

## Pemanfaatan Teknologi *Cloud Computing* untuk Kolaborasi Pembelajaran Matematika di Lingkungan Sekolah

Ismi Ainun Nada<sup>1</sup>, Syaharuddin<sup>2</sup>, Vera Mandailina<sup>3</sup>, Abdillah<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Pendidikan Matematika, Universitas Muhammadiyah Mataram

[nadaain29@gmail.com](mailto:nadaain29@gmail.com), [syaharuddin.ntb@gmail.com](mailto:syaharuddin.ntb@gmail.com), [vramandailina@gmail.com](mailto:vramandailina@gmail.com)

[abdillahahmad24041983@gmail.com](mailto:abdillahahmad24041983@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana teknologi komputasi awan dapat memfasilitasi kolaborasi dalam pembelajaran matematika, serta mengungkap tantangan dan solusi optimal untuk penerapannya dalam konteks pendidikan dengan menggunakan pendekatan Systematic Literature Review. Sumber literature yang digunakan berasal dari indeks Scopus, DOAJ, Google, dan Google Scholar, dengan fokus pada publikasi tahun 2014-2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi komputasi awan secara signifikan berperan dalam meningkatkan interaksi antara siswa. Alat dan platform seperti Sage Math Cloud, Google Drive, dan LMS berbasis awan terbukti efektif dalam memfasilitasi kolaborasi, berbagai sumber daya, dan menciptakan lingkungan belajar yang dinamis serta interaktif. Selain itu, integrasi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam pendidikan STEM, termasuk penggunaan pemrograman dan robotika, memberikan kesempatan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah, yang sangat penting dalam pendidikan matematika kontemporer. Studi ini menunjukkan potensi besar dari teknologi komputasi awan untuk meningkatkan hasil pembelajaran matematika di berbagai jenjang pendidikan.

Kata Kunci: Komputasi awan, pembelajaran kolaboratif, pendidikan matematika, teknologi informasi.

### Abstract

This study aims to evaluate the utilization of cloud computing technology in supporting collaborative learning in mathematics education within school environments, using a Systematic Literature Review approach. The literature sources were derived from indexes such as Scopus, DOAJ, Google, and Google Scholar, with a focus on publications from 2014 to 2024. The findings indicate that cloud computing technology significantly enhances student interaction, personalizes learning, and improves student engagement and academic outcomes. Tools and platforms like SageMathCloud, Google Drive, and cloud-based LMS have proven effective in facilitating collaboration, resource sharing, and creating dynamic, interactive learning environments. Additionally, the integration of Information and Communication Technology (ICT) in STEM education, including the use of programming and robotics, provides opportunities to develop critical thinking and problem-solving skills, which are essential in contemporary mathematics education. This study highlights the significant potential of cloud computing technology to improve mathematics learning outcomes across various educational levels.

**Keywords:** Cloud computing, collaborative learning, mathematics education, communication technology.

## Pendahuluan

Pembelajaran kolaboratif memainkan peran penting dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep matematika (Gillies, 2019). Dalam lingkungan kolaboratif, siswa diberikan kesempatan untuk berinteraksi, bertukar ide, dan mendiskusikan berbagai pendekatan dalam memecahkan masalah matematika. Proses ini tidak hanya memperdalam pemahaman mereka terhadap materi, tetapi juga meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran (Serrano et al., 2019). Melalui kolaborasi, siswa dapat melihat masalah dari berbagai perspektif dan mengembangkan solusi yang lebih inovatif. Selain itu, interaksi yang terjadi dalam pembelajaran kolaboratif mendorong siswa untuk berpikir lebih kritis dan aktif, serta memfasilitasi pengembangan pemikiran analitis dan keterampilan komunikasi. Dengan demikian, pembelajaran kolaboratif merupakan pendekatan yang efektif untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep matematika, sekaligus memfasilitasi pertukaran ide dan solusi di antara mereka (Eymur & Geban, 2017).

Metode tradisional dalam pengajaran matematika sering kali menghadapi berbagai tantangan yang membatasi efektivitasnya. Salah satu kendala utama adalah waktu interaksi yang terbatas antara guru dan siswa, yang biasanya hanya terjadi selama jam pelajaran yang dijadwalkan (Atmojo & Nugroho, 2020). Pembatasan ini mengurangi kesempatan bagi siswa untuk terlibat dalam diskusi yang lebih mendalam tentang materi atau berkolaborasi secara efektif dalam tugas pemecahan masalah (Osborne et al., 2018). Di luar jam sekolah, siswa seringkali kesulitan untuk melanjutkan kolaborasi karena kurangnya platform atau alat yang memfasilitasi interaksi dan pembelajaran kooperatif. Masalah ini semakin diperparah oleh akses yang tidak memadai terhadap sumber belajar yang relevan dan berkualitas tinggi, yang penting untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep matematika (Radović et al., 2019). Akibatnya, siswa tidak hanya kehilangan kesempatan untuk memperluas pengetahuan mereka, tetapi juga menghadapi kesulitan dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah, yang keduanya sangat penting untuk menguasai matematika.

