pada Materi Eksponen dan Matematika Terkait

Sebanyak 7 dari 15 artikel (46,7%) secara langsung mengidentifikasi dan menganalisis hambatan epistemologi dalam pembelajaran matematika. Temuan lintas penelitian ini menunjukkan tiga kluster hambatan yang berulang secara konsisten sebagai berikut: 1) Hambatan konseptual, ditandai oleh ketidakpahaman terhadap konsep dasar matematika. Pada materi eksponen, hambatan ini termanifestasi dalam kegagalan memahami makna perkalian berulang sebagai dasar pangkat, serta ketidakmampuan membedakan operasi pangkat dengan operasi perkalian biasa. (Wahyuningsih et al, 2024) dalam studinya terhadap 22 siswa MA menemukan bahwa kesalahan konsep (29,4%) dan kesalahan prinsip (38,2%) mendominasi kesalahan siswa pada materi eksponen dan logaritma. Demikian pula, (Yohani et al, 2024) mengkonfirmasi hambatan konseptual yang signifikan pada 24 siswa SMA kelas X dalam materi persamaan eksponen, di mana kesulitan ini ditemukan pada semua tingkat kemampuan, baik siswa berkemampuan tinggi, sedang, maupun rendah. 2) Hambatan prosedural, muncul ketika siswa memahami konsep secara parsial tetapi gagal mengeksekusi langkah-langkah penyelesaian secara runtut dan logis. Indayani et al, (2024) menemukan bahwa *basic error* (ketidakpahaman konsep penyelesaian masalah HOTS) merupakan tipe kesalahan paling dominan di antara empat subjek dengan tipe kesalahan berbeda pada soal eksponen. Pola serupa ditemukan pada konteks materi lain yang terkait secara konseptual. Chrisnawati & Pratama, (2023) mengidentifikasi bahwa siswa SMP kelas VIII mengalami kesulitan dalam merumuskan generalisasi dan membangun argumen matematis pada materi pola bilangan, yang mencerminkan hambatan prosedural yang identik. 3) Hambatan teknik operasional, berupa kesalahan dalam pelaksanaan perhitungan meski siswa sudah memahami prosedur yang harus dilakukan. Yohani et al, (2024) secara spesifik mengklasifikasikan hambatan teknik operasional sebagai tipe hambatan tersendiri yang berbeda dari hambatan konseptual dan prosedural. Sementara itu, Elisya et al, (2025) memperluas temuan ini ke konteks materi fungsi berbasis standar PISA, di mana hambatan epistemologi berkaitan erat dengan keterbatasan pengetahuan dasar tentang variabel dan ketidakmampuan mengaplikasikan konsep dalam konteks dunia nyata.

Secara komparatif, hambatan epistemologi pada materi eksponen di jenjang SMA terbukti lebih kompleks dibandingkan hambatan pada materi lain. Sifat hierarkis materi eksponen di mana pemahaman pangkat positif menjadi prasyarat mutlak sebelum memahami pangkat negatif, pecahan, dan bentuk akar menjadikan hambatan di level dasar berdampak kumulatif pada pemahaman konsep berikutnya. Hal ini sejalan dengan temuan (Astawa et al, 2020) bahwa miskonsepsi dalam pembuktian matematis seringkali berakar pada ketidakpahaman terhadap langkah-langkah logika dasar yang seharusnya telah dikuasai di jenjang sebelumnya.

Tema 2: Efektivitas Instrumen Open-Ended sebagai Alat Diagnostik

Empat artikel (26,7%) secara langsung mengevaluasi efektivitas instrumen *open ended* dalam konteks pembelajaran matematika. Sintesis lintas penelitian ini memberikan bukti yang konsisten bahwa instrumen *open ended* memiliki keunggulan signifikan dibandingkan instrumen konvensional, khususnya dalam kapasitasnya sebagai alat diagnostik hambatan belajar. Perbandingan komprehensif antara kedua jenis instrumen disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Instrumen *Open Ended* dan Instrumen Konvensional

