Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif
Volume 9, No. 3, Mei 2026

ISSN 2614-221X (print)
ISSN 2614-2155 (online)

DOI 10.22460/jpmi.v9i3.31440

PENALARAN DAN KOMUNIKASI MATEMATIS: TINJAUAN SISTEMATIS STRATEGI EFEKTIF DALAM MENGEMBANGKAN KOMPETENSI SISWA

Nur Fazria Adam*[1], Tedy Machmud[2], Majid[3]

[1,2,3] Universitas Negeri Gorontalo. Jl. Jenderal Sudirman, No.6, 96128, Gorontalo, Indonesia
[1] nurfazriaadam12@gmail.com*, [2] tedy_m@ung.ac.id, [3]majid69@ung.ac.id

ARTICLE INFO

Article History
Received Mar 12, 2026
Revised Apr 29, 2026
Accepted May 15, 2026

Keywords:
Mathematical reasoning;
Communication skills;
Teaching strategies;
Student engagement;
Realistic Mathematics Education

ABSTRACT

Mathematical reasoning and communication are essential competencies for students. This systematic review examines teaching strategies and methods that effectively enhance these competencies. This study employed a Systematic Literature Review method following the PRISMA 2020 guidelines. Data were collected from the Scopus database using the keywords "Communication AND Mathematics AND Education AND Indonesia" for publications from 2016 to 2026. Of the 52 articles, 9 articles that met the inclusion criteria. This review highlights how traditional instructional approaches have evolved toward a greater emphasis on conceptual understanding and problem-solving. The main strategies discussed include Realistic Mathematics Education, Inquiry-Based Learning, collaborative learning, and technology integration. The review also explores the role of student engagement, demonstrating that active participation and intellectual involvement are key factors in developing these competencies. The findings indicate that contextual, interactive, and cognitively supported instruction is the most effective approach for fostering these competencies. The integration of reasoning and communication as interdependent competencies further emphasizes the importance of an integrated instructional approach.

Penalaran matematika dan komunikasi merupakan kompetensi penting. Tinjauan sistematis ini mengkaji strategi dan metode pengajaran yang efektif meningkatkan kompetensi tersebut. Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review dengan pedoman PRISMA 2020. Data diperoleh dari basis data Scopus dengan kata kunci "Communication AND Mathematics AND Education AND Indonesia" pada publikasi tahun 2016–2026. Dari 52 artikel, 9 artikel memenuhi kriteria inklusi. Tinjauan ini menyoroti bagaimana metode tradisional telah berkembang, dengan lebih berfokus pada pemahaman konseptual dan pemecahan masalah. Strategi utama yang dibahas meliputi Pendidikan Matematika Realistis, Pembelajaran Berbasis Penyelidikan, pembelajaran kolaboratif, dan integrasi teknologi. Tinjauan ini juga mengeksplorasi keterlibatan siswa, bahwa partisipasi aktif dan keterlibatan intelektual merupakan kunci pengembangan keterampilan ini. Temuan menunjukkan bahwa pengajaran yang kontekstual, interaktif, dan didukung secara kognitif paling efektif dalam mengembangkan kompetensi ini. Integrasi keduanya sebagai kompetensi yang saling bergantung semakin menekankan pentingnya pendekatan pengajaran terintegrasi.

Corresponding Author:
Nur Fazria Adam,
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
nurfazriaadam12@gmail.com

This is an open access article under the *CC BY-SA* license

How to cite:

Adam, N. F., Machmud, T., & Majid, M. (2026). Penalaran dan komunikasi matematis: Tinjauan sistematis strategi efektif dalam mengembangkan kompetensi siswa. *JPMI – Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, *9*(3), 697-718.

PENDAHULUAN

Keterampilan penalaran dan komunikasi matematis merupakan hal yang mendasar bagi pemahaman siswa terhadap matematika serta kemampuan mereka dalam memecahkan masalah kompleks secara efektif Penalaran dalam matematika melibatkan kemampuan membuat hubungan logis antarkonsep, membentuk dan menguji dugaan, serta memberikan alasan atau pembenaran terhadap solusi. Penalaran matematis mencakup proses mengembangkan klaim matematis melalui kegiatan membuat konjektur, memvalidasi, dan membuktikan suatu pernyataan matematika (Valenta, Rø, & Klock, 2024). Sementara itu, komunikasi memungkinkan siswa untuk mengungkapkan penalaran mereka dan menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan suatu masalah. Kompetensi ini penting tidak hanya untuk keberhasilan akademik, tetapi juga untuk penerapan dalam kehidupan nyata, seperti dalam pengambilan keputusan berbasis data, pengelolaan keuangan pribadi, perencanaan anggaran, serta penyampaian informasi kuantitatif secara jelas kepada orang lain. Dalam konteks tersebut, kemampuan pemecahan masalah dan komunikasi yang efektif menjadi sangat dibutuhkan. Namun, banyak siswa menghadapi tantangan besar dalam mengembangkan kompetensi tersebut. Salah satu hambatan utama adalah sifat konsep matematika yang abstrak, sehingga menyulitkan siswa untuk membentuk hubungan yang runtut dan logis antaride (Munawwaroh et al., 2024). Cara pembelajaran matematika yang sering terfragmentasi, yaitu konsep-konsep diperkenalkan secara terpisah dan tidak sebagai bagian dari kerangka yang saling terhubung, semakin memperburuk masalah ini dan menghambat kemampuan siswa dalam bernalar secara efektif karena menyebabkan siswa kesulitan membangun hubungan yang bermakna antar konsep matematika (Kholid et al., 2021).

Komunikasi ide-ide matematis juga menjadi tantangan penting lainnya. Komunikasi matematis tidak hanya berkaitan dengan melakukan perhitungan, tetapi juga menuntut siswa untuk mampu mengungkapkan penalaran dan langkah-langkah pemecahan masalah secara jelas. Kemampuan ini mencakup penyampaian ide, penjelasan prosedur penyelesaian, serta penyusunan argumen matematis yang logis dan sistematis (Loviana & Yunarti, 2024). Sayangnya, banyak siswa mengalami kesulitan dalam mengartikulasikan pemikiran matematis mereka, sering kali karena keterbatasan dalam mengomunikasikan ide, menjelaskan prosedur penyelesaian, dan menyusun argumen matematis secara jelas dan terstruktur (Loviana & Yunarti, 2024). Kurangnya kemampuan komunikasi matematis dapat menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam membenarkan solusi, menjelaskan penalaran, serta menyampaikan ide matematika secara logis dan sistematis, yang penting dalam penilaian akademik maupun pemecahan masalah di kehidupan nyata. Selain itu, kesulitan dalam menggunakan simbol, notasi, dan representasi matematika secara tepat turut menghambat kemampuan siswa dalam mengomunikasikan solusi dengan jelas (Khusnudin & Bharata, 2022).

Selain tantangan kognitif dan komunikasi tersebut, keterlibatan siswa juga berperan penting dalam pengembangan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis. Keterlibatan dalam pembelajaran matematika dapat sangat memengaruhi sejauh mana siswa berpartisipasi dalam kegiatan yang mendukung pengembangan kompetensi tersebut. Kurangnya motivasi atau minat terhadap matematika dapat menghalangi siswa untuk terlibat secara penuh dalam proses pembelajaran, sehingga mereka kehilangan kesempatan untuk mengembangkan kemampuan penalaran dan komunikasi matematis secara optimal (Nurdiyana & Pramuditya, 2025). Selain itu, seiring dengan meningkatnya jenjang pendidikan, keterlibatan siswa dalam matematika sering kali menurun, yang menyebabkan semakin berkurangnya partisipasi dalam aktivitas pemecahan masalah, diskusi, dan pembelajaran kolaboratif (Cevikbas & Kaiser, 2022). Penurunan keterlibatan ini sangat terlihat pada siswa dari latar belakang yang beragam, seperti

mereka yang menghadapi hambatan bahasa atau kurang memiliki pengalaman awal terhadap ide-ide matematika tertentu, sehingga semakin memperbesar tantangan dalam mengembangkan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis (Lenz et al., 2024).

Strategi pendidikan telah berkembang seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap pentingnya penalaran dan komunikasi matematis. Pembelajaran matematika tradisional, yang sering menekankan keterampilan prosedural dan hafalan, mulai dilengkapi dengan pendekatan yang lebih modern yang berfokus pada pengembangan pemahaman konseptual yang lebih mendalam dan kemampuan pemecahan masalah. *Inquiry-Based Learning* (IBL) atau pembelajaran berbasis inkuiri merupakan salah satu strategi yang menunjukkan potensi dalam meningkatkan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis karena mendorong siswa untuk menyelidiki masalah, mengajukan dugaan, membangun argumen, serta mengomunikasikan hasil pemikirannya melalui proses diskusi dan refleksi (Erviana et al., 2025). Dengan melibatkan siswa dalam tugas pemecahan masalah yang menuntut mereka untuk menalar solusi dan mengomunikasikan proses berpikir secara jelas, Inquiry-Based Learning (IBL) menciptakan lingkungan belajar di mana siswa secara aktif membangun pemahaman mereka terhadap konsep matematika melalui proses penyelidikan, eksplorasi, dan penemuan yang terarah (Nurtamam et al., 2024). Pendekatan ini tidak hanya memperdalam pemahaman matematika siswa, tetapi juga meningkatkan keterampilan komunikasi mereka ketika menjelaskan penalaran kepada teman sebaya dan guru.

Pembelajaran kolaboratif juga muncul sebagai strategi yang efektif untuk mengembangkan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis. Dalam pembelajaran kolaboratif, siswa bekerja sama untuk memecahkan masalah, menjelaskan penalaran, serta mengevaluasi dan mengkritisi solusi satu sama lain melalui proses diskusi dan negosiasi ide matematis secara bersama-sama (Hansen, 2022). Penelitian menunjukkan bahwa kolaborasi memungkinkan siswa memperbaiki penalaran matematis mereka melalui paparan terhadap berbagai strategi dan sudut pandang, sekaligus memperkuat kemampuan mereka dalam mengomunikasikan ide secara efektif (Hansen, 2022). Integrasi teknologi juga semakin memperkuat strategi ini dengan menyediakan lingkungan belajar digital yang interaktif dan kolaboratif, sehingga memfasilitasi eksplorasi konsep, diskusi, serta komunikasi ide-ide matematika secara real-time (Ubben et al., 2023).