Teknologi telah memberikan kontribusi signifikan dalam mengubah pendekatan pendidikan, terutama dalam cara pembelajaran dilakukan. Inovasi dalam berbagai alat digital telah menciptakan peluang baru untuk memfasilitasi interaksi dan kolaborasi, bahkan saat dilakukan secara jarak jauh (Marion & Fixson, 2021). Dengan integrasi teknologi, hambatan geografis dan fisik tidak lagi menjadi penghalang bagi guru dan siswa untuk berkomunikasi dan berkolaborasi secara efektif dalam proses pembelajaran (Caesar et al., 2016). Platform digital seperti aplikasi berbasis cloud dan alat komunikasi daring memungkinkan siswa untuk bertukar informasi, mengakses materi pembelajaran, dan bekerja sama dalam tugas secara real-time, tanpa perlu berada di lokasi yang sama (Oludipe et al., 2018). Perkembangan ini tidak hanya memperluas akses terhadap sumber daya

pendidikan, tetapi juga meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi proses pembelajaran. Oleh karena itu, teknologi digital telah menjadi elemen krusial dalam menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih inklusif, interaktif, dan kolaboratif, yang pada akhirnya berperan penting dalam meningkatkan kualitas pendidikan secara keseluruhan (Chen et al., 2018).

Computing awan telah secara signifikan mengubah cara data disimpan dan aplikasi diakses, memungkinkan kolaborasi dan pemrosesan data secara real-time di berbagai sektor. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk menyimpan data di "awan" yang luas, yang dapat diakses melalui internet, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya organisasi (Kaur, 2016). Organisasi dapat menghindari pengeluaran modal yang besar untuk perangkat keras dan perangkat lunak, karena layanan awan menawarkan sumber daya yang dapat disesuaikan secara fleksibel sesuai permintaan (Adhianto et al., 2010). Pengguna dapat mengakses data dari berbagai lokasi geografis, memfasilitasi kolaborasi antara tim dan institusi (Guesmi et al., 2016). Platform berbasis awan mendukung berbagi data secara real-time dan menyediakan alat kolaboratif, yang dapat meningkatkan produktivitas baik di lingkungan pendidikan maupun korporat (Asim et al., 2020). Namun, kekhawatiran terkait privasi dan keamanan data sangat penting, dengan metode seperti kriptografi kurva eliptik yang diusulkan untuk melindungi informasi yang disimpan (Malkawi et al., 2023).

Teknologi cloud computing secara signifikan meningkatkan pengalaman pendidikan dengan memfasilitasi berbagi sumber daya, kolaborasi, dan interaksi dinamis di antara siswa, khususnya dalam pendidikan matematika. Teknologi ini menyediakan lingkungan pembelajaran yang fleksibel dan efisien yang dapat berkontribusi pada peningkatan kinerja akademis. Cloud computing memungkinkan siswa mengakses sumber daya bersama, yang mendorong pengalaman pembelajaran kolaboratif. Ini sangat bermanfaat dalam matematika, di mana siswa dapat bekerja sama secara real-time untuk menyelesaikan masalah kompleks (Liu, 2024). Penggunaan platform awan telah terbukti secara signifikan meningkatkan keterlibatan siswa, dengan kelompok eksperimen melaporkan peningkatan hingga 100% dalam frekuensi interaksi dibandingkan dengan metode pengajaran tradisional (Miao, 2024)(Alzaabi & Wahab, 2023). Fleksibilitas cloud computing mengakomodasi berbagai gaya dan kebutuhan belajar, menjadikan sumber daya pendidikan lebih dapat diakses oleh semua siswa (Agrawal et al., 2023). Siswa yang memanfaatkan teknologi awan telah menunjukkan peningkatan kinerja akademis, dengan peningkatan signifikan dalam nilai matematika, seperti yang dilaporkan dalam beberapa studi (Xu, 2023).

Teknologi cloud computing memungkinkan terciptanya lingkungan belajar yang dinamis dan fleksibel dalam pendidikan matematika. Sebuah studi menemukan bahwa penggunaan kelas awan yang sangat interaktif yang dikombinasikan dengan pemrograman komputer secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa dalam memecahkan masalah fungsi

gelombang dibandingkan dengan metode tradisional (Ridlo et al., 2019). Teknologi pembelajaran interaktif juga terbukti meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa sekolah dasar (Setra & Sopian, 2022). Model Aptitude Treatment Interaction telah terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar matematika di kalangan siswa sekolah menengah (Intan et al., 2021). Selain itu, pendekatan Concrete-Pictorial-Abstract menunjukkan potensi dalam meningkatkan efikasi diri siswa dalam pembelajaran matematika, terutama dengan mempertimbangkan kemampuan matematika mereka sebelumnya (Yuliyanto et al., 2019).

Teknologi cloud computing telah memberikan dampak signifikan di berbagai sektor, termasuk pendidikan. Banyak studi menyoroti manfaat penerapan teknologi ini untuk mendukung kolaborasi dan meningkatkan kinerja akademis siswa, khususnya dalam pendidikan matematika. Penggunaan kelas berbasis awan yang interaktif dengan pemrograman komputer terbukti meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa saat menyelesaikan masalah matematika yang kompleks. Teknologi pembelajaran interaktif juga meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa sekolah dasar. Selain itu, model Aptitude Treatment Interaction telah terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar matematika siswa sekolah menengah, dan pendekatan Concrete-Pictorial-Abstract telah meningkatkan efikasi diri siswa dalam pembelajaran matematika, terutama terkait dengan kemampuan matematika mereka sebelumnya. Meskipun dampak positif teknologi cloud computing terlihat jelas, masih terdapat kekurangan dalam literatur, terutama terkait penggunaan optimalnya dalam mendorong kolaborasi siswa dalam pendidikan matematika di lingkungan sekolah. Sementara kolaborasi real-time melalui platform cloud telah terbukti secara signifikan meningkatkan interaksi siswa, penelitian yang mengeksplorasi bagaimana teknologi cloud dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan spesifik pembelajaran kolaboratif di kelas matematika masih terbatas, terutama di lingkungan sekolah yang beragam dengan berbagai kendala infrastruktur. Melalui pendekatan ini, penelitian berusaha mengungkap wawasan yang lebih mendalam tentang bagaimana teknologi cloud dapat dioptimalkan untuk mendukung kolaborasi yang efektif, mengidentifikasi tantangan dalam implementasinya, dan memberikan rekomendasi untuk mengembangkan metode pengajaran yang lebih inovatif. Selain itu, Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi bagaimana teknologi komputasi awan dapat memfasilitasi kolaborasi dalam pembelajaran matematika, serta mengungkap tantangan dan solusi optimal untuk penerapannya dalam konteks pendidikan.