Aspek Perbandingan	Instrumen Konvensional (Pilihan Ganda / Isian Singkat)	Instrumen <i>Open Ended</i>
Kemampuan mendeteksi hambatan epistemologi	Rendah: Hanya mendeteksi kesalahan jawaban akhir, rentan lucky guess	Tinggi: Mampu membedah proses berpikir dan mengungkap letak patahan konsep
Transparansi alur berpikir siswa	Tidak terlihat: Jawaban hanya benar/salah	Terlihat: Siswa mengonstruksi argumen dan strategi penyelesaian
Stimulasi HOTS	Rendah: Dominan hafalan dan prosedur rutin	Tinggi: Mendorong analisis, evaluasi, dan kreasi solusi
Kemampuan membedakan tipe hambatan	Tidak: Semua kesalahan tampak sama	Ya: Dapat membedakan hambatan konseptual, prosedural, dan operasional
Kesesuaian untuk penilaian diagnostik	Rendah: Tidak dirancang untuk diagnosis mendalam	Tinggi — secara inheren berfungsi sebagai alat diagnostik formatif

Wulandari et al, (2020) memberikan bukti empiris yang paling kuat dalam sintesis ini. Melalui desain eksperimen komparatif, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan Pendidikan Matematika Realistik berbasis *open ended* secara statistik signifikan lebih efektif dibandingkan pendekatan konvensional dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematika siswa kelas V ($t - \text{hitung} = 13,30 > t - \text{tabel} = 1,68$). Temuan ini diperkuat oleh (Mulyawan et al, 2023) yang membuktikan bahwa pendekatan *open ended* efektif dalam meningkatkan HOTS matematis siswa SMP, serta Ambarwati & Jupri, (2024) yang menegaskan bahwa pertanyaan *open ended* melatih siswa berpikir secara rasional, sistematis, dan kritis. Di sisi lain, Rostika et al, (2025) menunjukkan bahwa instrumen penilaian diagnostik yang tepat (dalam konteks ini berbasis asesmen formatif digital) berhasil memperdalam penguasaan konseptual siswa SD pada materi KPK dan FPB, yang mengindikasikan prinsip yang sama berlaku lintas jenjang dan materi. Lebih lanjut, upaya memperdalam pemahaman konseptual siswa dapat diperkuat melalui pendekatan inovatif berbasis teknologi, seperti yang dibuktikan oleh Putri et al., (2021) bahwa siklus belajar 5E berbantuan GeoGebra secara signifikan

meningkatkan pemahaman konseptual siswa, menegaskan bahwa intervensi berbasis pemahaman menghasilkan dampak yang lebih bermakna dibandingkan pendekatan prosedural semata.

Temuan-temuan ini secara bersama-sama menunjukkan bahwa efektivitas instrumen *open ended* bukan hanya fenomena yang terjadi pada satu konteks atau jenjang tertentu, melainkan merupakan karakteristik yang konsisten lintas konteks pembelajaran matematika. Divergensi soal yang menjadi ciri khas instrumen *open ended* memungkinkan siswa mengeksternalisasi proses berpikirnya, sehingga guru memiliki akses terhadap data kognitif yang jauh lebih kaya dibandingkan jawaban benar/salah yang dihasilkan oleh instrumen konvensional.

Tema 3: Hubungan Instrumen Open Ended dengan Peningkatan HOTS

Tiga artikel secara eksplisit mengkaji hubungan antara penggunaan instrumen atau pendekatan *open ended* dengan pengembangan *Higher Order Thinking Skills* (HOTS). Sintesis menunjukkan bahwa hubungan ini bersifat dua arah dan saling menguatkan. *Open ended* sebagai stimulus HOTS, sekaligus HOTS sebagai prasyarat untuk merespons soal *open ended* secara produktif. Mulyawan et al, (2023) membuktikan secara empiris bahwa pendekatan *open ended* efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa SMP. Temuan ini selaras dengan hasil Indayani et al, (2024) yang menggunakan soal HOTS bertipe *open ended* pada materi eksponen dan menemukan bahwa jenis soal ini tidak hanya mengungkap hambatan siswa, tetapi juga menjadi stimulus bagi siswa yang berhasil melewati hambatan tersebut untuk mengembangkan kemampuan berpikir yang lebih kompleks. Sementara (Ambarwati & Jupri, 2024) menegaskan bahwa soal *open ended* yang diterapkan di tingkat SD sekalipun berhasil melatih kemampuan berpikir rasional, sistematis, dan kritis (yang merupakan fondasi HOTS) dalam konteks numerasi.