Pentingnya penalaran dan komunikasi dalam pendidikan matematika juga telah mendorong perubahan dalam praktik penilaian. Penilaian kontemporer semakin menuntut siswa untuk tidak hanya menyelesaikan soal, tetapi juga menjelaskan penalaran dan memberikan pembenaran terhadap solusi mereka. Pendekatan ini memastikan bahwa siswa mengembangkan pemahaman yang mendalam terhadap konsep matematika, bukan sekadar menghafal algoritma dan prosedur (Stein et al., 2008). Penekanan pada penalaran dan komunikasi dalam penilaian mencerminkan tujuan pendidikan yang lebih luas, yaitu mempersiapkan siswa untuk menghadapi pemecahan masalah di dunia nyata, di mana kemampuan bernalar secara logis dan berkomunikasi secara efektif sangat penting. Seiring berkembangnya strategi pembelajaran, integrasi penalaran dan komunikasi ke dalam kurikulum matematika menjadi bagian penting dalam membentuk peserta didik yang utuh dan kompeten. Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang umumnya mengkaji efektivitas satu pendekatan tertentu, seperti RME, pembelajaran kolaboratif, atau teknologi secara terpisah, penelitian ini menyajikan sintesis sistematis yang mengintegrasikan berbagai strategi pembelajaran tersebut dalam satu kerangka analisis. Selain itu, kajian ini tidak hanya menelaah pengembangan penalaran atau komunikasi matematis secara terpisah, tetapi juga menempatkan keduanya sebagai kompetensi yang saling berkaitan serta menganalisis peran keterlibatan siswa sebagai faktor yang memediasi keberhasilan

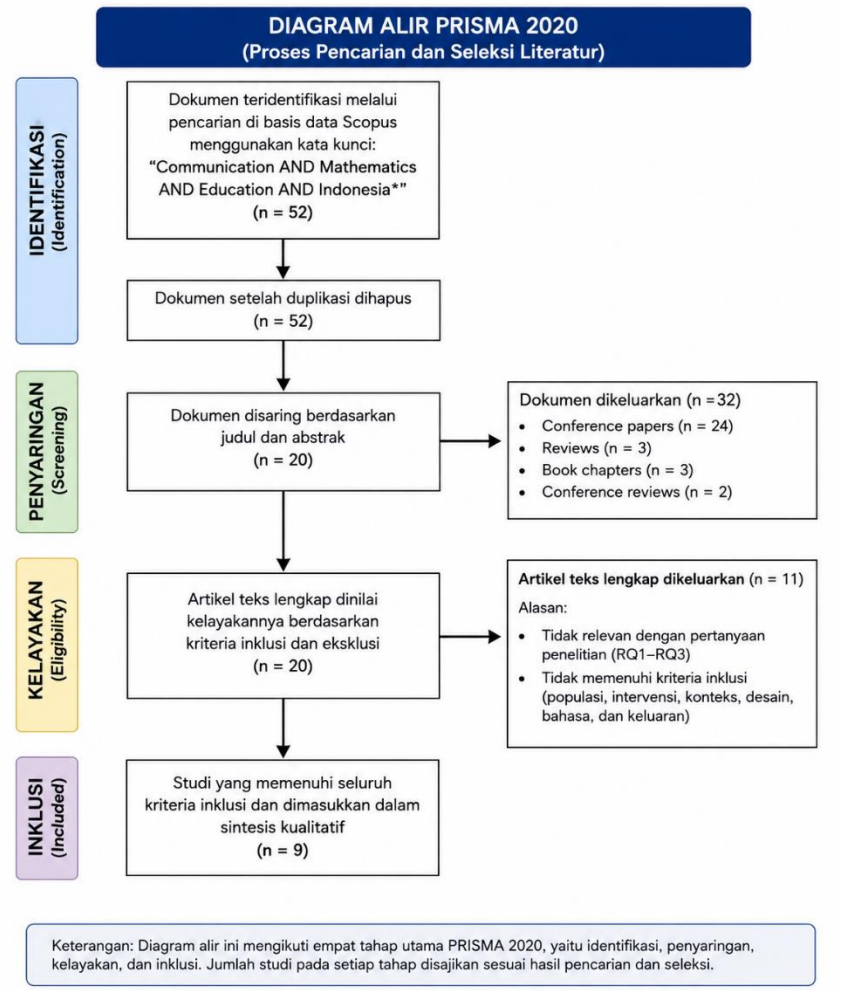
pengembangannya. Dengan demikian, penelitian ini memberikan perspektif yang lebih komprehensif mengenai strategi pembelajaran yang efektif untuk mengembangkan penalaran dan komunikasi matematis secara terpadu.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas pengembangan penalaran dan komunikasi matematis, temuan yang tersedia masih tersebar pada berbagai pendekatan pembelajaran dan belum memberikan gambaran yang komprehensif mengenai strategi yang efektif untuk mengembangkan kedua kompetensi tersebut. Selain itu, perkembangan strategi pembelajaran matematika dan tuntutan keterampilan abad ke-21 menegaskan perlunya sintesis bukti empiris yang dapat menjadi dasar dalam merancang pembelajaran yang lebih efektif. Oleh karena itu, tinjauan pustaka sistematis ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi strategi pembelajaran yang paling efektif dalam meningkatkan keterampilan penalaran matematis siswa, (2) menganalisis pengaruh berbagai metode pembelajaran terhadap keterampilan komunikasi matematis siswa, dan (3) mengeksplorasi peran keterlibatan siswa dalam pengembangan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis.
RQ1: Apa strategi yang paling efektif untuk meningkatkan keterampilan penalaran matematis siswa?
RQ2: Bagaimana berbagai strategi pembelajaran memengaruhi keterampilan komunikasi matematis siswa?
RQ3: Apa peran keterlibatan siswa dalam pengembangan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis?

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020. Metode PRISMA dipilih karena menyediakan prosedur yang sistematis dan transparan dalam mengidentifikasi, menyaring, mengevaluasi, dan memilih artikel yang relevan dengan tujuan penelitian. Penggunaan PRISMA memungkinkan proses seleksi literatur dilakukan secara terstruktur sehingga mendukung sintesis bukti yang valid untuk menjawab pertanyaan penelitian.

Dalam penelitian ini, PRISMA digunakan untuk mengidentifikasi strategi pembelajaran yang efektif dalam mengembangkan penalaran matematis, menganalisis pengaruh berbagai metode pembelajaran terhadap komunikasi matematis, serta mengeksplorasi peran keterlibatan siswa dalam pengembangan kedua kompetensi tersebut. Melalui tahapan identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi, artikel yang memenuhi kriteria penelitian dipilih untuk dianalisis lebih lanjut. Diagram alur proses seleksi literatur berdasarkan tahapan PRISMA 2020 disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Prisma 2020

Strategi pencarian literatur dilakukan menggunakan kata kunci Boolean pada basis data Scopus, karena Scopus merupakan salah satu basis data internasional bereputasi yang memiliki cakupan jurnal yang luas, metadata yang lengkap, serta sering digunakan dalam penelitian tinjauan sistematis untuk memperoleh sumber yang berkualitas. Pencarian dibatasi pada publikasi tahun 2016–2026 untuk menggambarkan perkembangan penelitian terkini selama satu dekade terakhir mengenai penalaran dan komunikasi matematis. Proses pencarian dilakukan pada 30 Januari 2026 untuk memastikan bahwa seluruh publikasi yang tersedia hingga tanggal tersebut dapat teridentifikasi dan dianalisis secara sistematis. Kata kunci Boolean merupakan teknik temu kembali informasi yang menggunakan operator logika seperti "AND", "OR", dan "NOT" untuk mempersempit atau memperluas hasil pencarian. Operator "AND" digunakan untuk mencari hasil yang memuat kedua kata kunci yang ditentukan, sedangkan "OR" digunakan untuk mencari artikel yang memuat setidaknya salah satu dari kata kunci tersebut.

Sementara itu, operator "NOT" digunakan untuk mengecualikan kata kunci tertentu dari hasil pencarian, sehingga peneliti dapat menemukan sumber yang relevan dengan topik penelitian secara lebih tepat. Teknik ini sangat berguna dalam pencarian literatur dan data untuk mengoptimalkan relevansi serta efisiensi pencarian, karena memungkinkan peneliti mengombinasikan kata kunci secara sistematis sehingga hasil pencarian menjadi lebih terarah dan transparan (Scells et al., 2022). Dalam artikel ini, kata kunci yang digunakan untuk mencari literatur pada basis data SCOPUS adalah *Communication AND Mathematics AND Education AND Indonesia**, yang menghasilkan total 52 dokumen.

Berdasarkan 52 dokumen yang diperoleh menggunakan kata kunci Boolean di atas, penyaringan kemudian dilakukan berdasarkan jenis artikel. Artikel yang termasuk dalam kategori *conference papers* sebanyak 24 dokumen, *reviews* sebanyak 3 dokumen, *book chapters* sebanyak 3 dokumen, dan *conference reviews* sebanyak 2 dokumen dikeluarkan dari artikel yang akan dikaji. Sebanyak 20 dokumen dipilih untuk diproses lebih lanjut. Selanjutnya, 20 dokumen tersebut disaring kembali menggunakan kriteria penyaringan yang ditetapkan untuk memastikan relevansi artikel dengan tujuan penelitian dan kualitas data yang akan disintesis (Triandini et al., 2019).