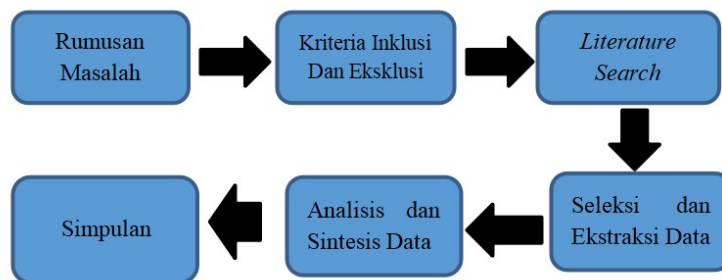
## Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode kualitatif dengan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis literatur terkait pemanfaatan teknologi komputasi awan dalam mendukung kolaborasi dalam pembelajaran matematika di lingkungan sekolah. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi bagaimana teknologi komputasi awan dapat memfasilitasi kolaborasi dalam pembelajaran matematika, serta mengungkap tantangan dan solusi optimal untuk penerapannya dalam konteks pendidikan.

Pencarian literatur dilakukan melalui beberapa basis data akademik seperti Google, Google Scholar, Scopus, dan DOAJ, yang mencakup artikel jurnal, prosiding konferensi, dan laporan penelitian yang relevan. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi "komputasi awan," "pembelajaran matematika," "kolaborasi," "teknologi pendidikan," dan "lingkungan sekolah." Hanya literatur yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir (2014-2024) yang disertakan untuk memastikan relevansi dan kekinian sumber yang digunakan. Waktu pelaksanaan dilakukan pada bulan maret selama 2 pekan.

Untuk menjaga fokus penelitian, kriteria inklusi dan eksklusi diterapkan. Kriteria inklusi mencakup studi yang membahas penggunaan komputasi awan dalam pendidikan matematika kolaboratif, yang melibatkan siswa dari tingkat sekolah dasar hingga menengah, serta artikel yang diterbitkan dalam bahasa Inggris atau Indonesia. Sebaliknya, literatur yang tidak secara spesifik membahas kolaborasi atau komputasi awan dalam konteks pendidikan matematika, serta artikel yang belum melalui proses peer review, dikecualikan dari analisis.

Proses seleksi dan ekstraksi data dilakukan dalam beberapa tahap. Pada fase awal, judul dan abstrak dari hasil pencarian ditinjau untuk menentukan relevansinya dengan topik penelitian. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi kemudian dianalisis lebih mendalam untuk menilai metodologi, temuan utama, dan relevansinya terhadap pertanyaan penelitian. Data penting terkait penggunaan komputasi awan, hasil kolaboratif, tantangan, dan rekomendasi diidentifikasi dan diekstraksi untuk disajikan dalam laporan akhir penelitian. Berdasarkan penjelasan tersebut, prosedur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Prosedur Penelitian yang Digunakan**

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

### Hasil

Berdasarkan hasil pencarian, beberapa temuan penelitian yang relevan telah diidentifikasi yang dapat memperjelas fokus dan tujuan dari studi ini. Kami telah merumuskan beberapa aspek yang perlu dijelaskan, antara lain: 1) Teknologi komputasi awan meningkatkan pengalaman pembelajaran kolaboratif di kalangan siswa dalam pendidikan matematika, 2) Alat dan platform spesifik komputasi awan yang paling efektif dalam memfasilitasi pembelajaran matematika secara kolaboratif, 3) Manfaat yang diamati dari penggunaan sumber daya berbasis awan dibandingkan dengan metode tradisional dalam pengajaran matematika, seperti yang dijelaskan dalam Tabel 1 berikut:

**Tabel 1: Fokus dan Wawasan terhadap Hasil Penelitian Berdasarkan Kriteria Kelayakan**

No	Bidang atau Fokus	Nama Penulis	Wawasan atau Variabel Penelitian
1	Pelajaran Kolaboratif	Gutiérrez-Carreón et al. (2015), Iji et al. (2017)	Proyek kolaboratif meningkatkan pemahaman serta mempromosikan keterampilan kerja sama dan pemecahan masalah.
2	Lingkungan Pembelajaran Interaktif	Gautam & Gupta (2023), Ummah (2019)	Kelas berbasis cloud yang interaktif meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan pemahaman konsep.
3	Integrasi Teknologi dalam Pendidikan	Menta (2022), Trouche & Drijvers (2014)	Integrasi metode pengajaran inovatif dan teknologi meningkatkan sumber daya dan lingkungan pendidikan.
4	Sistem Manajemen Pembelajaran (LMS)	Lin et al. (2014), Orndorff III (2015)	LMS dengan fitur cloud memfasilitasi akses sumber daya dan meningkatkan kolaborasi di kelas virtual.
5	Strategi Pembelajaran Kolaboratif Daring	Kurniawan et al. (2022)	Strategi kolaboratif daring meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dalam matematika.