Sintesis dari ketiga studi ini menghasilkan sebuah proposisi penting. Instrumen *open ended* tidak sekadar berfungsi sebagai alat ukur kemampuan berpikir tingkat tinggi, melainkan sekaligus berperan sebagai katalis yang mendorong perkembangannya. Proposisi ini memiliki implikasi didaktik yang signifikan, bahwa penggunaan instrumen *open ended* secara reguler dalam penilaian formatif dapat sekaligus berfungsi sebagai intervensi pedagogis untuk meningkatkan HOTS siswa. Hal ini sejalan dengan temuan Suryawan et al., (2023) yang membuktikan bahwa pendekatan berbasis masalah yang kontekstual dan multimodal mampu mendorong kemampuan berpikir kritis siswa, menegaskan bahwa stimulus berpikir tingkat tinggi dapat diwujudkan melalui berbagai jenis instrumen yang berorientasi pada proses berpikir aktif.

Tema 4: Hambatan Didaktis dan Faktor Internal Individu

Empat artikel mengungkap bahwa hambatan epistemologi tidak semata-mata bersumber dari dalam diri siswa, melainkan juga dari faktor eksternal didaktis dan faktor internal individual yang saling berinteraksi. Suarsana et al, (2024) memberikan temuan yang penting yaitu analisis didaktis terhadap materi persamaan garis lurus menunjukkan bahwa hambatan belajar dapat bersumber dari buku teks dan kurikulum itu sendiri, ketika konteks yang disajikan tidak sesuai dengan realitas kognitif siswa. Implikasinya bagi materi eksponen sangat relevan, desain didaktis yang tidak memperhatikan prasyarat konseptual berpotensi menjadi sumber utama hambatan epistemologi.

Turmuzi et al, (2024) menambahkan dimensi individual yaitu pada konteks pembelajaran dengan *Google Classroom* di perguruan tinggi, gaya belajar dan perbedaan gender terbukti mempengaruhi bagaimana hambatan konseptual muncul dan termanifestasi. Temuan ini secara

tidak langsung menginformasikan bahwa instrumen diagnostik yang efektif termasuk *open ended* idealnya dirancang dengan mempertimbangkan keragaman karakteristik individual siswa agar mampu mengungkap profil hambatan yang bersifat unik per individu, bukan hanya pola hambatan kolektif. (Turmuzi et al, 2023) memperkuat hal ini dengan menunjukkan bahwa pendekatan kualitatif analitik mendominasi penelitian pendidikan matematika di Indonesia, sehingga pengembangan instrumen diagnostik kuantitatif berbasis *open ended* menjadi celah yang perlu diisi.

Analisis Perbandingan Lintas Jenjang Pendidikan

Perbandingan lintas jenjang pendidikan mengungkap pola yang informatif mengenai bagaimana hambatan epistemologi berkembang dan berubah karakter seiring meningkatnya jenjang pendidikan. Tabel 4 merangkum perbandingan tersebut.

Tabel 4. Perbandingan Hambatan Epistemologi dan Karakteristik Instrumen Lintas Jenjang

Jenjang Pendidikan	Artikel	Tipe Hambatan Dominan	Karakteristik Khusus
SD / Elementary	Ambarwati & Jupri (2024); Rostika et al. (2025); Ardana & Ariawan (2025)	Hambatan konsep dasar (numerasi, pecahan, operasi aritmetika)	Penilaian diagnostik berbasis konteks konkret lebih efektif
SMP / Middle School	Mulyawan et al. (2023); Chrisnawati & Pratama (2023); Suarsana et al. (2024)	Hambatan prosedural dan generalisasi : hambatan didaktis dari kurikulum	<i>Open ended</i> efektif tingkatan HOTS : hambatan sering bersumber dari buku teks
SMA / High School	Wahyuningsih et al. (2024); Yohani et al. (2024); Indayani et al. (2024); Elisya et al. (2025)	Hambatan epistemologi kompleks pada eksponen : konseptual, prosedural, operasional	Instrumen HOTS <i>open ended</i> paling efektif mengungkap akar hambatan
SMK / Vocational	Pratiwi et al. (2025)	Hambatan literasi matematis : kesulitan membangun model dan interpretasi konteks	<i>Self regulated learning</i> berpengaruh pada kemampuan menggunakan eksponen kontekstual
Perguruan Tinggi	Turmuzi et al. (2024); Astawa et al. (2020)	Miskonsepsi dan hambatan logika dasar yang persisten dari jenjang sebelumnya	Gaya belajar dan gender mempengaruhi tipe hambatan yang muncul

Pola lintas jenjang ini mengkonfirmasi bahwa hambatan epistemologi bersifat akumulatif yaitu hambatan konsep dasar yang tidak terdeteksi dan tidak diintervensi di jenjang SD dan SMP akan berkembang menjadi hambatan yang lebih kompleks di jenjang SMA dan perguruan tinggi. Hal ini menegaskan urgensi penggunaan instrumen diagnostik *open ended* sejak jenjang pendidikan dasar, bukan hanya di jenjang menengah atas.