Adapun kriteria pertama yaitu relevansi dengan pertanyaan penelitian. Studi harus secara langsung menjawab satu atau lebih pertanyaan penelitian berikut:
RQ1: Apa strategi yang paling efektif untuk meningkatkan keterampilan penalaran matematis siswa?
RQ2: Bagaimana berbagai strategi pembelajaran memengaruhi keterampilan komunikasi matematis siswa?
RQ3: Apa peran keterlibatan siswa dalam pengembangan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis?

Untuk kriteria populasi studi, Sebanyak 9 artikel melibatkan siswa dalam pendidikan formal (dasar, menengah, atau tinggi) dengan fokus pada pembelajaran matematika. Populasi studi harus mencakup siswa yang terlibat dalam pengembangan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis.

Untuk kriteria desain studi, Sebanyak 9 artikel merupakan studi empiris (kuantitatif, kualitatif, atau mixed methods) yang menyediakan data primer. Studi tersebut harus menyediakan data primer mengenai strategi, metode pembelajaran, atau faktor keterlibatan yang berkaitan dengan penalaran dan komunikasi matematis. Selanjutnya kriteria pada segi Intervensi atau Strategi, Sebanyak 9 artikel menggunakan intervensi, metode, atau strategi pembelajaran yang berkaitan dengan peningkatan penalaran, komunikasi, atau keterlibatan siswa dalam matematika.

Untuk kriteria ukuran Hasil Sebanyak 9 artikel memuat hasil yang jelas dan terukur terkait penalaran matematis, komunikasi matematis, dan/atau keterlibatan siswa. Adapun untuk kriteria Konteks Geografis, Sebanyak 9 artikel berada dalam konteks pendidikan yang relevan (terutama Indonesia dan konteks terkait) sesuai dengan tujuan penelitian.

Kriteria dalam segi Bahasa, Sebanyak 9 artikel diterbitkan dalam bahasa Inggris. Dan untuk kriteria Pengecualian Konteks Non-Pendidikan, Sebanyak 9 artikel tidak termasuk konteks non-pendidikan dan seluruhnya berfokus pada pendidikan matematika serta pengembangan penalaran dan komunikasi matematis. langsung menjawab satu atau lebih pertanyaan penelitian berikut:
RQ1: Apa strategi yang paling efektif untuk meningkatkan keterampilan penalaran matematis siswa?
RQ2: Bagaimana berbagai strategi pembelajaran memengaruhi keterampilan komunikasi matematis siswa?
RQ3: Apa peran keterlibatan siswa dalam pengembangan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis?

Selanjutnya kriteria populasi studi. Studi harus melibatkan siswa dalam lingkungan pendidikan formal, seperti pendidikan dasar, menengah, atau pendidikan tinggi, dengan fokus pada pendidikan matematika. Populasi studi harus mencakup siswa yang terlibat dalam

pengembangan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis. Sebanyak 9 artikel memenuhi kriteria ini.

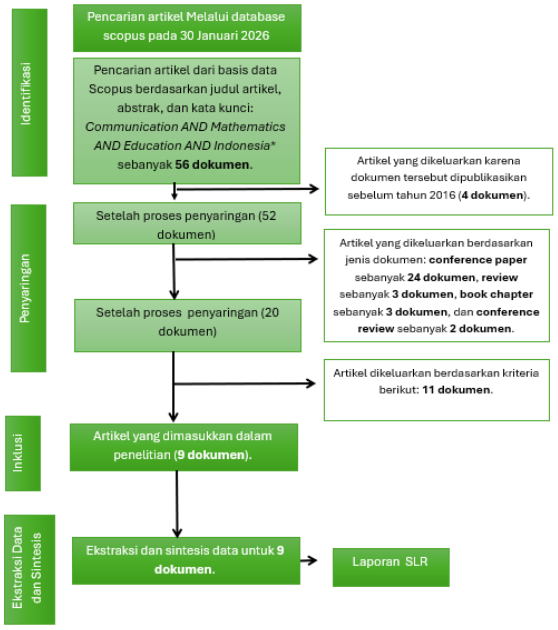
Untuk kriteria Desain Studi, Hanya studi empiris, termasuk penelitian kuantitatif, kualitatif, dan metode campuran, yang memenuhi syarat. Studi tersebut harus menyediakan data primer mengenai strategi, metode pembelajaran, atau faktor keterlibatan yang berkaitan dengan penalaran dan komunikasi matematis. Sebanyak 9 artikel memenuhi kriteria ini.

Untuk kriteria Intervensi atau Strategi, Studi harus melibatkan intervensi, metode pembelajaran, atau strategi tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan penalaran matematis, keterampilan komunikasi, atau keterlibatan siswa dalam pendidikan matematika. Sebanyak 9 artikel memenuhi kriteria ini. Untuk kriteria Ukuran Hasil, Studi harus memuat hasil yang jelas dan terukur terkait pengembangan keterampilan penalaran atau komunikasi matematis siswa, atau keterlibatan siswa dalam pembelajaran matematika. Sebanyak 9 artikel memenuhi kriteria ini.

Selanjutnya untuk Konteks Geografis, Studi yang dilakukan dalam konteks pendidikan yang relevan dengan pertanyaan penelitian, seperti studi yang berfokus pada wilayah atau negara tertentu, akan dimasukkan apabila memenuhi kriteria lainnya. Sebanyak **9 artikel** memenuhi kriteria ini.

Untuk kriteria Bahasa, Studi yang diterbitkan dalam bahasa Inggris akan dimasukkan dalam tinjauan ini. Sebanyak 9 artikel memenuhi kriteria ini. Untuk kriteria Pengecualian Konteks Non-Pendidikan Studi yang tidak berfokus pada pendidikan matematika atau pengembangan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis, seperti studi yang tidak berkaitan dengan lingkungan pendidikan formal, akan dikeluarkan. Dengan demikian, seluruh 9 artikel tidak termasuk dalam kategori pengecualian ini.

Berdasarkan hasil penyaringan tersebut, diperoleh 9 dokumen tersebut harus memenuhi seluruh kriteria inklusi secara bersamaan, bukan hanya 2–3 kriteria saja. Seluruh proses disajikan pada Gambar 2.

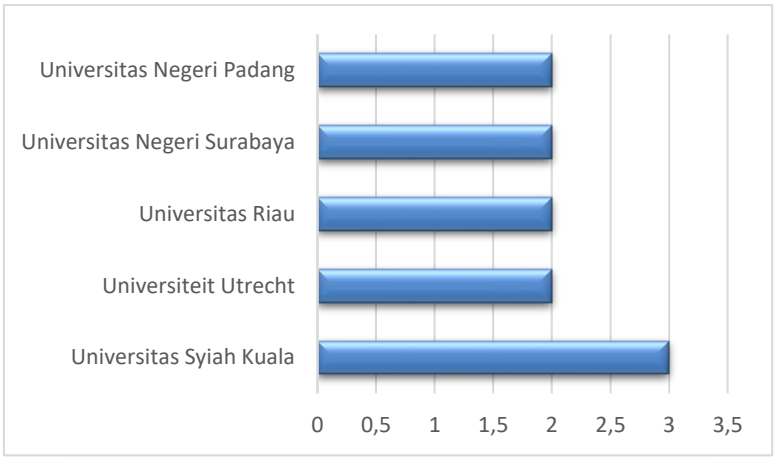


Gambar 2. Diagram Alir PRISMA Proses Pencarian dan Seleksi Literatur:

HASIL DAN PEMBAHASAN

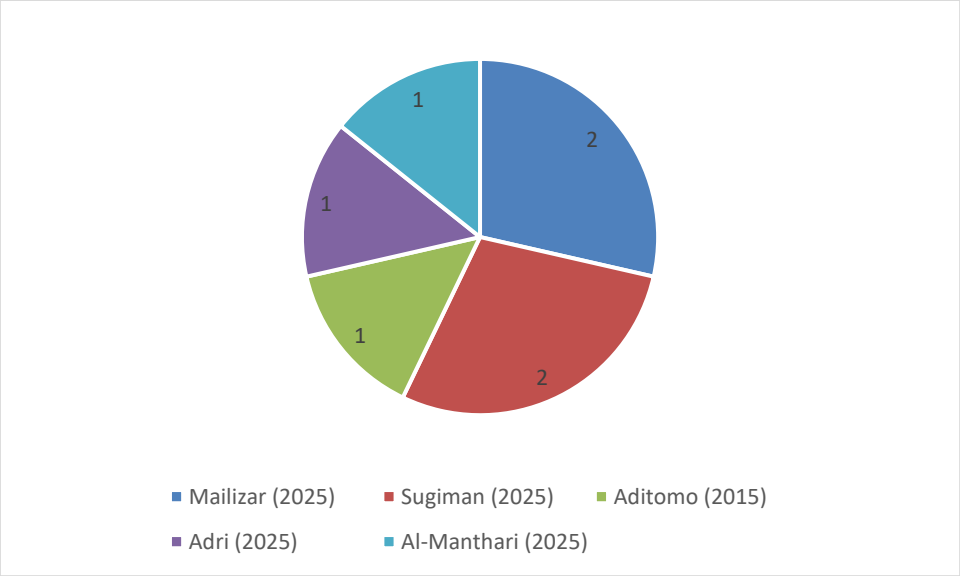
Hasil

Dari pencarian Scopus menghasilkan total 9 dokumen yang berkaitan dengan pendidikan matematika dan komunikasi matematis di Indonesia, dengan kontribusi dari 8 institusi. Universitas Syiah Kuala di Banda Aceh menjadi afiliasi yang paling menonjol karena terlibat dalam 3 dokumen dari keseluruhan dokumen tersebut. Selanjutnya, Universiteit Utrecht di Belanda, Universitas Riau, Universitas Negeri Surabaya, dan Universitas Negeri Padang masing-masing berkontribusi dalam 2 dokumen terafiliasi. Sementara itu, 32 afiliasi lainnya yang tercantum, yang terdiri atas beragam institusi dalam negeri maupun internasional seperti Flinders University di Australia, Beijing Normal University di China, dan Universiti Sains Malaysia, masing-masing terlibat dalam 1 dokumen.