No	Bidang atau Fokus	Nama Penulis	Wawasan atau Variabel Penelitian
6	CT dalam Pendidikan STEM	Subramaniam et al. (2022), Santos (2021)	Alat ICT dan robotika mendorong pemikiran komputasional dan meningkatkan hasil pembelajaran metakognitif.
7	Keterlibatan dan Kinerja Siswa	Liu (2024), Fadlil et al. (2023), Slovak (2023)	Penggunaan alat cloud menghasilkan skor matematika yang lebih tinggi serta peningkatan keterlibatan dan partisipasi siswa.
8	Pendekatan Pengajaran Inovatif	Krisnawwati et al. (2022), Fernández-Martín et al. (2020), Ramli et al. (2019)	Pendekatan pedagogis inovatif meningkatkan motivasi siswa dan mengurangi kecemasan dalam belajar.

Penelitian yang disajikan dalam tabel mengkategorikan area kunci di mana teknologi komputasi awan berdampak positif terhadap pendidikan matematika. Fokus utama meliputi pembelajaran kolaboratif, pendekatan pembelajaran yang dipersonalisasi, dan integrasi teknologi di dalam kelas. Studi seperti yang dilakukan oleh Gutiérrez-Carreón et al. (2015) dan Iji et al. (2017) menekankan kolaborasi, sementara Alsufyani et al. (2015) dan Liu (2024) berfokus pada peningkatan kinerja akademik. Penelitian lainnya, seperti yang dilakukan oleh Gautam & Gupta (2023), mengeksplorasi peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui kelas berbasis cloud yang interaktif. Selain itu, metodologi pengajaran inovatif seperti flipped classroom dan penelitian desain yang didukung oleh platform cloud dibahas dalam karya Fernández-Martín et al. (2020) dan Krisnawwati et al. (2022). Tabel ini menyoroti peran signifikan teknologi cloud dalam meningkatkan keterlibatan siswa dan kemampuan guru, serta menunjukkan peluang untuk penelitian lebih lanjut mengenai dampak jangka panjang dan strategi pembelajaran yang dipersonalisasi.

### **Pembahasan**

#### **1. Teknologi komputasi awan meningkatkan pengalaman pembelajaran kolaboratif diantara siswa dalam pendidikan matematika**

Teknologi komputasi awan secara signifikan meningkatkan pengalaman pembelajaran kolaboratif dalam pendidikan matematika dengan memfasilitasi berbagi sumber daya, pembelajaran interaktif, dan umpan balik yang dipersonalisasi (Murniasih et al., 2022). Teknologi ini menciptakan lingkungan dinamis yang mendorong keterlibatan siswa dan meningkatkan kinerja akademik.

Komputasi awan memungkinkan siswa dan guru untuk berbagi sumber daya serta berkolaborasi dalam proyek secara real-time. Hal ini ditunjukkan dalam sebuah studi di mana siswa dari berbagai sekolah mengembangkan permainan edukatif menggunakan platform cloud (Gutiérrez-Carreón et al., 2015). Pendekatan kolaboratif ini tidak hanya memperdalam pemahaman siswa, tetapi juga mempromosikan keterampilan kerja tim dan pemecahan masalah (Iji et al., 2017). Penelitian menunjukkan bahwa siswa yang menggunakan jalur pembelajaran inovatif berbasis cloud menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam nilai matematika, serta peningkatan metrik keterlibatan seperti frekuensi login dan tingkat interaksi (Alsufyani et al., 2015).

Teknologi komputasi awan memfasilitasi penciptaan lingkungan belajar yang dinamis dan fleksibel untuk pendidikan matematika. Sebuah studi menunjukkan bahwa penggunaan kelas berbasis cloud yang sangat interaktif dengan pemrograman komputer secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa dalam memecahkan masalah fungsi gelombang dibandingkan dengan metode tradisional (Gautam & Gupta, 2023). Demikian pula, teknologi pembelajaran interaktif telah terbukti meningkatkan pemahaman siswa sekolah dasar terhadap konsep matematika (Ummah, 2019). Model Aptitude Treatment Interaction (ATI) telah terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar matematika siswa sekolah menengah (Menta, 2022). Selain itu, pendekatan Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) menunjukkan potensi dalam meningkatkan efikasi diri siswa dalam pembelajaran matematika, terutama ketika memperhitungkan kemampuan matematika awal mereka. Secara keseluruhan, studi-studi ini menyoroti keuntungan dari integrasi teknologi dan pendekatan pengajaran inovatif dalam pendidikan matematika, yang mendukung kolaborasi, berbagi sumber daya, dan pengalaman belajar interaktif bagi siswa di berbagai jenjang pendidikan.