Pola Hambatan Epistemologi pada Eksponen: Dari Parsial Menuju Sintesis

Sintesis dari 15 artikel dalam SLR ini menghasilkan temuan yang lebih komprehensif dibandingkan studi individual manapun dalam kajian ini. Secara kolektif, hambatan epistemologi pada materi eksponen membentuk sebuah hierarki yang saling terkait. Hambatan konseptual pada pemahaman dasar pangkat menjadi akar (*root obstacle*) yang apabila tidak

diatasi, secara sistemik melahirkan hambatan prosedural dan operasional di atasnya. Pola hierarkis ini belum pernah diartikulasikan secara eksplisit dalam studi-studi individual yang ada dan di sinilah kontribusi unik SLR ini terletak.

Berbeda dari studi Wahyuningsih et al, (2024) yang fokus pada satu sekolah, Yohani et al, (2024) yang membatasi diri pada persamaan eksponen, atau Indayani et al, (2024) yang menggunakan empat subjek, sintesis ini menunjukkan bahwa ketiga tipe hambatan (konseptual, prosedural, operasional) tidak terjadi secara terpisah melainkan merupakan manifestasi berlapis dari satu akar masalah yang sama, ketidakutuhan pemahaman terhadap konsep eksponen sebagai perkalian berulang yang memiliki sifat-sifat tertentu. Implikasi pedagogisnya adalah bahwa intervensi yang hanya menyasar gejala (misalnya, mengulang rumus) tanpa menyentuh akar hambatan konseptual tidak akan menghasilkan perubahan pemahaman yang bermakna.

Instrumen Open Ended: Dari Alat Ukur Menuju Landasan Didaktik

Temuan sintesis ini mengonfirmasi dan sekaligus memperluas pemahaman tentang peran instrumen *open ended*. Jika studi-studi sebelumnya memandang *open ended* terutama sebagai alat pengukuran (*measurement tool*), SLR ini menunjukkan bahwa instrumen *open ended* sesungguhnya memiliki tiga fungsi sekaligus yang saling melengkapi.

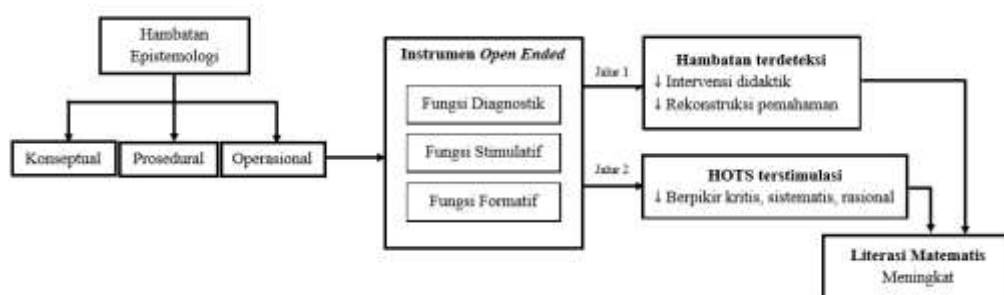
Pertama fungsi diagnostik, dengan karakteristik divergennya instrumen *open ended* mampu mengeksternalisasi proses berpikir siswa sehingga guru dapat mengidentifikasi dengan presisi di mana letak patahan konsep terjadi. Ini merupakan keunggulan yang tidak dimiliki instrumen konvensional, sebagaimana dibuktikan secara komparatif oleh Wulandari et al, (2020).

Kedua fungsi stimulatif, bagi siswa yang mampu melampaui hambatan awal, soal *open ended* berfungsi sebagai katalis pengembangan HOTS. Mulyawan et al, (2023) dan Ambarwati & Jupri, (2024) mengkonfirmasi bahwa paparan regular terhadap soal *open ended* meningkatkan kemampuan berpikir kritis, sistematis, dan rasional siswa secara signifikan.