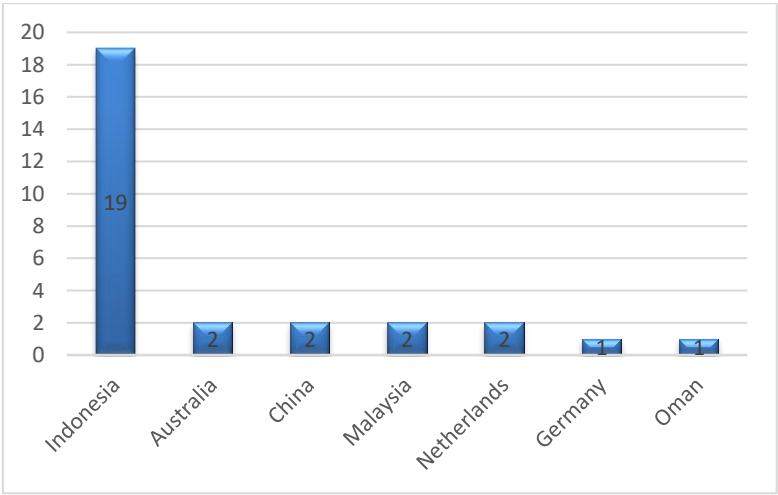
Gambar 3. Jumlah Dokumen Berdasarkan Afiliasi

Kueri Scopus yang menyaring artikel berbahasa Inggris tentang komunikasi, pendidikan matematika, dan Indonesia yang diterbitkan antara tahun 2016 hingga 2026 menghasilkan total 10 dokumen. Analisis kepenulisan menunjukkan bahwa publikasi tersebut tersebar luas di antara banyak peneliti, dengan banyak penulis-penulis artikel dalam dataset Scopus hanya berkontribusi pada satu artikel. Mailizar dan Sugiman (2025) merupakan kontributor tertinggi dalam dataset khusus ini, dengan masing-masing menulis dua dokumen. Sementara itu, penulis lainnya yang tercantum, sebanyak 71 individu seperti Aditomo (2015), Zulkardi (2020; 2023; 2026), dan Lowrie (2018), masing-masing berkontribusi tepat pada satu dokumen dalam kumpulan hasil tersebut. Perhatikan Gambar 3 berikut yang menampilkan jumlah dokumen berdasarkan penulis.



Gambar 4. Jumlah Dokumen Berdasarkan Penulis

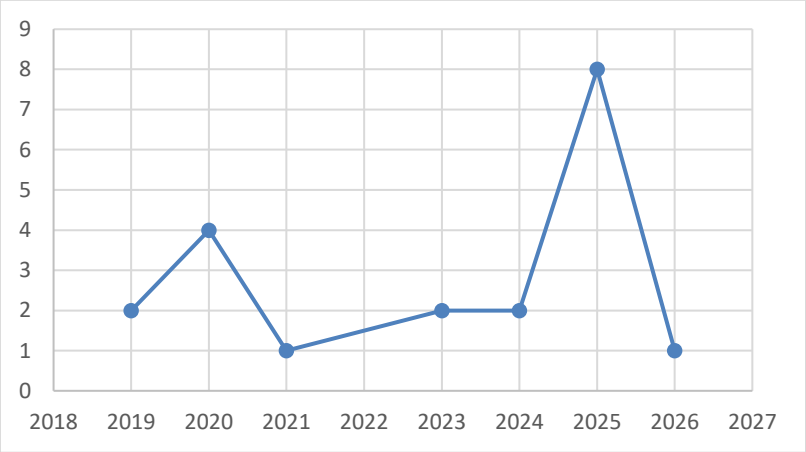
Analisis terhadap hasil kueri Scopus untuk artikel berbahasa Inggris yang berkaitan dengan komunikasi, pendidikan matematika, dan Indonesia, yang diterbitkan antara tahun 2016 hingga 2026, menunjukkan bagaimana 10 dokumen yang dihasilkan tersebar secara geografis. Sebaran ini umumnya dilihat pada tingkat negara sebagai bentuk utama, dan dapat diperluas ke tingkat wilayah (regional) maupun institusi untuk analisis yang lebih rinci. Indonesia muncul sebagai kontributor paling dominan dengan selisih yang cukup besar, karena terhubung dengan 19 afiliasi dokumen. Dataset ini juga menunjukkan adanya partisipasi internasional, dengan Australia, China, Malaysia, dan Belanda masing-masing berkontribusi pada 2 dokumen. Selanjutnya, Jerman dan Oman memiliki representasi paling rendah, dengan masing-masing negara terkait tepat dengan 1 dokumen dalam kumpulan data ini. Gambar 4 berikut menyajikan distribusi jumlah dokumen berdasarkan negara, yang menunjukkan adanya partisipasi internasional dengan variasi kontribusi di setiap negara.



Gambar 5. Jumlah Dokumen Berdasarkan Negara

Analisis terhadap hasil kueri Scopus untuk artikel berbahasa Inggris yang berkaitan dengan komunikasi, pendidikan matematika, dan Indonesia antara tahun 2016 hingga 2026 menunjukkan adanya tren jumlah publikasi yang berfluktuasi dari waktu ke waktu. Tahun 2025 menjadi tahun dengan hasil penelitian tertinggi, yaitu sebanyak 8 dokumen, diikuti oleh tahun

2020 dengan 4 dokumen. Tahun 2019, 2023, dan 2024 menunjukkan aktivitas publikasi yang sedang dalam dataset ini, dengan masing-masing menyumbang tepat 2 dokumen. Sebaliknya, jumlah publikasi terendah selama periode tersebut terjadi pada tahun 2021 dan 2026, dengan masing-masing tahun hanya mencatat 1 dokumen. Gambar 5 menunjukkan distribusi jumlah dokumen berdasarkan tahun publikasi.



Gambar 6. Jumlah Dokumen Berdasarkan Tahun

RQ1: Apa strategi yang paling efektif untuk meningkatkan keterampilan penalaran matematis siswa? Aktivitas matematika yang bermakna adalah kegiatan belajar yang melibatkan siswa dalam pemecahan masalah kontekstual, diskusi, dan penjelasan alasan, sehingga mereka memahami konsep matematika secara mendalam, bukan sekadar menghafal prosedur. Bukti paling jelas berasal dari studi berbasis Realistic Mathematics Education (RME), di mana masalah kontekstual disajikan dalam situasi nyata yang dekat dengan pengalaman siswa dan kemudian dimodelkan ke dalam bentuk matematika. Selanjutnya, matematisasi progresif terjadi ketika siswa secara bertahap mengubah strategi informal menjadi representasi dan konsep matematika yang lebih formal, sehingga pemahaman dibangun secara bertahap melalui proses modelisasi (Van den Heuvel-Panhuizen & Drijvers, 2020).

Hidayah (2025) menunjukkan bahwa penalaran siswa sekolah dasar kelas 6 menjadi terlihat ketika mereka diminta menyelesaikan masalah non-rutin dan menjelaskan alur penyelesaiannya. Hal ini menunjukkan bahwa penalaran berkembang melalui keterlibatan siswa dalam tugas-tugas yang menantang, bukan melalui latihan rutin. Temuan ini diperkuat oleh Nursyahidah et al. (2025) yang menunjukkan bahwa lintasan pembelajaran *techno-ethno-RME* menghubungkan konteks budaya lokal, teknologi, dan tugas numerasi, sehingga memungkinkan calon guru membuat hubungan yang bermakna antara situasi sehari-hari dan penalaran matematis formal. Konteks budaya lokal merujuk pada situasi matematika yang diambil dari kehidupan sehari-hari masyarakat, seperti aktivitas pasar, pola batik, atau sistem pembagian hasil panen yang mengandung unsur matematis. Teknologi digunakan sebagai alat bantu seperti aplikasi atau media digital interaktif untuk memvisualisasikan konsep dan membantu siswa memahami ide matematika secara lebih konkret.

Sementara itu, tugas numerasi berupa aktivitas yang menuntut penggunaan kemampuan hitung dan penalaran dalam konteks nyata, seperti mengolah data sederhana atau menyelesaikan perhitungan dalam situasi kehidupan sehari-hari. Ketiga unsur ini memungkinkan calon guru membangun hubungan yang lebih bermakna antara pengalaman sehari-hari dan penalaran matematis formal. Dalam peta literatur RME yang lebih luas, pembelajaran kontekstual dan lintasan pembelajaran juga muncul sebagai tema dominan, yang menunjukkan bahwa

pengembangan penalaran sangat berkaitan dengan desain pembelajaran yang membuat matematika bermakna secara pengalaman (Muryaningsih et al., 2026).

Pola kedua menunjukkan bahwa pedagogi yang integratif dan berorientasi desain yang menekankan pembelajaran berbasis perancangan, perbaikan berulang, serta keterlibatan aktif siswa dalam merancang dan mengevaluasi solusi tampak sangat efektif ketika penalaran diperlakukan sebagai bagian dari kompetensi berpikir tingkat tinggi yang lebih luas. Pembelajaran proyek berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) serta *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) hibrida tidak memisahkan penalaran sebagai satu konstruk tunggal, tetapi keduanya secara konsisten meningkatkan dimensi yang berkaitan erat, seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan pemahaman konseptual. Atmojo et al. (2025) melaporkan bahwa STEM hibrida secara signifikan meningkatkan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan karakter, sedangkan Rahim et al. (2025) menemukan bahwa *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis STEAM memperkuat pemecahan masalah, inovasi desain, dan kompetensi teknis, sekaligus komunikasi dan kerja sama tim.