Penelitian menyoroti peran signifikan komputasi awan dalam menciptakan lingkungan belajar matematika yang kolaboratif dan dinamis. Kolaborasi real-time mendorong keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah sekaligus meningkatkan keterlibatan siswa melalui akses yang lebih mudah ke sumber daya dan interaksi dengan rekan sejawat. Alat berbasis cloud yang interaktif, terutama dalam pemrograman, meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, memungkinkan metode pengajaran yang lebih maju dibandingkan dengan pendekatan tradisional. Selain itu, teknologi cloud yang mendukung model seperti Aptitude Treatment Interaction (ATI) dan pendekatan Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) yang dipersonalisasi berdampak positif terhadap hasil belajar. Namun, eksplorasi lebih lanjut tentang fitur cloud lainnya, seperti penilaian berbasis data dan jalur pembelajaran yang dipersonalisasi, diperlukan untuk memaksimalkan potensi teknologi ini.

## 2. Alat dan platform spesifik dalam komputasi awan yang paling efektif dalam memfasilitasi pembelajaran matematika secara kolaboratif

Platform ini mengumpulkan berbagai sumber daya untuk disiplin ilmu matematika, sehingga mendorong kolaborasi di antara siswa (Syaharuddin et al., 2021). SageMathCloud mendukung metode pengajaran inovatif dan meningkatkan akses ke sumber daya pembelajaran elektronik, yang pada akhirnya memperbaiki lingkungan pendidikan (Trouche & Drijvers, 2014). Demikian pula, Google Drive, yang banyak digunakan untuk mencatat secara kolaboratif, telah terbukti meningkatkan kinerja siswa dengan mendorong interaksi kelompok sepanjang proses pembelajaran. Dengan menghilangkan hambatan untuk berkolaborasi, Google Drive berkontribusi pada hasil akademik yang lebih baik (Orndorff Iii, 2015). Selain itu, Sistem Manajemen Pembelajaran (LMS) yang terintegrasi dengan fitur berbasis cloud memfasilitasi kolaborasi yang efektif dalam kelas virtual. Platform LMS menyediakan akses mudah ke berbagai sumber daya dan memenuhi beragam kebutuhan belajar (Lin et al., 2014).

Alat dan platform komputasi awan telah menunjukkan potensi yang signifikan dalam memfasilitasi pembelajaran matematika secara kolaboratif. Strategi pembelajaran kolaboratif daring telah terbukti meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dalam matematika (Kurniawan et al., 2022). Namun, efektivitas pendekatan ini sangat bergantung pada strategi pembelajaran spesifik yang digunakan. Integrasi Teknologi Informasi dan Komunikasi (ICT) dalam pendidikan STEM telah diidentifikasi sebagai intervensi yang menjanjikan untuk meningkatkan kinerja akademik siswa, dengan konten digital berbasis cloud menjadi faktor utama. Alat pemrograman dan aktivitas robotika sangat efektif dalam mengembangkan pemikiran komputasional dalam pendidikan matematika (Subramaniam et al., 2022). Berbagai lingkungan pembelajaran berbasis ICT, seperti perangkat lunak drill-and-practice, sistem tutor cerdas, permainan edukatif, dan lingkungan pembelajaran kolaboratif yang didukung komputer, telah terbukti berdampak positif pada hasil belajar matematika dan metakognitif (Santos, 2021). Ketika dikombinasikan dengan pedagogi metakognitif, alat-alat ini dapat secara signifikan meningkatkan pendidikan matematika di berbagai tingkat pendidikan.

Penelitian menunjukkan bahwa komputasi awan memainkan peran penting dalam mendukung pembelajaran matematika secara kolaboratif. Platform seperti SageMathCloud memfasilitasi pembelajaran kolaboratif di antara siswa dan mendukung metode pengajaran inovatif, sehingga meningkatkan lingkungan belajar secara keseluruhan. Demikian pula, Google Drive telah terbukti efektif dalam mendorong interaksi kelompok dan mengatasi hambatan kolaborasi, yang berdampak positif pada kinerja akademik siswa. Selain itu, Sistem Manajemen Pembelajaran (LMS) berbasis cloud menawarkan fleksibilitas dan kemudahan akses ke sumber daya pendidikan, terutama dalam lingkungan pembelajaran virtual. Teknologi berbasis cloud, seperti alat pemrograman dan robotika, juga terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan pemikiran komputasional dan

pemecahan masalah, terutama ketika dikombinasikan dengan pedagogi metakognitif. Namun, pengembangan lebih lanjut dan pengujian skala besar diperlukan untuk mengoptimalkan efektivitasnya.

### **3. Manfaat yang diamati dari penggunaan sumber daya berbasis cloud dibandingkan dengan metode tradisional dalam pengajaran matematika**

Integrasi sumber daya berbasis cloud dalam pendidikan matematika telah menunjukkan keunggulan yang signifikan dibandingkan dengan metode tradisional, termasuk peningkatan kinerja akademik, peningkatan keterlibatan siswa, dan peningkatan kemampuan guru (Salma et al., 2020). Penelitian menunjukkan bahwa siswa yang menggunakan alat cloud mencapai nilai matematika yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol (Fadlil et al., 2023), dengan pemahaman konsep yang lebih baik, terutama dalam materi pecahan (Slovak, 2023). Selain itu, sumber daya berbasis cloud telah terbukti meningkatkan partisipasi siswa hingga 100% (Liu, 2024), yang sangat penting untuk pembelajaran yang efektif. Guru juga mengalami peningkatan kemampuan dalam menggunakan teknologi pendidikan setelah mengikuti program pelatihan programs (Rizada & Rey, 2023). Meskipun beberapa pendidik mungkin masih lebih memilih metode tradisional karena faktor kebiasaan, kombinasi kedua pendekatan ini dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih komprehensif.