Ketiga fungsi formatif, instrumen *open ended* yang diintegrasikan dalam penilaian berkala tidak sekadar mengukur tetapi secara aktif membentuk proses pembelajaran. (Rostika et al, 2025) menunjukkan bahwa asesmen diagnostik yang tepat memperdalam penguasaan konseptual, bukan hanya memotretnya. Ketiga fungsi ini membentuk apa yang dalam SLR ini disebut sebagai *triple-function* model instrumen *open ended* sebuah kerangka konseptual baru yang dihasilkan dari sintesis lintas penelitian.

Kerangka Konseptual: Hubungan Open Ended, Hambatan Epistemologi, HOTS, dan Literasi Matematis

Berdasarkan sintesis keempat tema di atas, SLR ini menghasilkan sebuah kerangka konseptual yang menjelaskan mekanisme hubungan antara instrumen *open ended*, hambatan epistemologi, HOTS, dan literasi matematis. Kerangka seperti gambar 2.



Gambar 2. Kerangka Konseptual: Hambatan Epistemologi & Instrumen *Open Ended*

Kerangka ini menegaskan bahwa instrumen *open ended* bukan merupakan tujuan akhir, melainkan jembatan metodologis yang menghubungkan identifikasi hambatan dengan perbaikan literasi matematis. Posisi instrumen *open ended* sebagai jembatan ini yang menjadikan rekomendasi integrasinya dalam penilaian diagnostik berkala memiliki justifikasi yang kuat secara teoritis maupun empiris.

Faktor Moderator: Didaktis dan Individual

Suarsana et al, (2024) dan Turmuzi et al, (2024) bersama-sama menunjukkan dua lapisan faktor moderator yang perlu diperhatikan dalam implementasi instrumen open-ended: faktor didaktis (kualitas desain instruksional, kesesuaian konteks dalam buku teks) dan faktor internal individu (gaya belajar, gender, kematangan kognitif). Temuan ini memiliki implikasi penting: instrumen open-ended yang dirancang tanpa mempertimbangkan kedua faktor moderator ini berisiko tidak mampu mengoptimalkan potensi diagnostik dan stimulatifnya. Relevansi faktor kontekstual ini juga dikonfirmasi oleh Tania et al., (2026) yang membuktikan bahwa desain media pembelajaran yang mempertimbangkan konteks budaya lokal dan keberagaman siswa terbukti meningkatkan efektivitas pembelajaran secara signifikan.

Oleh karena itu, pengembangan instrumen *open ended* yang efektif untuk materi eksponen harus mempertimbangkan: (a) kesesuaian konteks soal dengan pengalaman kognitif siswa sesuai jenjangnya; (b) variasi tipe soal yang mengakomodasi perbedaan gaya belajar; dan (c) gradasi kompleksitas yang memungkinkan siswa dari berbagai tingkat kemampuan untuk mengeksternalisasi proses berpikirnya. Urgensi pengembangan instrumen diagnostik semacam ini juga telah dibuktikan pada materi lain, di mana instrumen diagnostik literasi matematika terbukti mampu mengungkap profil kognitif siswa secara mendalam Krismanto et al., (2026). Ketiga prinsip desain ini merupakan rekomendasi konkret yang dihasilkan dari sintesis SLR ini dan belum pernah diartikulasikan secara terpadu dalam penelitian-penelitian individual sebelumnya.

Kontribusi Kebaruan Penelitian

Dibandingkan dengan penelitian-penelitian individual yang ada dalam kajian ini, SLR ini menghasilkan empat kontribusi kebaruan yang spesifik dan terukur. Pertama, pemetaan pola hambatan epistemologi yang hierarkis dan lintas jenjang hal ini menunjukkan bahwa hambatan bukan peristiwa terisolasi melainkan fenomena akumulatif yang dapat ditelusuri dari jenjang dasar hingga perguruan tinggi. Kedua, klasifikasi *triple – function* model instrumen *open ended* (diagnostik, stimulatif, formatif) dimana sebuah kerangka baru yang tidak ada dalam satu studi manapun. Ketiga, perbandingan empiris komparatif lintas jenjang, tipe instrumen, dan jenis hambatan yang hanya dimungkinkan melalui pendekatan SLR, bukan studi kasus tunggal. Keempat, identifikasi faktor moderator ganda (didaktis dan individual) yang harus dipertimbangkan dalam desain instrumen *open ended* untuk materi eksponen.