Meskipun studi-studi ini tidak secara khusus dibingkai sebagai studi tentang penalaran, hasilnya menunjukkan bahwa penalaran matematis paling baik dikembangkan dalam lingkungan di mana siswa menyelidiki, merancang, membenarkan, dan merevisi solusi. Dengan kata lain, penalaran berkembang dengan baik ketika siswa mengerjakan tugas autentik yang menuntut interpretasi, pengambilan keputusan, dan penyempurnaan secara berulang, yaitu tugas yang menyerupai permasalahan nyata sehingga siswa perlu memahami konteks, memilih strategi yang tepat, dan menyesuaikan solusi berdasarkan kondisi yang diberikan.Pada saat yang sama, bukti menunjukkan bahwa strategi yang efektif harus memperhatikan kendala kognitif yang dapat menghambat kinerja penalaran. Ruslimin et al. (2025) menunjukkan bahwa siswa dengan kapasitas memori kerja yang rendah mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi informasi yang diketahui dan ditanyakan, menggunakan mediator visual seperti memakai gambar diagram grafik atau tabel, menerapkan rumus secara tepat, serta menarik kesimpulan.

Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang berorientasi pada penalaran tidak hanya perlu meningkatkan kompleksitas tugas, tetapi juga perlu menyediakan bantuan terstruktur seperti pertanyaan pemandu, representasi, dan panduan bertahap. Jika temuan ini dikaitkan dengan Siswantari et al. (2025), yang mengidentifikasi bimbingan sebagai salah satu prinsip penting RME dalam mendukung pengembangan kompetensi, maka dapat disimpulkan secara lebih rinci bahwa strategi penalaran yang paling efektif bukan hanya bersifat kontekstual dan berbasis inkuiri, tetapi juga disusun dengan dukungan atau scaffolding yang cermat berupa arahan bertahap petunjuk pertanyaan pemandu contoh parsial dan umpan balik untuk membantu proses kognitif siswa selama pemecahan masalah matematika. Ringkasan berbagai strategi efektif untuk meningkatkan keterampilan penalaran matematis siswa berdasarkan hasil kajian literatur disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Strategi Efektif untuk Meningkatkan Keterampilan Penalaran Matematis Siswa (RQ1)

Tema Strategi	Ciri Pembelajaran Dominan	Hasil Terkait Penalaran yang Dilaporkan	Jenjang/ Konteks Pendidikan	Metode/Desain	Referens
Realistic Mathematics Education	Masalah kontekstual, matematisasi terbimbing, tugas non-rutin	Alur penalaran yang lebih kuat, analisis logis, pengembangan pemecahan masalah	Sekolah dasar	Studi eksperimen berbasis kelas	(Hidayah, 2025)
Lintasan pembelajaran *Techno-ethno-RME*	Konteks budaya, integrasi teknologi, lintasan pembelajaran bertahap	Peningkatan penalaran matematis sehari-hari dan kelancaran numerasi	Calon guru matematika	Penelitian desain	(Nursyahidah et al,. 2025)
Pembelajaran berbasis proyek STEAM	Proyek desain, tugas autentik, kolaborasi	Peningkatan pemecahan masalah, inovasi, dan kompetensi berpikir tingkat tinggi	Pendidikan tinggi/vokasional	R&D dengan uji lapangan	(Rahim et al,. 2025)
Dukungan *scaffolding* untuk keterbatasan kognitif	Kata kunci, mediator visual, narasi pendukung, rutinitas	Menunjukkan perlunya *scaffold* eksplisit dalam proses penalaran	Kalkulus tingkat sarjana	Studi deskriptif kualitatif	(Ruslimin et al., 2025)
Sintesis tren RME	Pembelajaran kontekstual, lintasan pembelajaran, perubahan berbasis bukti	Mengidentifikasi penalaran kontekstual sebagai tema penelitian kontemporer yang dominan	Korpus bibliometrik	Analisis bibliometrik	(Muryaningsih et al., 2026)

Berdasarkan Tabel 1, strategi yang efektif dalam meningkatkan kompetensi penalaran matematis siswa didominasi oleh pendekatan yang menekankan konteks nyata, aktivitas pemecahan masalah, dan keterlibatan aktif siswa. Realistic Mathematics Education (RME) dan techno-ethno-RME menunjukkan bahwa penggunaan masalah kontekstual, budaya lokal, dan teknologi dapat memperkuat penalaran serta numerasi siswa. Selain itu, pembelajaran berbasis proyek STEAM terbukti mendukung kemampuan pemecahan masalah, inovasi, dan berpikir tingkat tinggi melalui tugas autentik dan kolaboratif. Temuan lain menunjukkan bahwa

dukungan scaffolding seperti penggunaan kata kunci, mediator visual, dan narasi pendukung penting untuk membantu siswa mengatasi keterbatasan kognitif dalam proses penalaran. Secara lebih luas, hasil analisis bibliometrik juga menegaskan bahwa penalaran kontekstual merupakan salah satu tema yang paling dominan dalam penelitian pendidikan matematika kontemporer.

RQ2: Bagaimana berbagai metode pembelajaran memengaruhi keterampilan komunikasi matematis siswa? Studi-studi yang dikaji menunjukkan bahwa komunikasi matematis meningkat secara paling konsisten ketika metode pembelajaran menuntut siswa untuk mengungkapkan, menafsirkan, dan menegosiasikan ide-ide matematika dalam konteks bersama. *Realistic Mathematics Education* (RME) tampak sangat berpengaruh dalam hal ini. Siswantari et al. (2025) menunjukkan bahwa enam prinsip RME, yaitu realitas, level, keterkaitan, aktivitas, interaktivitas, dan bimbingan, mendukung komunikasi dengan cara yang berbeda tetapi saling melengkapi. Konteks yang bermakna membantu siswa menghubungkan bahasa dengan situasi matematis, interaktivitas menciptakan ruang untuk dialog dan penjelasan, sedangkan bimbingan mendukung peralihan dari ungkapan informal menuju wacana matematis yang lebih formal.

Temuan ini sejalan dengan Muryaningsih et al. (2026), yang melalui pemetaan bibliometrik mengidentifikasi komunikasi matematis sebagai salah satu kompetensi yang semakin dibutuhkan dalam mengkaji RME terkini. Secara keseluruhan, studi-studi ini menunjukkan bahwa komunikasi diperkuat bukan melalui latihan berbicara atau menulis yang terpisah, melainkan melalui pedagogi yang koheren dan menempatkan diskursus di dalam proses pemecahan masalah yang terstruktur dan saling terhubung sehingga siswa aktif berdiskusi menjelaskan ide serta menegosiasikan makna matematika selama kegiatan pemecahan masalah berlangsung.

Problem-Based Learning (PBL) juga tampak efektif, khususnya ketika komunikasi matematis dikaitkan dengan konteks sosial yang bermakna yaitu situasi pembelajaran yang menghubungkan materi matematika dengan isu atau permasalahan nyata dalam kehidupan sosial siswa sehingga mereka dapat mendiskusikan memahami dan memecahkan masalah yang relevan dengan lingkungan sekitarnya. Nurniqta et al. (2025) menemukan bahwa PBL yang ditempatkan dalam konteks sedekah secara signifikan meningkatkan keterampilan komunikasi matematis siswa dan kesadaran mereka terhadap pengentasan kemiskinan. Studi ini penting karena menunjukkan bahwa komunikasi berkembang lebih kuat ketika siswa harus mendiskusikan matematika dalam kaitannya dengan isu etis atau sosial yang konkret, bukan hanya sebagai latihan simbolik yang abstrak yaitu penggunaan simbol dan rumus tanpa konteks nyata sehingga sulit dipahami maknanya.

Demikian pula, Rahim et al. (2025) melaporkan bahwa PjBL berbasis STEAM meningkatkan komunikasi, kerja sama tim, dan manajemen proyek. Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan komunikasi berkembang ketika siswa diharapkan untuk mempresentasikan, membenarkan, dan mengoordinasikan ide-ide selama kerja kolaboratif. Temuan-temuan ini mengimplikasikan bahwa metode pembelajaran yang berorientasi pada komunikasi paling efektif ketika menggabungkan inkuiri, relevansi kontekstual, dan pembentukan makna secara kolektif.

Pendekatan berbasis teknologi dan hibrida juga membentuk komunikasi, tetapi efektivitasnya bergantung pada kualitas interaksi sosial yang dihasilkan. Johar et al. (2020) menemukan bahwa kehadiran sosial merupakan faktor eksternal yang paling signifikan dalam memengaruhi sikap siswa terhadap penggunaan konferensi video untuk pembelajaran matematika. Hal ini menegaskan bahwa teknologi saja tidak secara otomatis meningkatkan komunikasi; siswa memperoleh manfaat ketika lingkungan digital mampu mempertahankan koneksi,

responsivitas, dan partisipasi. Pola yang serupa tampak dalam Atmojo et al. (2025), di mana pembelajaran STEM hibrida yaitu integrasi Science Technology Engineering and Mathematics melalui kegiatan proyek dan pemecahan masalah nyata secara kolaboratif dengan pemanfaatan teknologi serta penerapan konsep matematika dalam konteks praktis meningkatkan komunikasi bersama dengan kolaborasi dan keterlibatan aktif.