Studi terbaru menunjukkan bahwa pendekatan inovatif dalam pendidikan matematika, seperti penelitian desain dengan matematika realistik, model flipped classroom, dan analisis pembelajaran, dapat secara signifikan meningkatkan pemahaman, motivasi, dan kinerja siswa. Metode-metode ini mendorong keterlibatan, kolaborasi, dan diskusi matematis di antara siswa, yang mengarah pada peningkatan motivasi dan pengurangan kecemasan (Krisnawati et al., 2022)(Fernández-Martín et al., 2020)(Ramli et al., 2019)(Kurniawan et al., 2022). Meskipun pendekatan ini menunjukkan potensi yang besar, tantangan dalam pengajaran dan pembelajaran matematika tetap ada. Secara keseluruhan, integrasi teknologi dan metode berbasis data menawarkan potensi yang signifikan untuk meningkatkan hasil dan pengalaman belajar siswa.

Sumber daya berbasis cloud menunjukkan potensi yang besar dalam meningkatkan pembelajaran matematika dengan mengatasi keterbatasan metode tradisional. Peningkatan kinerja akademik dan pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep, seperti pecahan, mencerminkan efektivitas alat-alat ini dalam memfasilitasi proses pembelajaran yang lebih bermakna. Selain itu, peningkatan keterlibatan siswa dan kemampuan guru melalui pelatihan teknologi cloud menunjukkan motivasi yang lebih tinggi untuk berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran. Meskipun terdapat tantangan dalam beralih ke teknologi baru, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan inovatif dapat membantu mengatasi hambatan tersebut dan meningkatkan efektivitas pembelajaran secara keseluruhan, menciptakan pengalaman belajar yang kolaboratif dan interaktif.



**Gambar 2. Temuan penelitian utama**

Penelitian ini menyoroti peran penting teknologi komputasi awan dalam meningkatkan pendidikan matematika melalui pembelajaran kolaboratif, keterlibatan siswa, lingkungan interaktif, dan integrasi teknologi STEM. Pembelajaran kolaboratif difasilitasi oleh platform seperti SageMathCloud, Google Drive, dan LMS, yang mendorong interaksi real-time, berbagi sumber daya, dan pemahaman yang lebih mendalam. Umpan balik yang dipersonalisasi berbasis cloud meningkatkan keterlibatan siswa dan kinerja akademik, dengan nilai matematika yang lebih tinggi terkait dengan peningkatan metrik interaksi. Lingkungan belajar interaktif mendorong pemecahan masalah dan berpikir tingkat tinggi melalui alat-alat berbasis cloud. Integrasi ICT, pemrograman, dan robotika dalam pendidikan STEM meningkatkan pemikiran komputasional dan literasi digital. Pendekatan metakognitif seperti model Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) meningkatkan efikasi diri dan adaptabilitas dalam pemecahan masalah. Secara keseluruhan, elemen-elemen ini menunjukkan dampak transformatif teknologi komputasi awan terhadap pendidikan matematika, menciptakan pengalaman belajar yang dinamis dan mempersiapkan siswa untuk menghadapi era digital.

## Kesimpulan

Secara keseluruhan, studi yang dievaluasi menunjukkan bahwa teknologi komputasi awan secara signifikan meningkatkan pembelajaran kolaboratif dalam pendidikan matematika. Komputasi awan memfasilitasi interaksi yang lebih baik di antara siswa, pembelajaran yang dipersonalisasi, serta peningkatan keterlibatan dan hasil akademik siswa. Alat dan platform seperti SageMathCloud, Google Drive, dan Sistem Manajemen Pembelajaran (LMS) berbasis cloud telah terbukti efektif dalam mendukung kolaborasi, berbagi sumber daya, serta menciptakan lingkungan belajar yang dinamis dan interaktif. Selain itu, integrasi Teknologi Informasi dan Komunikasi (ICT) ke dalam pendidikan STEM, bersama dengan penggunaan pemrograman dan robotika, memberikan peluang untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah yang sangat penting dalam pendidikan matematika kontemporer. Kombinasi teknologi-teknologi ini dengan pendekatan pedagogis yang mendukung keterampilan metakognitif juga menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan hasil belajar di berbagai jenjang pendidikan.

Namun, terdapat beberapa kesenjangan yang memerlukan penelitian lebih lanjut. Salah satu kesenjangan yang signifikan adalah kurangnya penelitian tentang bagaimana strategi berbasis cloud dapat dioptimalkan untuk memenuhi kebutuhan siswa dengan kemampuan dan gaya belajar yang beragam. Selain itu, terdapat kekurangan studi mengenai dampak jangka panjang komputasi awan terhadap keterampilan matematika siswa, terutama terkait dengan pengembangan pemikiran abstrak dan analitis. Lebih jauh lagi, masih kurangnya penelitian yang mengeksplorasi resistensi di antara beberapa pendidik dalam mengadopsi teknologi berbasis cloud, serta metode yang efektif untuk mengintegrasikan pendekatan tradisional dengan kemajuan teknologi baru dengan cara yang meningkatkan inklusivitas dan efektivitas dalam pengajaran.