Keempat kontribusi ini secara bersama-sama membangun landasan metodologis yang dapat digunakan oleh pendidik dan peneliti selanjutnya dalam merancang instrumen diagnostik *open ended* yang lebih tepat sasaran, berbasis bukti, dan mampu mengungkap hambatan epistemologi siswa secara komprehensif pada materi bilangan berpangkat maupun materi matematika terkait lainnya.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil sintesis terhadap 15 artikel ilmiah menggunakan protokol PRISMA, dapat disimpulkan bahwa hambatan epistemologi pada materi bilangan berpangkat bersifat hierarkis

dan akumulatif, dengan hambatan konseptual sebagai akar permasalahan yang secara sistemik melahirkan hambatan prosedural dan operasional, sehingga instrumen *open ended* terbukti efektif sebagai alat diagnostik sekaligus stimulan HOTS karena mampu mengeksternalisasi proses berpikir siswa secara transparan dibandingkan instrumen konvensional. Oleh karena itu, disarankan kepada praktisi pendidikan untuk mengintegrasikan instrumen *open ended* dalam penilaian diagnostik berkala sejak jenjang dasar, kepada pengembang instrumen untuk mempertimbangkan kesesuaian konteks kognitif dan keberagaman gaya belajar siswa, serta kepada peneliti selanjutnya untuk melakukan penelitian pengembangan yang memvalidasi instrumen *open ended* berbasis hambatan epistemologi secara lintas jenjang dengan sampel yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, S. M., & Jupri, A. (2024). Implementation of Open-Ended Type Questions to Improve Numeracy Skills in Elementary School Students. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences (EPESS)*, 38, 21–28. Doi: <https://doi.org/10.55549/epess.843>
- Ardana, I. M. & Ariawan, I. P. W. (2025). Optimizing Understanding of Fraction Concepts through the CoTPS Learning Model Based on EMC2 Integration in THK. *Mimbar PGSD Undiksha*, 13(3), 532–540. Doi: <https://doi.org/10.23887/jjpgsd.v13i3.83154>
- Aristina, N. M. T. D., Ariawan, I. P. W. & Suparta, I. N. (2026). Implementasi Model Pembelajaran POE2WE Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa: Kajian Literatur Sistematis. *Imajiner: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 8(1), 33–40. Doi: <https://doi.org/10.26877/imajiner.v8i1.25458>
- Astawa, I. W. P., Sudiarta, I. G. P. & Suparta, I. N. (2020). Kesulitan Siswa dalam Membuktikan Masalah Kesamaan dan Ketidaksamaan Matematika Menggunakan Induksi Matematika. *Jurnal Elemen*, 6(1), 146–156. Doi: 10.29408/jel.v6i1.1746
- Chrisnawati, Y. & Pratama, F. W. (2023). Analisis Kesulitan Peserta Didik Kelas VIII dalam Belajar Pola Bilangan. *Jurnal Pendidikan Matematika Undiksha*, 14(2), 117–127. Doi: <https://doi.org/10.23887/jjpm.v14i2.61266>
- Dewanti, F. & Komala, E. (2023). Kemampuan Pemahaman Konsep Matematika: Kajian Analisis Hambatan Epistemologi Siswa SMP Pada Materi Statistika. *Wacana Akademika: Majalah Ilmiah Kependidikan*, 7(1), 138–147. Doi: <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/wacanaakademika/index>
- Elisya, N., Dahlan, J. A., & Yulianti, K. (2025). Epistemological Obstacles of Secondary School Students in Solving PISA-Standard Mathematical Literacy Problems Related to Functions. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 25(4), 1771–1786. Doi: <http://dx.doi.org/10.23960/jpmipa/v25i4.pp1771-1786>
- Indayani, N., Hidayanto, E. & Sisworo. (2024). Analisis Kesalahan Siswa Kelas X SMA dalam Menyelesaikan Soal HOTS Persamaan Eksponen dan Scaffoldingnya [Error Analysis of Grade 10 Students in Solving HOTS Question on Exponential and Their Scaffolding]. *JOHME: Journal of Holistic Mathematics Education*, 8(1), 45–58. Doi: <https://dx.doi.org/10.19166/johme.v8i1.8059>
- Krismanto, N., Rahayu, W., & Ridwan, A. (2026). Pengembangan Instrumen Diagnostik Literasi Matematika untuk Analisis Profil Kognitif Siswa SMP Pada Materi SPLDV. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Seri V*, 3(1), 1169–1180. Doi: <https://conference.ut.ac.id/index.php/saintek/article/view/8070>