Studi-studi ini menunjukkan bahwa metode pembelajaran memengaruhi komunikasi matematis melalui dua mekanisme yang saling berkaitan, yaitu menciptakan kesempatan bagi siswa untuk mengartikulasikan makna matematis dan membangun kondisi sosial di mana artikulasi tersebut dihargai serta didukung. Oleh karena itu, metode yang dialogis, kontekstual, dan memiliki kehadiran sosial yang kuat memberikan dampak paling besar terhadap kompetensi komunikasi. Ringkasan dampak berbagai metode pembelajaran terhadap kompetensi komunikasi matematis siswa berdasarkan hasil kajian literatur disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Dampak Berbagai Metode Pembelajaran terhadap Keterampilan Komunikasi Matematis Siswa (RQ2)

Metode Pembelajaran	Mekanisme Utama Komunikasi	Hasil Komunikasi yang Dilaporkan	Konteks Pembelajaran	Jenis Bukti	Referensi
Realistic Mathematics Education (RME)	Konteks bermakna, interaktivitas, diskursus terbimbing	Komunikasi matematis yang lebih kuat melalui praktik kelas yang dialogis	Matematika sekolah menengah pertama	Analisis tematik kualitatif	(Siswantari et al,. 2025)
Problem-Based Learning dalam konteks sedekah	Diskusi tentang masalah kontekstual dan relevan secara sosial	Peningkatan signifikan dalam keterampilan komunikasi matematis	Sekolah Islam dan sekolah reguler	Studi kuasi-eksperimen	(Nurniqta et al,. 2025)
Project-Based Learning berbasis STEAM	Desain kolaboratif, presentasi, kerja sama tim	Peningkatan komunikasi, kerja sama tim, dan manajemen proyek	Pendidikan vokasional/pendidikan tinggi	R&D dan uji lapangan	(Rahim et al,. 2025).
Pembelajaran STEM hibrida	Tugas terintegrasi, kolaborasi, partisipasi aktif	Peningkatan signifikan dalam komunikasi dan kolaborasi	Calon guru sekolah dasar	Metode campuran	(Atmojo et al,. 2025)
Konferensi video untuk pembelajaran matematika	Kehadiran sosial dan interaksi digital	Potensi komunikasi yang positif ketika kehadiran sosial tinggi	Pembelajaran matematika di universitas	Studi survei PLS-SEM	(Johar et al., 2020)

Sintesis tren RME	Diskursus kontekstual sebagai topik inti yang berkembang	Komunikasi diidentifikasi sebagai fokus yang semakin berkembang dalam penelitian pendidikan matematika	Korpus RME terindeks Scopus	Analisis bibliometrik	(Muryaningsih et al., 2026)

Berdasarkan Tabel 2, peningkatan kompetensi komunikasi matematis siswa umumnya terjadi melalui pembelajaran yang memberikan kesempatan untuk berdiskusi, berkolaborasi, dan mengungkapkan ide matematika secara aktif. Pendekatan RME memperkuat komunikasi melalui konteks yang bermakna dan diskursus terbimbing, sedangkan Problem-Based Learning mendorong komunikasi melalui pembahasan masalah yang relevan dengan kehidupan sosial siswa. Project-Based Learning berbasis STEAM dan pembelajaran STEM hibrida juga menunjukkan dampak positif terhadap komunikasi melalui aktivitas kolaboratif, presentasi, dan partisipasi aktif dalam penyelesaian proyek. Selain itu, penggunaan konferensi video menunjukkan bahwa komunikasi matematis dapat berkembang dalam lingkungan digital apabila didukung oleh kehadiran sosial yang tinggi. Secara lebih luas, analisis bibliometrik mengidentifikasi komunikasi matematis sebagai salah satu fokus yang terus berkembang dalam penelitian pendidikan matematika berbasis RME.

RQ3: Apa peran keterlibatan siswa dalam pengembangan keterampilan penalaran dan komunikasi matematis? Keterlibatan siswa muncul sebagai faktor mediasi utama dalam pengembangan penalaran dan komunikasi matematis. Dalam 8 studi yang dikaji, peningkatan kompetensi paling kuat terjadi pada lingkungan belajar yang menuntut siswa untuk berpartisipasi secara aktif dalam eksplorasi, diskusi, dan konstruksi solusi. Dalam studi yang berorientasi pada RME, keterlibatan tidak dipandang hanya sebagai partisipasi perilaku semata, tetapi sebagai keterlibatan intelektual dalam aktivitas matematika yang bermakna (Van den Heuvel-Panhuizen & Drijvers, 2020).

Hidayah (2025) menunjukkan bahwa siswa mengembangkan penalaran melalui keterlibatan aktif dalam menyelesaikan masalah non-rutin, sedangkan Siswantari et al. (2025) mengidentifikasi aktivitas dan interaktivitas sebagai prinsip utama yang mendorong terbentuknya komunikasi. Temuan ini menunjukkan bahwa keterlibatan penting karena menempatkan siswa dalam situasi di mana ide-ide matematika harus diuji, dijelaskan, dan disempurnakan. Dalam pengertian ini, keterlibatan berfungsi sebagai mekanisme yang mengubah desain pembelajaran menjadi pengembangan kompetensi yang nyata.

Korpus kajian yang ditinjau juga menunjukkan bahwa keterlibatan menjadi lebih kuat ketika pembelajaran bersifat autentik, yaitu menggunakan tugas dan permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan nyata siswa, relevan secara budaya, dan kolaboratif. Nursyahidah et al. (2025) menemukan bahwa siswa menjadi lebih lancar dalam numerasi dan lebih mampu merancang tugas matematika yang bermakna ketika mereka terlibat dengan konteks etnomatematika Jawa, yaitu pemanfaatan unsur budaya Jawa sebagai konteks pembelajaran matematika, melalui aktivitas yang didukung teknologi seperti media pembelajaran digital dan aplikasi interaktif.

Demikian pula, Nurniqta et al. (2025) menunjukkan bahwa konteks sedekah tidak hanya meningkatkan komunikasi matematis, tetapi juga kesadaran terhadap pengentasan kemiskinan.

Hal ini menunjukkan bahwa relevansi sosial dapat memperdalam keterlibatan kognitif dan afektif siswa dalam pembelajaran. Rahim et al. (2025) dan Atmojo et al. (2025) juga menunjukkan bahwa kerja proyek dan lingkungan STEM hibrida, yaitu pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika melalui kombinasi aktivitas langsung dan pemanfaatan teknologi digital, meningkatkan keterlibatan dengan menuntut siswa untuk berkolaborasi, berkreasi, dan merespons tuntutan praktis. Temuan-temuan ini mendukung penafsiran bahwa keterlibatan bukan sekadar variabel tambahan, melainkan kondisi pedagogis yang diperkuat oleh konteks, kolaborasi, dan keautentikan tugas.

Wawasan lebih lanjut dari dataset ini menunjukkan bahwa kualitas keterlibatan bergantung pada kesiapan kognitif dan sosial peserta didik. Johar et al. (2020) menunjukkan bahwa kehadiran sosial secara signifikan membentuk penerimaan siswa terhadap penggunaan konferensi video dalam pembelajaran matematika, yang menunjukkan bahwa keterlibatan dalam lingkungan digital bergantung pada sejauh mana siswa merasa terhubung dengan orang lain. Sebaliknya, Ruslimin et al. (2025) mengungkapkan bahwa siswa dengan kapasitas memori kerja yang rendah mengalami kesulitan besar dalam mempertahankan rutinitas komunikasi dan penalaran matematis yang produktif. Secara bersama-sama, studi-studi ini menunjukkan bahwa keterlibatan harus dipahami sebagai sesuatu yang bersifat relasional sekaligus kognitif, yaitu dipengaruhi oleh hubungan sosial yang mendukung antara siswa dengan guru maupun teman sebaya serta kemampuan siswa dalam memahami, mengolah, dan menerapkan informasi selama pembelajaran matematika. Siswa lebih mungkin terlibat secara mendalam ketika lingkungan pembelajaran menyediakan koneksi sosial, dukungan kognitif, dan kesempatan untuk berkontribusi secara bermakna.

Oleh karena itu, peran keterlibatan dalam penalaran dan komunikasi matematis bukan sekadar bersifat motivasional, tetapi juga struktural, karena tidak hanya mendorong minat dan kemauan siswa untuk belajar, tetapi juga memengaruhi apakah mereka memperoleh dukungan, kesempatan, dan kondisi pembelajaran yang memungkinkan mereka memasuki, mempertahankan, dan memperoleh manfaat dari diskursus matematika serta pemecahan masalah. Ringkasan peran keterlibatan siswa dalam mengembangkan kompetensi penalaran dan komunikasi matematis berdasarkan hasil kajian literatur disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Peran Keterlibatan Siswa dalam Mengembangkan Keterampilan Penalaran dan Komunikasi Matematis (RQ3)

Dimensi Keterlibatan	Cara Keterlibatan Diaktifkan	Pengaruh terhadap Penalaran/Komunikasi	Konteks	Jenis Bukti	Referensi
Keterlibatan intelektual dalam tugas non-rutin	Menyelesaikan masalah kontekstual yang menantang	Memperkuat alur penalaran dan konstruksi solusi	Matematika sekolah dasar	Studi eksperimen berbasis kelas	(Hidayah, 2025)
Partisipasi dialogis	Aktivitas dan interaktivitas selama pembelajaran RME	Mendukung penjelasan, interpretasi, dan komunikasi	Matematika sekolah menengah pertama	Analisis tematik kualitatif	(Siswantari et al,. 2025)

Keterlibatan budaya dan kontekstual	Etnomatematika, konteks lokal, teknologi	Meningkatkan kelancaran numerasi dan penalaran yang bermakna	Calon guru matematika	Penelitian desain	(Nursyahidah et al,. 2025)
Keterlibatan yang bermakna secara sosial	PBL dalam konteks sedekah/SDG	Meningkatkan komunikasi dan kesadaran berbasis nilai	Matematika sekolah	Studi kuasi-eksperimen	(Nurniqta et al,. 2025)
Keterlibatan proyek kolaboratif	Tugas desain, kerja sama tim, produk autentik	Mendorong pemecahan masalah, komunikasi, dan integrasi kompetensi	Pendidikan vokasional/pendidikan tinggi	Bukti R&D dan metode campuran	(Rahim et al,. 2025) (Atmojo et al,. 2025)
Kesiapan sosial-kognitif untuk keterlibatan	Kehadiran sosial dan dukungan kognitif	Menentukan kualitas partisipasi dalam lingkungan digital dan pemecahan masalah	Pembelajaran matematika universitas/kalkulus	Studi survei dan kualitatif	(Johar ., 2020) (Ruslimin et al., 2025)

Berdasarkan Tabel 3, keterlibatan siswa berperan penting dalam mengembangkan kompetensi penalaran dan komunikasi matematis melalui berbagai dimensi. Keterlibatan intelektual dalam tugas non-rutin dan partisipasi dialogis selama pembelajaran membantu siswa memperkuat penalaran, menjelaskan ide, dan mengomunikasikan solusi secara lebih efektif. Selain itu, keterlibatan yang didukung oleh konteks budaya, teknologi, dan permasalahan sosial yang relevan terbukti meningkatkan numerasi, penalaran yang bermakna, serta kesadaran berbasis nilai. Keterlibatan juga diperkuat melalui proyek kolaboratif yang mendorong pemecahan masalah, komunikasi, dan integrasi berbagai kompetensi. Di sisi lain, kualitas keterlibatan sangat dipengaruhi oleh kesiapan sosial-kognitif siswa, termasuk kehadiran sosial dan dukungan kognitif yang memungkinkan partisipasi yang lebih optimal dalam lingkungan pembelajaran digital maupun pemecahan masalah matematika.