## Daftar Pustaka

- Adhianto, L., Banerjee, S., Fagan, M., Krentel, M., Marin, G., Mellor-Crummey, J., & Tallent, N. R. (2010). Tools for performance analysis of optimized parallel programs. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 22(6), 685-701. <https://doi.org/10.1002/cpe>
- Agrawal, D., Kalpana, C., Lachhani, M., salgaonkar, K., & Patil, Y. (2023). Role of Cloud Computing in Education. *REST Journal on Data Analytics and Artificial Intelligence*, 2(1), 38-42. <https://doi.org/10.46632/jdaai/2/1/7>
- Alsufyani, R., Safdari, F., & Chang, V. (2015). Migration of cloud services and deliveries to higher education. *Proceedings of ESaaS 2015 - 2nd International Workshop on Emerging Software as a Service and Analytics, In Conjunction with the 5th International Conference on Cloud Computing and Services Science - CLOSER 2015*, 86-94. <https://doi.org/10.5220/0005528500860094>
- Alzaabi, N. M. I., & Wahab, E. (2023). Cloud Computing Adoption Factors Affecting

- Academic Performance in UAE Public Universities. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 14(2), 214-222. <https://doi.org/10.30880/ijscet.2023.14.02.022>
- Asim, M., Wang, Y., Wang, K., & Huang, P. Q. (2020). A Review on Computational Intelligence Techniques in Cloud and Edge Computing. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 4(6), 742-763. <https://doi.org/10.1109/TETCI.2020.3007905>
- Atmojo, A. E. P., & Nugroho, A. (2020). EFL Classes Must Go Online! Teaching Activities and Challenges during COVID-19 Pandemic in Indonesia. *Register Journal*, 13(1), 49-76. <https://doi.org/10.18326/rgt.v13i1.49-76>
- Caesar, M. I. M., Jawawi, R., Matzin, R., Shahrill, M., Jaidin, J. H., & Mundia, L. (2016). The Benefits of Adopting a Problem-Based Learning Approach on Students' Learning Developments in Secondary Geography Lessons. *International Education Studies*, 9(2), 51. <https://doi.org/10.5539/ies.v9n2p51>
- Chen, J., Wang, M., Kirschner, P. A., & Tsai, C. C. (2018). The Role of Collaboration, Computer Use, Learning Environments, and Supporting Strategies in CSCL: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 88(6), 799-843. <https://doi.org/10.3102/0034654318791584>
- Eymur, G., & Geban, Ö. (2017). The Collaboration of Cooperative Learning and Conceptual Change: Enhancing the Students' Understanding of Chemical Bonding Concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 853-871. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9716-z>
- Fadlil, A. A., Purbohadi, D., & Riyadi, S. (2023). Development and Testing of a Mathematics Learning Application. *Emerging Information Science and Technology*, 4(1), 37-41. <https://doi.org/10.18196/eist.v4i1.18886>
- Fernández-Martín, F. D., Romero-Rodríguez, J. M., Gómez-García, G., & Navas-Parejo, M. R. (2020). Impact of the flipped classroom method in the mathematical area: A systematic review. *Mathematics*, 8(12), 1-11. <https://doi.org/10.3390/math8122162>
- Gautam, K., & Gupta, K. K. (2023). *Big data analytics with applications: A Literature Survey*. 19-22. <https://doi.org/10.29218/srmsmaths.v6i1.03>
- Gillies, R. M. (2019). Promoting academically productive student dialogue during collaborative learning. *International Journal of Educational Research*, 97(July), 200-209. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2017.07.014>
- Guesmi, H., Ghazel, C., & Saidane, L. A. (2016). *Securing Data Storage in Cloud Computing*. 4(04), 1-4.
- Gutiérrez-Carreón, G., Daradoumis, T., & Jorba, J. (2015). Integrating learning services in the cloud: An approach that benefits both systems and learning. *Educational Technology and Society*, 18(1), 145-157.
- Iji, C. O., Abah, J. A., & Anyor, J. W. (2017). Impact of cloud services on students' attitude towards mathematics education in public universities in Benue state, Nigeria. *International Journal of Research in Education and Science*, 3(1), 228-244.
- Intan, N., Anggereni, S., Taufiq, A. U., Hasanah, U., & Belajar, H. (2021). Jeneponto Dalam Peningkatan Hasil Belajar Melalui Penerapan Model Aptitude Treatment Interaction Mentoring Students of Smp Negeri 1 Bontoramba Jeneponto Regency in Improving Learning Outcomes Through the. *Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 41-56.
- Kaur, K. (2016). A Review of Cloud Computing Service Models. *International Journal*