- Pratiwi, Y., Kusno & Subekti, F. E. (2025). Mathematical Literacy Problems in Exponential Material Based on Vocational Students' Self-Regulated Learning. *Jurnal Pendidikan Matematika (JUPITEK)*, 8(1), 17–34. Doi: <https://doi.org/10.30598/jupitekvol8iss1pp17-34>
- Putri, N. N. W. D., Astawa, I. W. P. & Ardana, I. M. (2021). Improving Students' Conceptual Understanding Through Geogebra-Assisted "5E" Learning Cycle: Is It Effective?. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 54(1), 170–180. Doi: <http://dx.doi.org/10.23887/jpp.v54i1>
- Putri, R. I. I. & Zulkardi. (2020). Designing PISA – LIKE Mathematics Task Using Asian Games Context. *Journal on Mathematics Education*, 11(1), 135–144. Doi: <https://jme.ejournal.unsri.ac.id/index.php/jme/article/view/3813>
- Rostika, D., Prihantini, Komariah, & AM M. A. (2025). Mobile Diagnostic Assessment for Deepening Conceptual Mastery of LCM and GCD in Elementary Mathematics. *Journal of Education Research and Evaluation*, 9(4), 786–796. Doi: <https://dx.doi.org/10.23887/jere.v9i4.103774>
- Suarsana, I. M. Suryadi, D., Nurlaelah, E., Jupri, A. & Pacis, E. R. (2024). Didactic Transposition of Straight-Line Equations: from Scholarly Knowledge to Knowledge to be Taught. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 287–308. Doi: <https://doi.org/10.31980/plusminus.v4i2.1528>
- Suryawan, I. P. P., Jana, P., Pujawan, I. G. N., Hartawan, I. G. N. Y. & Putri, P. E. W. (2023). Ethnomathematically Controversial Problem-Based Multimodal Approach in Terms of Students' Critical Thinking Ability. *Pagem Journal of Education and Instruction*, 13(3), 323–336. Doi: 10.47750/pegegog.13.03.33
- Tania, D. P., Sulistyaningsih, D. & Purnomo, E. A. (2026). Pengembangan dan Validasi Media *Ethnologic* Bermuatan Etnomatematika Makanan Khas Blora Materi SPLDV Kelas VIII. *Wahana Matematika dan Sains : Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*, 20(1), 152–168. Doi: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPM>
- Turmuzi, M., Suharta, I. G. P., & Suparta, I. N. (2023). Ethnomathematical research in mathematics education journals in Indonesia: A case study of data design and analysis . *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(1), 1305–8223. Doi: <https://doi.org/10.29333/ejmste/12836>
- Turmuzi, M., Suharta, I. G. P., Suharta, I. G. P., Astawa, I. W. P. & Suparta, I. N. (2024). Misconceptions of Mathematics in Higher Education Universities When Learning With Google Classroom Based on Learning Styles and Gender Differences. *Journal of Technology and Science Education*, 14(1), 200–223. Doi: <https://doi.org/10.3926/jotse.2482>
- Wahyuningsih, S., Rizaldi, D.R., Sartika, D., Sripatmi, N., & Fatimah, Z. (2024). Analisis *Epistemological Obstacle* Berdasarkan Kesalahan Menyelesaikan Soal Matematika Materi Eksponen dan Logaritma Siswa MA Plus Nurul Islam Sekarbela. *Action Research Journal*, 1(4), 248 – 262. Doi : <https://doi.org/10.63987/arj.v1i4.154>
- Wulandari, N.P.R., Dantes, N. & Antara, P. A. (2020). Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Berbasis *Open Ended* Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 4(2), 131–142. Doi: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JISD/index>
- Yohani, Y., Nurmaningsih & Irvandi, W. (2024). Analisis Hambatan Epistemologi Siswa dalam Materi Persamaan Eksponen Di Kelas X SMA Borneo Bengkayang. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 2620–6447. Doi: <https://doi.org/10.31537/laplace.v7i1.1782>