Pembahasan

Temuan penelitian pada RQ1 menunjukkan bahwa strategi yang paling efektif untuk meningkatkan keterampilan penalaran matematis adalah strategi yang menempatkan siswa dalam aktivitas matematika yang bermakna, kontekstual, dan menuntut eksplorasi solusi. Hasil ini terlihat terutama pada pendekatan Realistic Mathematics Education (RME), techno-ethno-RME, serta pembelajaran berbasis proyek STEM dan STEAM. Dalam perspektif RME, penalaran berkembang ketika siswa diberi kesempatan untuk memulai dari situasi nyata, membangun model informal, dan secara bertahap melakukan matematisasi menuju konsep yang lebih formal (Van den Heuvel-Panhuizen & Drijvers, 2020).

Temuan Hidayah (2025) yang menunjukkan peningkatan kemampuan penalaran melalui penyelesaian masalah non-rutin mendukung pandangan bahwa penalaran bukanlah kemampuan yang berkembang melalui latihan prosedural semata, melainkan melalui proses membangun

hubungan logis, mengajukan dugaan, serta memberikan justifikasi terhadap solusi yang diperoleh. Temuan ini sejalan dengan kerangka penalaran matematika yang dikemukakan oleh Valenta et al. (2024), yang menegaskan bahwa penalaran melibatkan proses mengembangkan, memvalidasi, dan mempertahankan klaim matematis berdasarkan argumen yang dapat dipertanggungjawabkan.

Integrasi konteks budaya dan teknologi dalam pendekatan techno-ethno-RME juga memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan penalaran. Nursyahidah et al. (2025) menunjukkan bahwa penggunaan konteks etnomatematika Jawa yang didukung teknologi membantu calon guru membangun hubungan yang lebih bermakna antara pengalaman sehari-hari dan konsep matematika formal. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa pemahaman konseptual akan berkembang lebih baik ketika siswa dapat menghubungkan matematika dengan pengalaman budaya yang mereka kenal. Selain itu, penggunaan teknologi memungkinkan visualisasi dan eksplorasi konsep secara lebih dinamis sehingga membantu proses abstraksi matematika yang sering menjadi hambatan utama dalam pembelajaran (Munawwaroh et al., 2024). Dengan demikian, efektivitas strategi pembelajaran tidak hanya ditentukan oleh jenis metode yang digunakan, tetapi juga oleh kemampuannya dalam menghubungkan konsep matematika dengan pengalaman nyata siswa.

Hasil kajian juga menunjukkan bahwa penalaran matematis berkembang secara optimal ketika ditempatkan dalam lingkungan pembelajaran yang menuntut pemecahan masalah autentik dan berpikir tingkat tinggi. Pembelajaran berbasis proyek STEM dan STEAM yang dikaji oleh Rahim et al. (2025) dan Atmojo et al. (2025) memperlihatkan bahwa tugas desain, inovasi produk, dan penyelesaian masalah praktis mendorong siswa untuk menganalisis situasi, membuat keputusan, mengevaluasi alternatif solusi, dan melakukan revisi terhadap hasil pekerjaannya.

Karakteristik tersebut sejalan dengan pandangan Harel dan Sowder (2007) yang menekankan bahwa penalaran matematis berkembang ketika siswa aktif membangun dan menguji ide-ide matematis melalui aktivitas investigatif. Namun demikian, hasil penelitian Ruslimin et al. (2025) menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran berbasis penalaran juga dipengaruhi oleh faktor kognitif siswa, khususnya kapasitas memori kerja. Oleh karena itu, strategi yang menuntut penalaran tinggi perlu disertai scaffolding berupa pertanyaan pemandu, representasi visual, dan dukungan bertahap agar seluruh siswa dapat terlibat secara optimal dalam proses berpikir matematis.

Pada RQ2, hasil kajian menunjukkan bahwa komunikasi matematis berkembang paling efektif melalui pembelajaran yang memberikan ruang bagi siswa untuk menjelaskan, mempertahankan, dan menegosiasikan ide-ide matematika. Temuan ini terlihat secara konsisten pada pendekatan RME, Problem-Based Learning (PBL), Project-Based Learning (PjBL), serta pembelajaran STEM hibrida. Dalam pembelajaran RME, komunikasi matematis tidak dipandang sebagai kemampuan yang berdiri sendiri, tetapi terintegrasi dalam proses pemecahan masalah melalui diskusi, argumentasi, dan refleksi.

Siswantari et al. (2025) menunjukkan bahwa prinsip interaktivitas dan bimbingan dalam RME memungkinkan siswa mengembangkan kemampuan menjelaskan strategi, menginterpretasikan representasi, dan mengomunikasikan pemikiran matematis secara lebih sistematis. Temuan ini sejalan dengan pandangan Stein et al. (2008) yang menekankan bahwa diskusi matematika yang terstruktur merupakan sarana penting untuk mengembangkan pemahaman konseptual sekaligus kemampuan komunikasi.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa komunikasi matematis menjadi lebih bermakna ketika dikaitkan dengan konteks sosial yang relevan bagi siswa. Nurniqta et al. (2025) menemukan bahwa penggunaan konteks sedekah dalam pembelajaran berbasis masalah mampu meningkatkan keterampilan komunikasi matematis sekaligus kesadaran sosial siswa. Temuan ini mengindikasikan bahwa komunikasi berkembang lebih baik ketika siswa mendiskusikan masalah yang memiliki makna nyata dan dekat dengan kehidupan mereka. Kondisi tersebut memungkinkan siswa tidak hanya menggunakan simbol dan prosedur matematika, tetapi juga mengaitkan matematika dengan situasi sosial yang membutuhkan penjelasan, argumentasi, dan pengambilan keputusan. Hasil ini mendukung pendapat Lubienski (2000) bahwa komunikasi matematis berkembang secara optimal ketika matematika digunakan sebagai alat untuk memahami dan memecahkan permasalahan yang bermakna bagi siswa.

Selain itu, pembelajaran berbasis proyek dan STEM hibrida menunjukkan bahwa komunikasi matematis berkaitan erat dengan kolaborasi. Rahim et al. (2025) dan Atmojo et al. (2025) melaporkan bahwa siswa yang terlibat dalam proyek kolaboratif harus mempresentasikan hasil kerja, memberikan alasan terhadap keputusan yang diambil, serta berkoordinasi dengan anggota kelompok. Aktivitas tersebut secara langsung melatih kemampuan siswa dalam menyampaikan ide matematika secara lisan maupun tertulis. Temuan ini memperkuat pandangan Webb (2009) dan Hansen (2022) bahwa interaksi sosial dalam pembelajaran kolaboratif berperan penting dalam meningkatkan kualitas komunikasi dan argumentasi matematis siswa. Dalam konteks pembelajaran digital, Johar et al. (2020) menunjukkan bahwa keberhasilan komunikasi tidak hanya ditentukan oleh teknologi yang digunakan, tetapi juga oleh tingkat kehadiran sosial yang dirasakan siswa. Dengan kata lain, teknologi dapat mendukung komunikasi matematis apabila mampu menciptakan lingkungan yang memungkinkan interaksi, respons, dan partisipasi yang bermakna.

Pada RQ3, hasil kajian menunjukkan bahwa keterlibatan siswa merupakan faktor penting yang menjembatani hubungan antara strategi pembelajaran dan pengembangan penalaran serta komunikasi matematis. Keterlibatan tidak hanya berkaitan dengan kehadiran fisik atau partisipasi perilaku, tetapi mencakup keterlibatan kognitif, emosional, sosial, dan intelektual dalam proses pembelajaran. Hidayah (2025) menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dalam menyelesaikan masalah non-rutin mendorong berkembangnya kemampuan penalaran karena siswa harus secara aktif menganalisis informasi, mempertimbangkan strategi, dan mengevaluasi solusi yang diperoleh. Temuan ini mendukung pandangan Zuckerman (2015) bahwa keterlibatan yang tinggi memungkinkan siswa mengembangkan regulasi diri dan strategi berpikir yang lebih efektif selama pembelajaran matematika.

Kajian ini juga menunjukkan bahwa keterlibatan siswa semakin kuat ketika pembelajaran dikaitkan dengan konteks budaya, sosial, dan kehidupan nyata. Nursyahidah et al. (2025) menunjukkan bahwa etnomatematika Jawa yang didukung teknologi meningkatkan keterlibatan siswa karena materi pembelajaran menjadi lebih dekat dengan pengalaman mereka. Demikian pula, Nurniqta et al. (2025) menemukan bahwa penggunaan konteks sedekah membuat siswa lebih aktif berdiskusi dan terlibat dalam pembelajaran karena mereka melihat relevansi matematika dengan persoalan sosial yang nyata. Temuan tersebut memperkuat hasil penelitian Cevikbas dan Kaiser (2022) yang menunjukkan bahwa keterlibatan siswa meningkat ketika pembelajaran memberikan kesempatan untuk mengeksplorasi masalah yang autentik dan relevan dengan kehidupan mereka.