- of Computer Applications*, 140(7), 15-18.  
<https://doi.org/10.5120/ijca2016909378>
- Krisnawati, Y., Sampoerno, P. D., & Meiliasari, M. (2022). Meta-Sintesis: Penggunaan Design Research dengan Pendekatan Matematika Realistik dalam Mengembangkan Media Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Pemahaman dan Motivasi Siswa. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(2), 2075-2085. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i2.873>
- Kurniawan, H., Supriyono, S., & Wibowo, T. (2022). Strategi Pembelajaran Kolaborasi Online Pada Pembelajaran Matematika. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(4), 3300. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.5753>
- Lin, C., Wayne Yu, W.-C., & Wang, J. (2014). Cloud Collaboration: Cloud-based Instruction for Business Writing Class. *World Journal of Education*, 4(6), 9-15. <https://doi.org/10.5430/wje.v4n6p9>
- Liu, H. (2024). *The Role of Cloud Computing Technology in Resource Sharing of Mathematics Subject in High School* (Issue Hwesm). Atlantis Press SARL. [https://doi.org/10.2991/978-2-38476-253-8\\_36](https://doi.org/10.2991/978-2-38476-253-8_36)
- Malkawi, A. R., Bakar, M. S. A., & Dahlin, Z. M. (2023). Cloud computing virtual learning environment: issues and challenges. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 30(3), 1707-1712. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v30.i3.pp1707-1712>
- Marion, T. J., & Fixson, S. K. (2021). The Transformation of the Innovation Process: How Digital Tools are Changing Work, Collaboration, and Organizations in New Product Development\*. *Journal of Product Innovation Management*, 38(1), 192-215. <https://doi.org/10.1111/jpim.12547>
- Menta, A. J. (2022). Adopting Technology Environment Organization Framework in Virtual Learning through Cloud Computing of Higher Education Institution. *International Journal of Computing Sciences Research*, 6, 822-841. <https://doi.org/10.25147/ijcsr.2017.001.1.75>
- Miao, Z., & ZHAO, C. (2024). Secure Encrypted Transmission of Network Data in Cloud Computing Technology Environment. *Scalable Computing*, 25(4), 2671-2678. <https://doi.org/10.12694/scpe.v25i4.2980>
- Murniasih, T. R., Suwanti, V., Syaharuddin, S., Rahaju, R., & Farida, N. (2022). Prospective teachers' perceptions of didactic obstacles in the online mathematics learning. *Jurnal Elemen*, 8(2), 619-630. <https://doi.org/10.29408/jel.v8i2.5740>
- Negara, H. R. P., Syaharuddin, Kusuma, J. W., Saddam, Apriansyah, D., Hamidah, & Tamur, M. (2021). Computing the auto regressive distributed lag (ARDL) method in forecasting COVID-19 data: A case study of NTB Province until the end of 2020. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012037>
- Oludipe, O., Fatoki, O. K., Yekini, N. A., & Aigbokhan, E. E. (n.d.). *Cloud-Based E-Learning Platform: From the Perspective of ' Structure ' and ' Interaction .'* 1(1), 1-6.
- Orndorff Iii, H. N. (2015). Collaborative Note-Taking: The Impact of Cloud Computing on Classroom Performance. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 27(3), 340-351. <http://www.isetl.org/ijtlhe/>
- Osborne, D. M., Byrne, J. H., Massey, D. L., & Johnston, A. N. B. (2018). Use of online asynchronous discussion boards to engage students, enhance critical thinking,

- and foster staff-student/student-student collaboration: A mixed method study. *Nurse Education Today*, 70(August), 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.08.014>
- Radović, S., Marić, M., & Passey, D. (2019). Technology enhancing mathematics learning behaviours: Shifting learning goals from "producing the right answer" to "understanding how to address current and future mathematical challenges." *Education and Information Technologies*, 24(1), 103-126. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9763-x>
- Ramli, I. S. M., Maat, S. M., & Khalid, F. (2019). Learning Analytics in Mathematics: A Systematic Review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 8(4), 436-449. <https://doi.org/10.6007/ijarped/v8-i4/6563>
- Ridlo, Z. R., Dafik, Prihandini, R. M., Nugroho, C. I. W., & Alfarisi, R. (2019). The effectiveness of research-based learning with computer programming and highly interactive cloud classroom (HIC) elaboration in improving higher order thinking skills in solving a combination of wave functions. *Journal of Physics: Conference Series*, 1211(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1211/1/012049>
- Rizada, C. S., & Rey, R. P. (2023). Effects of Using Technology on the Academic Performance in Mathematics of the College Millennial Learners. *East Asian Journal of Multidisciplinary Research*, 2(6), 2495-2508. <https://doi.org/10.55927/eajmr.v2i6.4055>
- Salma, S., Pramita, D., Mandailina, V., & Syaharuddin, S. (2020). Penerapan Realistic Mathematics Education untuk ARTICLE INFO ABSTRACT. *JUSTEK: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(2), 17-26. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/justek>
- Santos, M. (2021). Inplasy protocol. *Inplasy Protocol*, 20-21. <https://doi.org/10.37766/inplasy2022.11.0083>
- Serrano, D. R., Dea-Ayuela, M. A., Gonzalez-Burgos, E., Serrano-Gil, A., & Lalatsa, A. (2019). Technology-enhanced learning in higher education: How to enhance student engagement through blended learning. *European Journal of Education*, 54(2), 273-286. <https://doi.org/10.1111/ejed.12330>
- Setra, L., & Sopian, A. (2022). Evaluasi Efektivitas Penggunaan Teknologi Pembelajaran Interaktif dalam Mata Pelajaran Matematika di Sekolah Dasar. *Buletin Ilmiah Pendidikan*, 1(2), 119-124. <https://doi.org/10.56916/bip.v1i2.700>
- Slovak, K. I. (2023). A methodological framework for using cloud-based mobile mathematical environments in higher education. *Educational Dimension*, 9, 173-205. <https://doi.org/10.31812/ed.609>
- Trouche, L., & Drijvers, P. (2014). Webbing and orchestration. Two interrelated views on digital tools in mathematics education. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 33(3), 193-209. <https://doi.org/10.1093/teamat/hru014>
- Xu, W. (2023). An Improved Computational Solution for Cloud-Enabled E-Learning Platforms Using a Deep Learning Technique. *International Journal of E-Collaboration*, 19(1), 1-19. <https://doi.org/10.4018/IJeC.316664>
- Yuliyanto, A., Turmudi, T., Agustin, M., Putri, H. E., & Muqodas, I. (2019). The Interaction Between Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) Approach and Elementary Students' Self-Efficacy In Learning Mathematics. *Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI*, 6(2), 244. <https://doi.org/10.24235/al.ibtida.snj.v6i2.5226>