Selain relevansi konteks, keterlibatan juga dipengaruhi oleh kualitas interaksi sosial dan dukungan kognitif yang tersedia selama pembelajaran. Johar et al. (2020) menunjukkan bahwa

kehadiran sosial memiliki pengaruh besar terhadap keterlibatan siswa dalam lingkungan pembelajaran digital. Sementara itu, Ruslimin et al. (2025) menunjukkan bahwa keterbatasan kapasitas memori kerja dapat menghambat partisipasi siswa dalam aktivitas penalaran dan komunikasi matematis. Temuan ini menunjukkan bahwa keterlibatan siswa bersifat relasional sekaligus kognitif. Keterlibatan berkembang ketika siswa merasa terhubung dengan lingkungan sosialnya dan memperoleh dukungan yang memadai untuk memahami tugas yang diberikan. Oleh karena itu, keterlibatan tidak hanya berfungsi sebagai faktor motivasional yang meningkatkan minat belajar, tetapi juga sebagai kondisi struktural yang memungkinkan siswa berpartisipasi secara produktif dalam diskursus matematika, membangun penalaran, dan mengembangkan komunikasi matematis secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan sistematis, strategi yang paling efektif untuk meningkatkan keterampilan penalaran matematis adalah pendekatan yang menempatkan siswa dalam aktivitas matematika yang kontekstual, bermakna, dan berorientasi pada pemecahan masalah. Realistic Mathematics Education (RME), techno-ethno-RME, serta pembelajaran berbasis STEM dan STEAM terbukti mendukung pengembangan penalaran melalui tugas autentik, kolaborasi, dan dukungan scaffolding yang sesuai. Keterampilan komunikasi matematis berkembang paling baik melalui pembelajaran yang bersifat dialogis, kolaboratif, dan kontekstual. Pendekatan RME, Problem-Based Learning (PBL), Project-Based Learning (PjBL), serta pembelajaran STEM hibrida memberikan kesempatan kepada siswa untuk menjelaskan, mendiskusikan, dan mengomunikasikan ide-ide matematis secara lebih efektif. Keterlibatan siswa berperan sebagai faktor penting dalam pengembangan penalaran dan komunikasi matematis. Keterlibatan yang didukung oleh konteks yang relevan, kolaborasi, interaksi sosial, dan dukungan kognitif memungkinkan siswa berpartisipasi secara lebih aktif dalam pemecahan masalah dan diskursus matematika. Oleh karena itu, pembelajaran matematika perlu dirancang secara kontekstual, interaktif, dan berpusat pada siswa untuk mengoptimalkan pengembangan kedua kompetensi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Atmojo, S. E., Lukitoaji, B. D., Rahmawati, R. D., Anggriani, M. D., & Anindya, A. P. (2025). Effects of hybrid STEM learning on 21st-century skills and character development in prospective elementary teachers: A mixed-methods study from Indonesia. Qubahan Academic Journal, 5(2), 384–401. https://doi.org/10.48161/qaj.v5n2a1716

Bodnaruc, A. M. (2024). Advances in systematic review reporting and methodological transparency. Research Synthesis Methods, 15(3), 215–228.

Cevikbas, M., & Kaiser, G. (2022). Student engagement in a flipped secondary mathematics classroom. International Journal of Science and Mathematics Education, 20(7), 1455–1480. https://doi.org/10.1007/s10763-021-10213-x

Hansen, E. K. S. (2022). Students' agency, creative reasoning, and collaboration in mathematical problem solving. Mathematics Education Research Journal, 34, 813–834. https://doi.org/10.1007/s13394-021-00365-y

Harel, G., & Sowder, L. (2007). Toward a theory of teaching mathematics with understanding. Educational Studies in Mathematics, 67(1), 1–13. https://doi.org/10.1007/s10649-007-9084-6

Holst, M. (2025). Artificial intelligence and transparency in systematic review reporting. systematic reviews, 14(1), 1–12.

Kahale, L. A., Elkhoury, R., El Mikati, I. K., Pardo-Hernandez, H., & Schünemann, H. J. (2022). The evolution and use of prisma reporting guidelines in systematic reviews. Systematic Reviews, 11(1), 1–11.

Khusnudin, M., & Bharata, H. (2022). Analysis of students' mathematical communication ability in completing mathematical modeling. Numerical: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika, 6(2), 203–214. https://doi.org/10.25217/numerical.v6i2.2506

Lenz, K., Obersteiner, A., & Wittmann, G. (2024). Who benefits most from language-responsive learning materials in mathematics investigating differential effects in heterogeneous classrooms. Educational Studies in Mathematics, 116, 185–211. https://doi.org/10.1007/s10649-024-10321-9

Loviana, S., & Yunarti, T. (2024). Exploring the effect of problem based learning worksheets on students' mathematical communication. EMTEKA: Jurnal Pendidikan Matematika, 6(2). https://doi.org/10.24127/emteka.v6i2.8956

Lubienski, S. T. (2000). Problem solving as a context for promoting mathematical communication. mathematics teaching in the middle school, 5(5), 310–314. https://doi.org/10.5951/MTMS.5.5.0310

Munawwaroh, A. G., Pramudya, I., & Nurhasanah, F. (2024). Epistemological obstacles in the process ff learning mathematical abstraction: A systematic literature review. KnE Social Sciences. https://doi.org/10.18502/kss.v10i11.18749

Muryaningsih, S., Sugiman, & Kawuryan, S. P. (2026). Mapping trends and core topics in a decade of realistic mathematics education research: A comprehensive bibliometric analysis. Multidisciplinary Science Journal, 8(7), 2026437. https://doi.org/10.31893/multiscience.2026437

Nurdiyana, A., & Pramuditya, S. A. (2025). Motivasi dan minat belajar sebagai prediktor kemampuan pemahaman matematis peserta didik berbasis quizizz. Jurnal Riset Pembelajaran Matematika Sekolah, 10(1), 67–79. https://doi.org/10.21009/jrpms.101.06

Nurniqta, Johar, R., Anwar, Ishak, M. I. S., & Oktavia, R. (2025). Integrating context in mathematics learning to enhance students' mathematical communication skills and awareness of SDG 1: No poverty. Jurnal Pendidikan Matematika, 19(3), 609–628. https://doi.org/10.22342/jpm.19.3.609-628

Nursyahidah, F., Wardono, Mariani, S., & Wijayanti, K. (2025). Integrating technology, javanese ethnomathematics, and realistic mathematics education in supporting prospective mathematics teachers' numeracy skills: a learning trajectory. Journal on Mathematics Education, 16(2), 671–688. https://doi.org/10.22342/jme.v16i2.671-688

Nurtamam, M. E., Budayasa, I. K., & Lukito, A. (2024). Process-oriented guided inquiry learning and students' mathematical reasoning ability in Indonesia: A systematic literature review and meta-analysis. Tadris: Jurnal Keguruan dan Ilmu Tarbiyah, 9(2), 347–358. https://doi.org/10.24042/tadris.v9i2.21308

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., Moher, D., et al. (2021). The PRISMA 2020 Statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Pérez-Neri, I. (2022). Reporting quality and transparency in systematic reviews: current perspectives. journal of clinical epidemiology, 145, 45–52.

Rahim, B., Andriani, C., Islami, S., Jasman, Efendi, F., & Adri, J. (2025). From classroom to industry: enhancing student competencies through steam-based project-based learning in fabrication and manufacturing technology. International Journal of Information and Education Technology, 15(12), 2707–2717. https://doi.org/10.18178/ijiet.2025.15.12.2466

Ruslimin, A., Fuad, Y., & Masriyah. (2025). An analysis of students' commognition with low working memory capacity in solving calculus problems. Educational Process: International Journal, 17, e2025374. https://doi.org/10.22521/edupij.2025.17.374

Scells, H., Zuccon, G., Koopman, B., Deacon, A., & Azzopardi, L. (2022). Search strategy formulation for systematic reviews: issues, challenges and opportunities. Intelligent Systems with Applications, 15, 200091. https://doi.org/10.1016/j.iswa.2022.200091

Siswantari. (2025). The role of realistic mathematics education principles in supporting students' mathematical communication skills. Journal On Mathematics Education, 16(2), 729–752.

Stein, M. K., Engle, R. A., Smith, M. S., & Hughes, E. K. (2008). Orchestrating mathematical discussions: from research to practice. Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics, 2008(1), 21–34. https://doi.org/10.1080/10986060802229675

Sun, Y. (2021). The Role of PRISMA in improving systematic review reporting quality. Research Synthesis Methods, 12(4), 455–462.

Triandini, E., Jayanatha, S., Indrawan, A., Putra, G. W., & Iswara, B. (2019). Metode systematic literature review untuk identifikasi platform dan metode pengembangan sistem informasi di Indonesia. Indonesian Journal of Information Systems, 1(2), 63–77. https://doi.org/10.24002/ijis.v1i2.1916

Ubben, M. S., Kremer, F. E., Heinicke, S., Marohn, A., & Heusler, S. (2023). Smartphone usage in science education: a systematic literature review. Education Sciences, 13(4), 345. https://doi.org/10.3390/educsci13040345

Valenta, A., Rø, K., & Klock, S. I. (2024). A framework for reasoning in school mathematics: analyzing the development of Mathematical Claims. Educational Studies in Mathematics, 116, 91–111. https://doi.org/10.1007/s10649-024-10309-5

Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Drijvers, P. (2020). Realistic mathematics education. in s. lerman (ed.), encyclopedia of mathematics education (2nd ed., pp. 713–717). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_170

Webb, N. M. (2009). The teacher's role in promoting collaborative dialogue in the classroom. Cambridge Journal of Education, 39(1), 27–41. https://doi.org/10.1080/03057640802701907

Zuckerman, D. (2015). student engagement in mathematics: the role of self-regulated learning. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 46(5), 749–763. https://doi.org/10.1080/0020739X.2014.976266.